

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia

**ANÁLISIS DE RIESGO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO  
DE TALUD EN VÍA PRINCIPAL PANAMERICANA SUR  
TRAMO KM 171+330 AL KM 172+130, DISTRITO  
SAN VICENTE DE CAÑETE, LIMA - 2023**

**TESIS**

Presentada por:

**Bach. ELIZABETH PATRICIA HUILLCA PARI**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO GEÓLOGO-GEOTÉCNICO**

TACNA - PERÚ

2024

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

## HOJA DE JURADO


TESIS


**“ANÁLISIS DE RIESGO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO  
DE TALUD EN VÍA PRINCIPAL PANAMERICANA SUR  
TRAMO KM 171+330 AL KM 172+130, DISTRITO  
SAN VICENTE DE CAÑETE, LIMA - 2023”**

Presentado por la bachiller Elizabeth Patricia Huilca Pari  
Para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo-Geotécnico

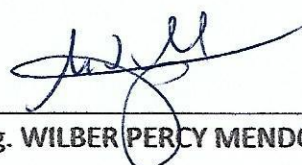
Tesis sustentada y aprobada el 15 de noviembre del 2024 (RF N°808-2024-  
FIAG/UNJBG)

con el siguiente jurado:

Presidente :   
Mgr. Ing. FREDY CLETO CABRERA OLIVERA

Miembro - Secretario :   
M.Sc. Ing. CESAR ROMERO OSCAMAYTA

Miembro :   
M.Sc. Ing. GINA MACKLINA CHAMBI TAPAHUASCO

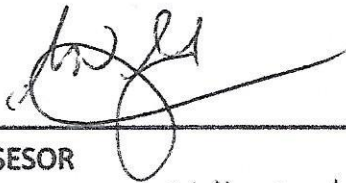
Asesor de Tesis :   
Mtro. Ing. WILBER PERCY MENDOZA RAMIREZ

**CERTIFICADO DE SIMILITUD**

Yo, WILBER PERCY MENDOZA RAMIREZ, en mi condición de ASESOR (A) acreditado con Resolución de Facultad y/o Postgrado N° 342-2023-FIAG/UNJBG del 02 de junio del 2023, del Trabajo de Tesis (Trabajo Informe, Trabajo Académico, Trabajo de Suficiencia Profesional, Examen Profesional) titulado: "ANÁLISIS DE RIESGO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO DE TALUD EN VÍA PRINCIPAL PANAMERICANA SUR TRAMO KM 171+330 AL KM 172+130, DISTRITO SAN VICENTE DE CAÑETE, LIMA - 2023". Presentado por el (la) Bach. ELIZABETH PATRICIA HUILLCA PARI. Para optar el grado académico y/o título profesional de INGENIERO GEÓLOGO-GEOTÉCNICO.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y similitud de trabajos de investigación y producción intelectual de la UNJBG; considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 16 %. Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis y/o trabajo enunciado líneas arriba, la cual esta expedita para continuar con los trámites para optar el título profesional de INGENIERO GEÓLOGO-GEOTÉCNICO, según corresponda para su publicación en el Repositorio Institucional.

Tacna, 17 de octubre del 2024.



FIRMA ASESOR

Nombres y apellidos Wilber Mendoza Ramirez

DNI 06520705



Huella dactilar



FIRMA AUTOR

Elizabeth Patricia Huillca Pari

46154340



Huella dactilar

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por ser mi guía constante y fuente de fortaleza.

A mis padres, quienes con su amor y apoyo incondicional han sido mis principales guías en el sendero de la vida.

A la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna, a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica – Geotecnia, por brindarme una formación académica sólida y práctica que ha sido fundamental en mi desarrollo profesional.

Extiendo mi agradecimiento al Ing. Aguilar R., Ing. Zedano J.C., Ing. Mendoza W., Huamanlazo L, Quecaño B. y Perez I. Su valioso apoyo y colaboración fueron esenciales para la realización de esta tesis. Sin su contribución, este logro no habría sido posible.

¡Mil gracias a todos!

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis queridos padres,  
Aurelio y Dionisia, quienes han dedicado sus vidas  
a apoyarme incondicionalmente. Les expreso  
todo mi amor y gratitud, ahora y siempre.

## CONTENIDO

|   |       |
|---|-------|
| HOJA DE JURADO .....                                | ii    |
| CERTIFICADO DE SIMILITUD.....                       | iii   |
| AGRADECIMIENTO .....                                | iv    |
| DEDICATORIA .....                                   | v     |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                              | xii   |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                              | xvi   |
| ÍNDICE DE ANEXOS.....                               | xxi   |
| RESUMEN .....                                       | xxii  |
| ABSTRACT .....                                      | xxiii |
| INTRODUCCIÓN .....                                  | 1     |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....        | 3     |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....                  | 3     |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....                 | 5     |
| 1.2.1 Formulación del Problema General .....        | 5     |
| 1.2.2 Formulación de los Problemas Específicos..... | 5     |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....        | 5     |
| 1.4. OBJETIVOS .....                                | 6     |
| 1.4.1 Objetivo General .....                        | 6     |
| 1.4.2 Objetivos Específicos.....                    | 7     |

|  |    |
|--|----|
| 1.5. HIPÓTESIS .....                                 | 7  |
| 1.5.1 Hipótesis General .....                        | 7  |
| 1.5.2 Hipótesis Específico.....                      | 7  |
| 1.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....           | 8  |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....                     | 9  |
| 2.1. ANTECEDENTES .....                              | 9  |
| 2.1.1 Antecedentes Nacionales .....                  | 9  |
| 2.1.2 Antecedentes Internacionales.....              | 11 |
| 2.2. DESLIZAMIENTOS .....                            | 13 |
| 2.2.1 Tipos de Deslizamientos .....                  | 14 |
| 2.2.2 Volumen de un Deslizamiento.....               | 15 |
| 2.2.3 Factores Condicionantes .....                  | 17 |
| 2.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD .....                   | 19 |
| 2.4. ENSAYOS GEOFÍSICOS TE Y MAM.....                | 23 |
| 2.4.1 Tomografía Eléctrica.....                      | 23 |
| 2.4.2 Microtrepidaciones en Arreglo Multicanal ..... | 24 |
| 2.5. MONITOREO .....                                 | 26 |
| 2.6. EVALUACIÓN DEL RIESGO.....                      | 26 |
| 2.6.1 Peligro .....                                  | 26 |
| 2.6.2 Vulnerabilidad.....                            | 32 |
| 2.6.3 Riesgo.....                                    | 35 |

|   |   |    |
|---|---|----|
| 2.6.4   | Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ) .....                            | 38 |
| 2.7.  | MARCO NORMATIVO .....   | 43 |
| CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....                |   | 45 |
| 3.1.  | TIPO DE INVESTIGACIÓN .....   | 45 |
| 3.2.  | DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....   | 45 |
| 3.3.  | POBLACIÓN Y MUESTRA .....   | 45 |
| 3.4.  | TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....                   | 46 |
| 3.5.  | PROCESAMIENTO, RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS .....                  | 46 |
| 3.5.1   | Etapa 1 recolección y revisión de la información .....                | 47 |
| 3.5.2   | Etapa 2 evaluación y análisis de datos .....                          | 47 |
| 3.5.3   | Etapa 3 recolección, procesamiento y análisis de datos de campo ..... | 47 |
| 3.5.4   | Etapa 4 aplicación del análisis multicriterio de estudio .....        | 48 |
| 3.5.5   | Etapa 5 redacción del informe final .....                             | 48 |
| CAPÍTULO IV: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO..... |   | 49 |
| 4.1.  | UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....  | 49 |
| 4.1.1   | Límite .....  | 49 |
| 4.1.2   | Área de Estudio .....   | 49 |
| 4.2.  | ACCESIBILIDAD.....  | 51 |
| 4.3.  | CONDICIONES CLIMÁTICAS.....   | 51 |
| 4.3.1   | Precipitación.....  | 51 |
| 4.3.2   | Temperatura .....   | 52 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 4.3.3 | Humedad Relativa.....                                 | 52  |
| 4.4.  | ASPECTOS GEOLÓGICOS.....                              | 53  |
| 4.4.1 | Geología Regional.....                                | 53  |
| 4.4.2 | Geomorfología regional .....                          | 58  |
| 4.4.3 | Geología Local .....                                  | 60  |
| 4.4.4 | Geomorfología Local .....                             | 68  |
| 4.4.5 | Pendiente .....                                       | 79  |
| 4.4.6 | Aspecto Estructural .....                             | 80  |
| 4.5.  | SISMICIDAD .....                                      | 84  |
| 4.5.1 | Coefficiente Sísmico .....                            | 85  |
| 4.5.2 | Sismos históricos.....                                | 86  |
| 4.6.  | EVALUACIÓN DE GRIETAS Y ASENTAMIENTO DIFERENCIAL .... | 92  |
| 4.6.1 | Evaluación Geofísica .....                            | 92  |
| 4.6.2 | Monitoreo de Asentamientos .....                      | 99  |
| 4.7.  | CONDICIONES GEOTÉCNICAS .....                         | 101 |
| 4.7.1 | Unidades de Suelo.....                                | 102 |
| 4.7.2 | Evaluación de Factor de Seguridad.....                | 104 |
| 4.8.  | CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARPETA ASFÁLTICA .....   | 111 |
| 4.9.  | CARACTERÍSTICAS SOCIALES.....                         | 113 |
| 4.9.1 | Población y usos de la vía .....                      | 113 |
| 4.10. | CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS .....                      | 115 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.10.1 Industrias dependientes del transporte .....                        | 115 |
| 4.11. CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES.....                                     | 115 |
| 4.11.1 Degradación de materiales por factor antrópico .....                | 115 |
| CAPÍTULO V: DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO .....                        | 116 |
| 5.1. EVALUACIÓN DEL PELIGRO .....  | 116 |
| 5.1.1 Caracterización del Peligro .....                                    | 116 |
| 5.1.2 Parámetro de Evaluación.....   | 116 |
| 5.1.3 Susceptibilidad de la zona en Estudio ante el Peligro.....           | 117 |
| 5.1.4 Análisis del elemento expuesto.....                                  | 118 |
| 5.1.5 Definición de escenarios .....                                       | 119 |
| 5.1.6 Ponderación y Jerarquización de los Parámetros .....                 | 119 |
| 5.1.7 Definición y Estratificación del Nivel de Peligro .....              | 127 |
| 5.2. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....                                  | 132 |
| 5.2.1 Análisis de los factores de la Vulnerabilidad.....                   | 132 |
| 5.2.2 Ponderación y Jerarquización de los Parámetros de Vulnerabilidad ... | 132 |
| 5.2.3 Definición y Estratificación del Nivel de Vulnerabilidad.....        | 160 |
| 5.3. EVALUACIÓN DEL RIESGO .....   | 169 |
| 5.3.1 Definición y Determinación de los Niveles de Riesgo .....            | 169 |
| CAPÍTULO VI: RESULTADOS Y DISCUSIONES.....                                 | 175 |
| 6.1. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1.....               | 175 |
| 6.2. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2.....               | 179 |

|  |     |
|--|-----|
| 6.3. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3..... | 181 |
| 6.4. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE HIPÓTESIS GENERAL .....     | 184 |
| CONCLUSIONES .....   | 187 |
| RECOMENDACIONES .....  | 189 |
| BIBLIOGRAFÍA .....   | 191 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Figura 1</b>  | Dimensionamiento del movimiento de masa.....   | 16 |
| <b>Figura 2</b>  | Clasificación de deslizamiento de acuerdo con su volumen .....                               | 17 |
| <b>Figura 3</b>  | Rangos de pendientes del terreno. ....   | 19 |
| <b>Figura 4</b>  | Métodos de análisis de estabilidad de taludes .....  | 21 |
| <b>Figura 5</b>  | Normatividad para factor de seguridad .....  | 22 |
| <b>Figura 6</b>  | Modelo del perfil de tomografía eléctrica .....  | 24 |
| <b>Figura 7</b>  | Esquema del ensayo MAM.....  | 25 |
| <b>Figura 8</b>  | Peligros generados por fenómenos de origen natural. ....                                     | 27 |
| <b>Figura 9</b>  | Metodología general para determinar el peligro.....  | 29 |
| <b>Figura 10</b> | Flujograma general de análisis de información del peligro.....                               | 29 |
| <b>Figura 11</b> | Metodología general para determinar la vulnerabilidad.....                                   | 34 |
| <b>Figura 12</b> | Flujograma general análisis de información de vulnerabilidad.....                            | 35 |
| <b>Figura 13</b> | Niveles de riesgo .....  | 37 |
| <b>Figura 14</b> | Escala de Saaty .....  | 39 |
| <b>Figura 15</b> | Ubicación geográfica, Km 169+775 al Km 174+150 de la vía Pna<br>Sur.....                     | 50 |
| <b>Figura 16</b> | Geología regional .....  | 54 |
| <b>Figura 17</b> | Geomorfología regional.....  | 60 |
| <b>Figura 18</b> | Depósito Lodolita de la Formación Cañete, corte de talud por<br>debajo del nivel de vía..... | 61 |

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Figura 19</b> | Depósitos areno limosos, platea cimentación del intercambio vial                  | 62 |
| <b>Figura 20</b> | Depósitos aluviales, lomada que ha sufrido un corte para el trazo de la vía ..... | 63 |
| <b>Figura 21</b> | Depósitos aluviales, afloramiento en la zona de terraza alta .....                | 64 |
| <b>Figura 22</b> | Depósitos aluviales, zona de terraza media, por debajo del nivel de la vía .....  | 64 |
| <b>Figura 23</b> | Depósitos aluviales, corte de talud por debajo del nivel de la vía..              | 65 |
| <b>Figura 24</b> | Depósitos eólicos, ladera en margen de sur a norte de la vía .....                | 66 |
| <b>Figura 25</b> | Depósitos marinos, faja litoral .....   | 67 |
| <b>Figura 26</b> | Depósito tectógenos, cimiento de la vía .....                                     | 68 |
| <b>Figura 27</b> | Terrazas aluviales a diferentes niveles .....                                     | 70 |
| <b>Figura 28</b> | Terraza media aluvial, trazo de la vía panamericana sur .....                     | 70 |
| <b>Figura 29</b> | Promontorio, material aluvial descubierto .....                                   | 71 |
| <b>Figura 30</b> | Escarpa principal .....   | 72 |
| <b>Figura 31</b> | Escarpa en zonas de terraza media .....   | 73 |
| <b>Figura 32</b> | Ladera fuertemente empinada .....   | 74 |
| <b>Figura 33</b> | Lomadas en terraza media, por debajo del nivel de la vía .....                    | 75 |
| <b>Figura 34</b> | Planicie aluvial, emplazamiento de la población y de la vía .....                 | 76 |
| <b>Figura 35</b> | Manto de arenas, zona de planicie .....   | 77 |
| <b>Figura 36</b> | Manto de arena, zona de media terraza .....                                       | 77 |
| <b>Figura 37</b> | Extensión de playa en el área de estudio. ....                                    | 78 |

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>Figura 38</b> | Estructura Antrópica, corte para trazo de vía .....79                    |
| <b>Figura 39</b> | Pendientes entre laderas naturales y cortes de talud.....80              |
| <b>Figura 40</b> | Vista panorámica de la grieta 1, 2, 3, transversal a la vía Pna. Sur 81  |
| <b>Figura 41</b> | Vista de la grieta 4 paralela al carril de N-S de la vía Pna. Sur.....82 |
| <b>Figura 42</b> | Observación de fallas pequeñas en los cortes de la carretera .....83     |
| <b>Figura 43</b> | Placas tectónicas de Sudamérica .....84                                  |
| <b>Figura 44</b> | Zonas sísmicas DS N°043-2019, Norma técnica E030 .....86                 |
| <b>Figura 45</b> | Actividad sísmica entorno al área de estudio, periodo 1960 al 202287     |
| <b>Figura 46</b> | Magnitud sísmica vs número de sismos .....89                             |
| <b>Figura 47</b> | Vista de la grieta 1 y 2, instantes de sismo del 28 de octubre 201191    |
| <b>Figura 48</b> | Deslizamiento local instantes del Sismo del 28 de octubre del 201191     |
| <b>Figura 49</b> | Posible desarrollo de las grietas 1, 2 y 3 a profundidad .....93         |
| <b>Figura 50</b> | Posible desarrollo de la grieta 4 a profundidad .....94                  |
| <b>Figura 51</b> | Vista Panorámica de la ubicación del ensayo MAM.....96                   |
| <b>Figura 52</b> | Perfil sísmico del ensayo MAM .....97                                    |
| <b>Figura 53</b> | Esquema de medición del asentamiento en la calzada .....100              |
| <b>Figura 54</b> | Grieta 01 - Desplazamiento vertical, borde interno, carril N – S .101    |
| <b>Figura 55</b> | Ubicación de las secciones para el análisis de estabilidad .....105      |
| <b>Figura 56</b> | Modelo de sección analizada de estabilidad de taludes.....107            |
| <b>Figura 57</b> | Observación de campo del estado del pavimento.....112                    |
| <b>Figura 58</b> | Demanda vehicular por año periodo 2011 al 2022.....114                   |

|                  |  |
|------------------|--|
| <b>Figura 59</b> | Parámetros para la evaluación de la susceptibilidad por deslizamiento .....118 |
| <b>Figura 60</b> | Esquema general del análisis de la dimensión social .....133                   |
| <b>Figura 61</b> | Esquema general del análisis de la dimensión económica .....141                |
| <b>Figura 62</b> | Esquema general del análisis de la dimensión social .....151                   |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                 |   |     |
|-----------------|---|-----|
| <b>Tabla 1</b>  | Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....             | 46  |
| <b>Tabla 2</b>  | Georreferenciación del tramo de la vía, área ampliada de estudio .... | 50  |
| <b>Tabla 3</b>  | Sismos históricos registrados en los últimos 50 años .....            | 88  |
| <b>Tabla 4</b>  | Características geométricas de las grietas 1, 2 y 3 .....             | 95  |
| <b>Tabla 5</b>  | Rango de progresivas de medición de asentamientos .....               | 100 |
| <b>Tabla 6</b>  | Parámetros geotécnicos del suelo.....                                 | 106 |
| <b>Tabla 7</b>  | Factores de seguridad del talud de la vía, análisis estático .....    | 108 |
| <b>Tabla 8</b>  | Factores de seguridad del talud de la vía, análisis pseudoestático... | 108 |
| <b>Tabla 9</b>  | Factores de seguridad del talud superior, análisis estático.....      | 109 |
| <b>Tabla 10</b> | Factores de seguridad del talud superior, análisis Pseudoestático .   | 109 |
| <b>Tabla 11</b> | Condición estructural del estado del pavimento .....                  | 111 |
| <b>Tabla 12</b> | Demanda vehicular por año periodo 2011 al 2022 .....                  | 114 |
| <b>Tabla 13</b> | Cálculo de volúmenes de deslizamiento .....                           | 117 |
| <b>Tabla 14</b> | Descriptores del parámetro de volumen de deslizamiento.....           | 120 |
| <b>Tabla 15</b> | Matriz de comparación de pares - Volumen de deslizamiento .....       | 120 |
| <b>Tabla 16</b> | Matriz de normalización de pares - Volumen de deslizamiento. ...      | 121 |
| <b>Tabla 17</b> | Parámetros - Factores condicionantes .....                            | 122 |
| <b>Tabla 18</b> | Matriz de comparación de pares - Factores condicionantes.....         | 122 |
| <b>Tabla 19</b> | Matriz de normalización de pares – Factores condicionantes.....       | 122 |
| <b>Tabla 20</b> | Descriptores del parámetro pendiente.....                             | 123 |

|                 |  |     |
|-----------------|--|-----|
| <b>Tabla 21</b> | Matriz de comparación de pares – Pendiente.....            | 123 |
| <b>Tabla 22</b> | Matriz de normalización de pares – Pendiente .....         | 123 |
| <b>Tabla 23</b> | Descriptores del parámetro geomorfología.....              | 124 |
| <b>Tabla 24</b> | Matriz de comparación de pares – Geomorfología.....        | 124 |
| <b>Tabla 25</b> | Matriz de normalización de pares – Geomorfología.....      | 124 |
| <b>Tabla 26</b> | Descriptores del parámetro geología.....                   | 125 |
| <b>Tabla 27</b> | Matriz de comparación de pares – Geología.....             | 125 |
| <b>Tabla 28</b> | Matriz de normalización de pares – Geología.....           | 125 |
| <b>Tabla 29</b> | Descriptores del parámetro sismo .....                     | 126 |
| <b>Tabla 30</b> | Matriz de comparación de pares – Sismo .....               | 126 |
| <b>Tabla 31</b> | Matriz de normalización de pares – Sismo .....             | 127 |
| <b>Tabla 32</b> | Resumen de los parámetros del peligro .....                | 129 |
| <b>Tabla 33</b> | Cálculo del peligro .....                                  | 130 |
| <b>Tabla 34</b> | Nivel de peligro.....                                      | 130 |
| <b>Tabla 35</b> | Estratificación del nivel de peligro .....                 | 131 |
| <b>Tabla 36</b> | Dimensión social.....                                      | 133 |
| <b>Tabla 37</b> | Matriz de comparación de pares – Dimensión social.....     | 133 |
| <b>Tabla 38</b> | Matriz de normalización de pares – Dimensión social .....  | 134 |
| <b>Tabla 39</b> | Descriptores del parámetro demanda vehicular .....         | 134 |
| <b>Tabla 40</b> | Matriz de comparación de pares - Demanda vehicular.....    | 135 |
| <b>Tabla 41</b> | Matriz de normalización de pares – Demanda vehicular ..... | 135 |

|                 |  |     |
|-----------------|--|-----|
| <b>Tabla 42</b> | Descriptores del parámetro estado de conservación de vía.....      | 136 |
| <b>Tabla 43</b> | Matriz de comparación de pares – Estado de conservación de la vía  | 137 |
| <b>Tabla 44</b> | Matriz de normalización de pares – Estado de conservación de vía   | 137 |
| <b>Tabla 45</b> | Descriptores del parámetro antigüedad de construcción de vía.....  | 137 |
| <b>Tabla 46</b> | Matriz de comparación de pares – Antigüedad de la vía .....        | 138 |
| <b>Tabla 47</b> | Matriz de normalización de pares – Antigüedad de la vía.....       | 138 |
| <b>Tabla 48</b> | Descriptores del parámetro respuesta a emergencias viales .....    | 139 |
| <b>Tabla 49</b> | Matriz de comparación de pares – Respuesta a emergencias viales    | 140 |
| <b>Tabla 50</b> | Matriz de normalización de pares – Respuesta a emergencias viales  | 140 |
| <b>Tabla 51</b> | Dimensión económica.....   | 141 |
| <b>Tabla 52</b> | Matriz de comparación de pares – Dimensión económica.....          | 142 |
| <b>Tabla 53</b> | Matriz de normalización de pares - Dimensión económica.....        | 142 |
| <b>Tabla 54</b> | Descriptores del parámetro servicio de transporte expuesto.....    | 142 |
| <b>Tabla 55</b> | Matriz de comparación de pares – Servicio de transporte expuesto   | 143 |
| <b>Tabla 56</b> | Matriz de normalización de pares - Servicio de transporte expuesto | 143 |
| <b>Tabla 57</b> | Descriptores del parámetro tipo y estado del asfalto .....         | 144 |
| <b>Tabla 58</b> | Matriz de comparación de pares – Tipo y estado del asfalto .....   | 145 |
| <b>Tabla 59</b> | Matriz de normalización de pares - Tipo y estado del asfalto.....  | 145 |
| <b>Tabla 60</b> | Descriptores del parámetro mantenimiento de vía.....               | 146 |
| <b>Tabla 61</b> | Matriz de comparación de pares – Mantenimiento de vía .....        | 147 |
| <b>Tabla 62</b> | Matriz de normalización de pares - Mantenimiento de vía.....       | 147 |

|                 |   |     |
|-----------------|---|-----|
| <b>Tabla 63</b> | Descriptores del parámetro pendiente de la vía .....  | 147 |
| <b>Tabla 64</b> | Matriz de comparación de pares – Pendiente de la vía .....  | 148 |
| <b>Tabla 65</b> | Matriz de normalización de pares – Pendiente de la vía .....  | 148 |
| <b>Tabla 66</b> | Descriptores del parámetro fondo de contingencia respuesta a<br>emergencias .....   | 149 |
| <b>Tabla 67</b> | Matriz de comparación de pares – Fondo de contingencia respuesta<br>a emergencias .....                                       | 149 |
| <b>Tabla 68</b> | Matriz de normalización de pares – Fondo de contingencia respuesta<br>a emergencias .....                                     | 150 |
| <b>Tabla 69</b> | Dimensión ambiental .....   | 151 |
| <b>Tabla 70</b> | Matriz de comparación de pares – Dimensión ambiental .....  | 151 |
| <b>Tabla 71</b> | Matriz de normalización de pares – Dimensión ambiental .....  | 152 |
| <b>Tabla 72</b> | Descriptores del parámetro distancia a zonas de degradación de<br>materiales superficiales por factor antrópico.....          | 152 |
| <b>Tabla 73</b> | Matriz de comparación de pares – Distancia a zonas de degradación<br>de materiales superficiales por factor antrópico.....    | 153 |
| <b>Tabla 74</b> | Matriz de normalización de pares – Distancia a zonas de<br>degradación de materiales superficiales por factor antrópico ..... | 153 |
| <b>Tabla 75</b> | Descriptores del parámetro características geológicas del suelo ...   | 154 |
| <b>Tabla 76</b> | Matriz de comparación de pares – Características geológicas del<br>suelo.....   | 155 |

|                 |  |     |
|-----------------|--|-----|
| <b>Tabla 77</b> | Matriz de normalización de pares - Características geológicas del suelo.....                                   | 155 |
| <b>Tabla 78</b> | Descriptores del parámetro degradación de materiales superficiales producto del factor antrópico.....          | 156 |
| <b>Tabla 79</b> | Matriz de comparación de pares - Degradación de materiales superficiales producto del factor antrópico .....   | 157 |
| <b>Tabla 80</b> | Matriz de Normalización de Pares - Degradación de materiales superficiales producto del factor antrópico ..... | 157 |
| <b>Tabla 81</b> | Descriptores del parámetro capacitación y asesoramiento para el manejo de materiales .....                     | 158 |
| <b>Tabla 83</b> | Matriz de normalización de pares - Capacitación y asesoramiento para el manejo de materiales .....             | 159 |
| <b>Tabla 84</b> | Resumen de los parámetros de vulnerabilidad.....   | 161 |
| <b>Tabla 85</b> | Cálculo de la vulnerabilidad .....   | 164 |
| <b>Tabla 86</b> | Nivel de vulnerabilidad .....  | 165 |
| <b>Tabla 87</b> | Estratificación del nivel de vulnerabilidad.....   | 165 |
| <b>Tabla 88</b> | Cálculo del nivel de riesgo.....   | 169 |
| <b>Tabla 89</b> | Niveles de riesgo .....  | 170 |
| <b>Tabla 90</b> | Estratificación del nivel de riesgo .....  | 170 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1.** Matriz de Consistencia
- Anexo 2.** Operacionalización de Variables
- Anexo 3.** Mapa de Ubicación del Área en Estudio
- Anexo 4.** Mapa de Geología Local
- Anexo 5.** Mapa de Geomorfología Local
- Anexo 6.** Mapa de Pendiente
- Anexo 7.** Mapa de Ubicación de Investigaciones Geotécnicas
- Anexo 8.** Monitoreo de Asentamiento
- Anexo 9.** Registros de Campo y Laboratorio
- Anexo 10.** Mapa de Ubicación de las Secciones de Estabilidad
- Anexo 11.** Análisis de Estabilidad
- Anexo 12.** Mapa de Elementos Expuestos
- Anexo 13.** Mapa de Peligro
- Anexo 14.** Mapa de Vulnerabilidad
- Anexo 15.** Mapa de Riesgo

## RESUMEN

Este estudio se enfoca en el análisis del nivel de riesgo geológico por deslizamiento de talud en el tramo crítico comprendido desde el km 171+330 al km 172+130 de la Vía Principal Panamericana Sur, en el distrito de San Vicente de Cañete. El objetivo principal es evaluar el nivel de riesgo geológico que comprende las progresivas antes mencionada y evaluar los factores condicionantes que predisponen la generación de las grietas y asentamiento diferencial que se evidencian en la carpeta asfáltica. Para ello, se realizó una caracterización geológica, geotécnica y geofísica del área. La caracterización reveló zonas de alta susceptibilidad a deslizamientos debido a la presencia de grietas, pendientes pronunciadas, actividad sísmica y materiales geológicos inestables. También se caracterizó los aspectos socioeconómicos y ambientales que intervienen en la zona de estudio. La metodología utilizada para evaluar estos múltiples criterios fue el proceso de análisis jerárquico (PAJ). Este análisis permitió establecer un orden de prioridad y asignar un valor numérico a cada parámetro, es así que se realizó un análisis de peligro y un análisis de vulnerabilidad del elemento expuesto, el resultado de esta relación nos dio el nivel de riesgo. Finalmente, los resultados revelaron que el nivel de riesgo geológico por deslizamiento de talud del tramo en estudio es alto.

**Palabras clave:** Deslizamiento, proceso análisis jerárquico, análisis de riesgo.

## **ABSTRACT**

This study focuses on the analysis of the level of geological risk due to slope sliding in the critical section from km 171+330 to km 172+130 of the Pan-American Highway South, in the district of San Vicente de Cañete. The main objective is to evaluate the Geological Risk Level that includes the aforementioned gradients and to evaluate the conditioning factors that predispose the generation of cracks and differential settlement that are evident in the asphalt layer. For this purpose, a geological, geotechnical and geophysical characterization of the area was carried out. The characterization revealed areas of high susceptibility to landslides due to the presence of cracks, steep slopes, seismic activity and unstable geological materials. The methodology used to evaluate these multiple criteria was the Hierarchical Analysis Process (PAJ), this analysis allowed us to establish an order of priority and assign a numerical value to each parameter, thus a hazard analysis and an analysis of the vulnerability of the exposed element was performed, the result of this relationship gave us the level of risk. Finally, the results revealed that the Geological Risk Level for Slope Slide of the section under study is High.

**Key words:** Landslide, Hierarchical Analysis Process, Risk analysis.

## INTRODUCCIÓN

El deslizamiento de taludes es un fenómeno geológico que representa una amenaza significativa para la infraestructura vial y la seguridad pública en diversas regiones del mundo. En el Perú, la Panamericana Sur es una vía de vital importancia que conecta varias ciudades y comunidades. Sin embargo, su trazado atraviesa zonas geológicamente inestables, lo que aumenta el riesgo de deslizamiento

La necesidad de evaluar el riesgo es fundamental para garantizar la seguridad de los usuarios y la durabilidad de la vía. Este estudio se centra en el análisis del riesgo geológico por deslizamiento de talud en el tramo comprendido entre el km 171+330 y el km 172+130 de la Panamericana Sur, en el distrito de San Vicente de Cañete. La investigación busca identificar el nivel de riesgo que representa el área en estudio.

Desde el 2011, viene presentándose en la carpeta de rodadura grietas transversales, longitudinales y asentamiento diferencial que vienen siendo reparados periódicamente por la empresa concesionaria, poniendo inestable la plataforma del talud de este sector de la vía. Es en ese contexto que se hace necesario determinar el nivel de riesgo geológico por deslizamiento del talud que representa la zona en estudio, además de identificar los factores condicionantes que predisponen la generación de las grietas y asentamiento diferencial e

identificar el factor desencadenante que podría materializar el riesgo por deslizamiento de talud.

Para llevar a cabo este estudio, se identificaron aspectos de la geología y geomorfología, se realizó una caracterización geotécnica y geofísica del área, utilizando técnicas como MAM y análisis de estabilidad de taludes, se realizó un monitoreo de asentamiento y se identificó características sociales, económicas y ambientales de la zona en estudio.

Para evaluar los múltiples criterios antes mencionados, se utilizó la metodología de proceso de análisis jerárquico (PAJ). Esta metodología permite establecer un orden de prioridad y asignar un valor numérico a cada parámetro, para una mejor toma de decisiones. Es así que se realizó un análisis de peligro y un análisis de la vulnerabilidad y el resultado de esta relación permite determinar el nivel de riesgo.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

El Perú se asienta sobre un extenso territorio de diversidad geográfica, geológica y geomorfológica, que, aunada a su ubicación en el borde oriental del Cinturón de Fuego del Océano Pacífico, han determinado como uno de los países más vulnerables del mundo. Estudios indican que, entre los fenómenos naturales que se manifiestan con mayor incidencia en el Perú, están los deslizamientos y terremotos, cada uno de estos eventos con diferentes características y magnitudes, según Memoria Descriptiva del Mapa de Vulnerabilidad Física del Perú (MINAM, 2011).

El caso de estudio comprendido entre las progresivas km 171+330 al km 172+130 de la autopista Panamericana Sur, presenta peligro geológico de deslizamiento, donde se observa que la zona está condicionada por la geología, la geomorfología, el contexto sísmico y cada vez más la intervención antrópica (modificaciones del terreno realizadas por el hombre), las cuales elevan la probabilidad de inestabilidad del talud de esta importante vía, especialmente en el tramo crítico, arriba mencionado, donde se evidencia sobre la carpeta de rodadura grietas transversales llamada grieta 1 (grieta principal), grieta 2, grieta 3, así también grieta longitudinal a la vía llamado grieta 4. Sumado a ello, se han

presentado, un asentamiento diferencial cercano a la grieta 1, cuya aparición se dio a inicios del año 2011, luego de terminar la construcción de doble calzada que va desde el km 169+650 al km 174+530.

Durante el movimiento sísmico del 28 de octubre del 2011, de magnitud de 6,9 Mw, el tramo comprendido entre las progresivas km 171+330 al km 172+130 de la vía Panamericana Sur fue fuertemente afectada, ya que amplificó la abertura de las grietas transversales que ya se mostraban sobre la vía, de 5 mm a 50 mm, y se generó un asentamiento diferencial en la grieta principal de hasta 30 mm en la carpeta de rodadura; además, se produjo un deslizamiento localizado en la margen derecha de la vía en el sentido de Sur a Norte, que afortunadamente no trajo consecuencias mortales.

En los últimos años, se ha observado que el desarrollo de las grietas y asentamientos en este tramo de la autopista ha continuado de manera poco acelerado y, para mantener las características planialtimétricas de la vía el concesionario de la red vial nacional, viene realizando reparaciones en este sector de la progresiva cada cierto tiempo.

Por estas razones, se ha realizado la presente tesis, con una evaluación del nivel de riesgo por peligro de deslizamiento del talud de este tramo de la vía. Para una mejor evaluación, se amplió el área de estudio desde la progresiva km 169+775 al km 174+150 y se evaluó los factores intrínsecos que condicionan a la

reactivación de las grietas y asentamiento en el tramo crítico comprendido entre el km 171+330 al km 172+130.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### ***1.2.1 Formulación del Problema General***

¿Cuál es el nivel de riesgo geológico por deslizamiento de talud en el tramo crítico comprendido entre las progresivas km 171+330 al km 172+130 de la Panamericana Sur?

### ***1.2.2 Formulación de los Problemas Específicos***

- ¿Cuáles son los factores condicionantes que predisponen la generación de las grietas y asentamiento diferencial?
- ¿Cuál es el factor desencadenante que podría materializar el riesgo por deslizamiento de talud?
- ¿Cuáles son las zonas con riesgo por deslizamiento del talud en el área de estudio?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

- Desde el punto de vista social, esta investigación alerta a las autoridades y a la población sobre el riesgo que representa la zona en

estudio, promoviendo acciones preventivas en este sector de la vía para proteger la seguridad y bienestar de las poblaciones afectadas.

- Desde el punto de vista económico, esta investigación alerta al concesionario de la vía sobre la necesidad de tomar medidas para garantizar la seguridad física de la autopista, ayudando a mitigar futuros daños y reduciendo los costos asociados a reparaciones y pérdidas económicas.
- Desde el punto de vista técnico, esta investigación proporciona una base sólida de datos cualitativos y cuantitativos sobre el riesgo geológico por deslizamiento de talud en una vía nacional, sirviendo como apoyo y referencia para futuras investigaciones.

## **1.4. OBJETIVOS**

### ***1.4.1 Objetivo General***

Determinar el nivel de riesgo geológico por deslizamiento de talud en el tramo crítico comprendido entre las progresivas km 171+330 al km 172+130 de la Panamericana Sur.

### ***1.4.2 Objetivos Específicos***

- Identificar en el área de estudio los factores condicionantes que predisponen la generación de las grietas y asentamiento diferencial.
- Identificar en el área de estudio el factor desencadenante que podría materializar el riesgo por deslizamiento de talud.
- Identificar las zonas con riesgo por deslizamiento del talud en la zona de estudio.

## **1.5. HIPÓTESIS**

### ***1.5.1 Hipótesis General***

El nivel de riesgo geológico por deslizamiento de talud en el tramo crítico comprendido entre las progresivas km 171+330 al km 172+130 de la Panamericana Sur es alto.

### ***1.5.2 Hipótesis Específico***

- Los factores condicionantes que predisponen la generación de las grietas y asentamiento diferencial son los aspectos geológicos, la sismicidad y la alta demanda vehicular.

- El factor desencadenante que puede materializar el riesgo por deslizamiento de talud es el sismo.
- Las zonas con riesgo por deslizamiento del talud son los cortes y rellenos, cuya modificación ha desestabilizado el equilibrio inicial del suelo.

## **1.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

En el anexo 1, se muestra la información correspondiente al problema, objetivo e hipótesis general, junto con las variables de estudio con su correspondiente indicador. La operacionalización de las variables independiente y dependiente se muestra en el anexo 2.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES

Para la elaboración del presente estudio, se tomaron en cuenta diversas investigaciones, tanto a nivel nacional como internacional, relacionados con la evaluación de riesgos geológicos por deslizamiento. Entre los más destacados, se citan a continuación.

##### 2.1.1 *Antecedentes Nacionales*

Luque Poma et al. (2020), en su estudio *Peligro geológico en la región Lima*, han identificado y catalogado 4329 eventos geológicos basados en un análisis histórico, inventario y comprobación de campo. La mayoría de estos eventos son movimientos en masa que equivalen a un 75,5 %, seguidos por peligros geohidrológicos que representan un 10,3 % y otros peligros geológicos que comprenden un 14,2 %, además de 278 zonas críticas susceptibles. Como parte de la evaluación de la susceptibilidad a los movimientos en masa, se realizaron mapas temáticos de litología, pendientes, geomorfología, hidrogeología y cobertura vegetal, aplicando un método de ponderación de factores. Los resultados muestran que el 56,7 % de la región tiene alta o muy alta susceptibilidad; el 25,5 %, moderada y el 17,8 %, baja o muy baja.

Vásquez (2022), en su tesis *Estimación del riesgo por deslizamiento de tierras en el distrito de Jepelacio – Moyobamba – San Martín, 2020*, estimó el riesgo frente al potencial acontecimiento de un deslizamiento de tierras en la quebrada Disiyacu, en los barrios La Unión y San Juan del Arenal, en la zona urbana de Jepelacio. El estudio siguió un diseño no experimental de tipo cuantitativo y aplicado, utilizando un muestreo no probabilístico y el coeficiente alfa de Cronbach para validar la consistencia de las encuestas. Se identificaron y estratificaron el peligro de deslizamientos según sus características y factores desencadenantes, junto con la vulnerabilidad global a nivel social, económico y ambiental. Implementó un análisis jerárquico para evaluar parámetros con criterios múltiples. Finalmente, el análisis determinó que ambas zonas, La Unión y San Juan del Arenal, se encuentran en áreas de riesgo muy alto de deslizamiento.

Torres (2020), en su artículo científico *Evaluación de riesgo de deslizamientos y propuesta geotécnica de la trocha Ayash-Huaripampa tramo km 3+260 al km 3+300* evalúa y cuantifica el riesgo de deslizamientos en los taludes del tramo 3+260 al 3+300 km del proyecto “Trocha de acceso al relleno sanitario de Ayash-Huaripampa” en San Marcos, con el objetivo de mejorar la eficiencia del transporte vial. Así también, realizó comparaciones bajo condiciones estáticas entre el método de la Serie de Taylor y el método de Monte Carlo, analizando el factor de seguridad, la probabilidad de falla y el índice de confiabilidad para

determinar la mejor metodología de análisis y cuantificación del riesgo. El análisis mostró un nivel de confiabilidad inaceptable, se evaluaron opciones de estabilización, incluyendo un muro de gaviones y un muro de suelo reforzado, resultando la primera opción más económica.

Bellido (2018), en su tesis *Evaluación de peligros geológicos en el Distrito de Tiabaya*, evalúa los peligros geológicos por flujos de detritos, que ocurren regularmente durante las temporadas de lluvias excepcionales (enero a marzo). El estudio abarca un área de 4 524,309 hectáreas en Tiabaya, Arequipa, que alberga a 14,916 habitantes según INEI, 2007. Se analizaron los factores como la geomorfología, litología y pendiente del terreno, junto con las precipitaciones como desencadenante. Usando la metodología Saaty (1980) y GIS generó un mapa de peligros que identificó seis zonas críticas: Virgen de Las Peñas, Urb. Cerro Verde, El Huayco, Santa Teresa, San Pedro y Laderas del Batolito.

### **2.1.2 Antecedentes Internacionales**

Opazo (2014), en su tesis *Evaluación y zonificación de peligro de remociones en masa en la Ruta A-16, vía de acceso principal a la ciudad de Iquique (Región de Tarapacá)*, se enfoca en analizar las características geológicas y geomorfológicas del área mediante herramientas numéricas y computacionales, integrando datos sísmicos históricos y recientes. Este análisis permitió elaborar

mapas de susceptibilidad y peligro, que identifican las áreas más propensas a remociones en masa, estimando su volumen, alcance y energía, para proponer medidas de mitigación.

Pincay (2023), en su investigación *Estimación de riesgo por deslizamiento en la parroquia Noboa, 24 de Mayo, Manabí*, tuvo como objetivo principal estimar el riesgo de deslizamientos en Noboa. Para ello, utilizó un enfoque teórico-bibliográfico y de observación, evaluando vulnerabilidades en aspectos como el ambiente, la economía, física, social educativa, cultural y política. La vulnerabilidad general se estimó en un 58,57 %, catalogada como alta. El peligro, basado en la información recopilada, se determinó en un 63 %, también alto. El riesgo total se calculó en 66 %, lo que sugiere la necesidad de capacitaciones, así como de ordenanzas para control y monitoreo permanente en Noboa.

Oliva y Gallardo (2018), en su investigación *Evaluación del riesgo por deslizamiento de una ladera en la ciudad de Tijuana, México*, aplicaron una metodología general para evaluar el riesgo por deslizamiento de una ladera urbana, considerando la interrelación entre la amenaza y vulnerabilidad física existentes en la zona de estudio. La amenaza se evaluó mediante métodos probabilísticos y determinísticos, mientras que la vulnerabilidad se basó en la calidad de la infraestructura, su distribución, la integridad estructural, la profundidad de las cimentaciones y el volumen de terreno inestable. Los

resultados mostraron factores de seguridad insuficientes, indicando que la ladera es inestable y requiere atención urgente y los registros históricos confirmaron una alta probabilidad de deslizamientos.

García (2018), en su tesis *Modelación del riesgo a deslizamientos de laderas inducidas por sismos en áreas vulnerables de la ciudad de Chilpancingo, Gro*”, estableció un modelo para deslizamientos de laderas inestables inducidas por sismos mediante una metodología que le permitió evaluar las pérdidas potenciales a eventos adversos a través del proceso de análisis de evaluación tomando como base un área vulnerable a deslizamiento que luego lo replicó en toda de la ciudad de Chilpancingo. Los factores que más influyeron para la inestabilidad de laderas es el tipo de suelo (arcillas) que facilita la filtración de agua y saturación del poro, los cuales disminuyen la resistencia al esfuerzo cortante. Así también las pendientes altas que se tienen en algunas zonas, sobre todo en las periferias; por último, la presencia de lluvias, pero sobre todo, los frecuentes sismos de baja o alta intensidad producidas en la ciudad.

## **2.2. DESLIZAMIENTOS**

Los deslizamientos son movimientos de masas de suelo o roca que se deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura al superarse la resistencia al corte de estas superficies; la masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad en

su recorrido; la velocidad puede ser variable, pero suelen ser procesos rápidos y pueden alcanzar grandes volúmenes (González et al. 2002, p. 623).

### ***2.2.1 Tipos de Deslizamientos***

Para la clasificación de deslizamientos, se presenta el sistema propuesto por Varnes (1978), el cual tipifica los principales tipos de movimiento basados en su naturaleza y los materiales involucrados.

- Los **deslizamientos rotacionales y traslacionales** implican movimientos de masa de tierra a lo largo de superficies curvas o planas, respectivamente.
- Las **caídas de rocas** son desprendimientos rápidos de fragmentos rocosos desde paredes escarpadas.
- Los **flujos de tierra y flujos de escombros** son movimientos rápidos y fluidos de suelos y mezclas heterogéneas de material, generalmente saturados de agua.
- Los **deslizamientos de detritos** implican movimientos de suelos y fragmentos no consolidados.
- La **reptación** es un desplazamiento lento y gradual del suelo.
- Finalmente, los **hundimientos** son colapsos súbitos de la superficie terrestre hacia vacíos subterráneos, típicamente en áreas kársticas.

Varnes (1978) destacó la importancia de entender estos diferentes tipos de deslizamientos para evaluar adecuadamente los riesgos asociados.

### 2.2.2 *Volumen de un Deslizamiento*

De acuerdo al modelo conceptual de un deslizamiento propuesta por Suarez (2012), el volumen aproximado de un desplazamiento de rotación (ver figura 1) puede calcularse utilizando la siguiente expresión:

$$Vol_{des} = \left( \frac{1}{6} \pi D_r x W_r x L_r \right) F_{ex} \quad (1)$$

Donde:

*Dr*: Profundidad de la superficie de falla (m).

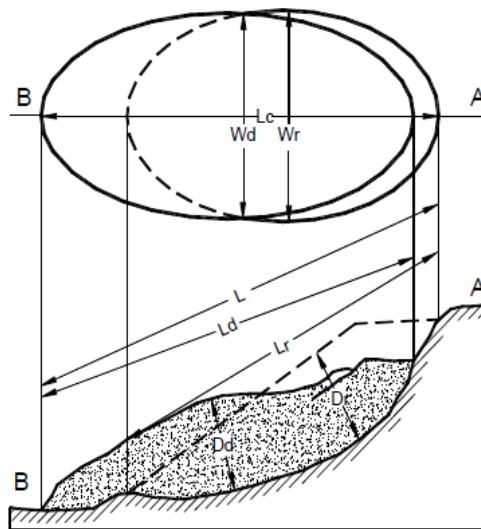
*Wr*: Ancho de la superficie de falla (m)

*Lr*: Longitud de la superficie de falla (m)

*Fex*: Factor de expansión del suelo al ser perturbado. Este factor es comúnmente de 1,25 a 1,30. En algunas ocasiones, como en el caso de la roca el factor de expansión puede ser hasta de un 70 % ( $F_{expansión} = 1,7$ ).

## Figura 1

### *Dimensionamiento del movimiento de masa*



*Nota.* Adaptado de Movimientos en masa según IAEG, Commission on Landslides (1990).

Según Suarez (2012), el volumen de material medido antes del deslizamiento, generalmente, aumenta con el movimiento debido a que el material se dilata. El término “factor de expansión” puede ser utilizado para describir este aumento en volumen, como un porcentaje del volumen antes del movimiento.

El volumen del deslizamiento es importante, porque ayuda a evaluar el potencial destructivo del deslizamiento. El volumen determina la magnitud del riesgo, generalmente, a mayor volumen, mayor el riesgo. En la figura 2, se muestra la clasificación basada en el volumen del deslizamiento propuesta por Fell (1994).

## Figura 2

### *Clasificación de deslizamiento de acuerdo con su volumen*

| Clase de Tamaño por Volumen | Descripción del Tamaño | Volumen (m <sup>3</sup> ) |
|-----------------------------|------------------------|---------------------------|
| 1                           | Extremadamente pequeño | <500                      |
| 2                           | Muy pequeño            | 500 a 5.000               |
| 3                           | Pequeño                | 5.000 a 50.000            |
| 4                           | Mediano                | 50.000 a 250.000          |
| 5                           | Medianamente grande    | 250.000 a 1.000.000       |
| 6                           | Muy grande             | 1.000.000 a 5.000.000     |
| 7                           | Extremadamente grande  | >5.000.000                |

*Nota.* Adaptado de Fell (1994).

### **2.2.3 Factores Condicionantes**

#### **2.2.3.1. Geología y Geotecnia**

En términos geotécnicos, es importante determinar el tipo de depósito, el material que lo compone, su densidad, plasticidad, humedad y, en términos geológicos, litología, y aspectos estructurales. El tipo de depósito puede indicar la posibilidad de deslizamiento, por ejemplo, depósitos aluviales, coluviales o antiguos movimientos son susceptibles a deslizamientos (Hauser, 1997). Por otro lado, también están las condiciones geotécnicas como granulometría, humedad, densidad que son propicias para gatillar un deslizamiento.

### **2.2.3.2. Geomorfología**

La geomorfología juega un papel muy importante en la susceptibilidad de los movimientos en masa, ya que las características del terreno influyen directamente en la estabilidad de las laderas. Los rasgos geomorfológicos, como la topografía, la inclinación y altura, cambios abruptos en las pendientes y la extensión del terreno, afectan la velocidad, la energía y el volumen de los deslizamientos que puedan ocurrir. La intervención o modificación de estos rasgos puede transformar una ladera estable en una inestable, aumentando el riesgo de deslizamientos y otros eventos geológicos adversos (Popescu, 2002).

### **2.2.3.3. Pendiente**

La pendiente es uno de los principales factores dinámicos de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002); por lo cual, es un factor importante a evaluar, actúa como factor condicionante en la generación de deslizamiento de una masa. En la figura 3, se muestra una clasificación de los rangos de pendientes de Fidel et al. (2006), que se usó como fuente para elaborar la tabla de pendientes para el área en estudio, de acuerdo a esta clasificación la pendiente menor a 5° es la representación de una pendiente casi plano o comúnmente llamado terreno llana y una pendiente mayor a 50° es una pendiente

muy fuerte, o también llamado muy escarpado o abrupto.

### **Figura 3**

*Rangos de pendientes del terreno.*

| <b>Pendiente en Grados (°)</b> | <b>Clasificación</b> |
|--------------------------------|----------------------|
| < 5                            | Muy Baja             |
| 5 - 20                         | Baja                 |
| 20 - 35                        | Media                |
| 35 - 50                        | Fuerte               |
| > 50                           | Muy Fuerte           |

*Nota.* Adaptado de Fidel et al. (2006).

#### **2.2.3.4. Actividad Antrópica**

La actividad humana es uno de los principales factores que contribuyen a la desestabilización de laderas. Entre las principales actividades que incrementan la susceptibilidad a deslizamientos, se encuentran las excavaciones, cortes y rellenos, la construcción de estructuras, la urbanización y los cambios en el uso del suelo.

### **2.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD**

Existen diferentes metodologías para el análisis de estabilidad, la cual depende del objetivo del análisis y de los resultados que se deseen obtener, estos son los siguientes: Los métodos de equilibrio límite, los métodos numéricos y los métodos dinámicos. En este estudio, se aborda el método de equilibrio límite,

donde se analiza el equilibrio de una masa potencialmente inestable basándose exclusivamente en las leyes de la estática sin tener en cuenta las deformaciones del terreno.

Según Suarez (2012), el método de equilibrio límite consiste en comparar las fuerzas que inducen al deslizamiento (F. desestabilizadoras) y las fuerzas resistentes (F. estabilizadoras) que se oponen al mismo a lo largo de una superficie de rotura; de este modo, se establece una ecuación que proporciona el valor del coeficiente de seguridad del talud para la superficie analizada. El análisis se puede realizar estudiando directamente la totalidad de la longitud de la superficie de falla o dividiendo la masa deslizada en tajadas o dovelas y considerar el equilibrio de cada dovela por separado. Dentro del sistema de dovelas, los métodos de Bishop (1955) y Janbú (1954) han sido muy utilizados en los últimos 50 años y se han desarrollado métodos de análisis más precisos y complejos como los de Morgenstern y Price (1965) y Spencer (1967), ayudados por programas de software que permiten realizar análisis muy rigurosos. Generalmente, los métodos son de iteración y cada uno de estos posee un cierto grado de precisión (ver figura 4).

**Figura 4**

*Métodos de análisis de estabilidad de taludes*

| Método  | Superficies de Falla    | Equilibrio         | Características  |
|---|-------------------------|--------------------|--|
| Talud infinito  | Rectas                  | Fuerzas            | Bloque delgado con nivel freático, falla paralela a la superficie.   |
| Bloques o cuñas                                       | Cuñas con tramos rectos | Fuerzas            | Cuñas simples, dobles o triples, analizando las fuerzas que actúan sobre cada cuña.  |
| Espiral logarítmica (Frohlich, 1953)                  | Espiral logarítmica     | Fuerzas y momentos | Superficie de falla en espiral logarítmica. El radio de la espiral varía con el ángulo de rotación.                                |
| Arco circular, (Fellenius, 1922)                      | Circulares              | Momentos           | Círculo de falla, el cual es analizado como un solo bloque. Se requiere que el suelo sea cohesivo ( $\phi = 0$ ).                  |
| Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)             | Circulares              | Fuerzas            | No tiene en cuenta las fuerzas entre dovelas.  |
| Bishop simplificado (Bishop 1955)                     | Circulares              | Momentos           | Asume que todas las fuerzas de cortante, entre dovelas, son cero.  |
| Janbú Simplificado (Janbú 1968)                       | Cualquier forma         | Fuerzas            | Asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas.   |
| Sueco Modificado. U.S. Army Corps of Engineers (1970) | Cualquier forma         | Fuerzas            | Las fuerzas entre dovelas tienen la misma dirección que la superficie del terreno.   |
| Lowe y Karafiath (1960)                               | Cualquier forma         | Fuerzas            | Las fuerzas entre dovelas están inclinadas en un ángulo igual al promedio de la superficie del terreno y las bases de las dovelas. |
| Spencer (1967)  | Cualquier forma         | Momentos y fuerzas | La inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada, pero son desconocidas.                                    |
| Morgenstern y Price (1965)                            | Cualquier forma         | Momentos y fuerzas | Las fuerzas entre dovelas, sea asume, que varían de acuerdo con una función arbitraria.  |
| Sarma (1973)  | Cualquier forma         | Momentos y fuerzas | Utiliza el método de las dovelas en el cálculo de la magnitud de un coeficiente sísmico requerido para producir la falla.          |

*Nota.* Adaptado de Deslizamientos–Análisis Geotécnico (p. 136), Suarez (2012).

Una vez realizado el análisis de cada dovela, se analizan las condiciones de equilibrio de la sumatoria de fuerzas o de momentos (Suarez, 2012).

$$F.S. = \frac{\sum \text{Resistencias disponibles al cortante}}{\sum \text{Esfuerzos al cortante}} \quad (2)$$

$$F.S. = \frac{\sum \text{Momentos resistentes disponibles}}{\sum \text{Momentos actuantes}} \quad (3)$$

Esta condición equivale a un factor de seguridad de 1,0; sin embargo, existen valores de factores de seguridad mínimos para considerar que un talud es estable, los cuales varían según las condiciones de análisis. En la figura 5, se muestran valores sugeridos por investigadores e instituciones internacionales, donde el mínimo factor de seguridad estático a corto plazo es igual a 1,50; y el mínimo factor de seguridad pseudo estático a largo plazo es de 1,25 para los desplazamientos inducidos por sismo que no comprometan el talud en estudio.

## Figura 5

### *Normatividad para factor de seguridad*

| <b>norma</b>                                  | <b>Factor de seguridad</b> |
|---|----------------------------|
| <b>CE 020 estabilidad de suelos y taludes</b> |                            |
| • Estático                                    | 1,5                        |
| • Sísmico                                     | 1,25                       |
| <b>AASHTO LRFD</b>                            |                            |
| • Estudio geotécnico confiable                | 1,33                       |
| • Hay cargas estructurales                    | 1,53                       |
| • análisis Sísmico                            | 1,1                        |

*Nota.* Optimización del grado inclinación de talud, NTP E020 (2008), Osorio (2020) y (AASHTO 2012).

Otro aspecto importante de este método es que el análisis se basa en el criterio de rotura de Mohr-Coulomb, el cual describe el comportamiento de los materiales en términos de su resistencia al esfuerzo cortante y a la compresión. De no existir fuerzas externas sobre el talud, las fuerzas actuantes en el plano de

rotura para hallar el coeficiente de seguridad son las producidas por el peso propio del material, la cohesión y el ángulo de fricción (González et al., 2002).

## **2.4. ENSAYOS GEOFÍSICOS TE Y MAM**

### **2.4.1 Tomografía Eléctrica**

El método o técnica de Tomografía Eléctrica (TE) es un método no destructivo que analiza los materiales del subsuelo en función de su comportamiento eléctrico, diferenciándolos en función de su resistividad eléctrica, (Storz et al., 2000).

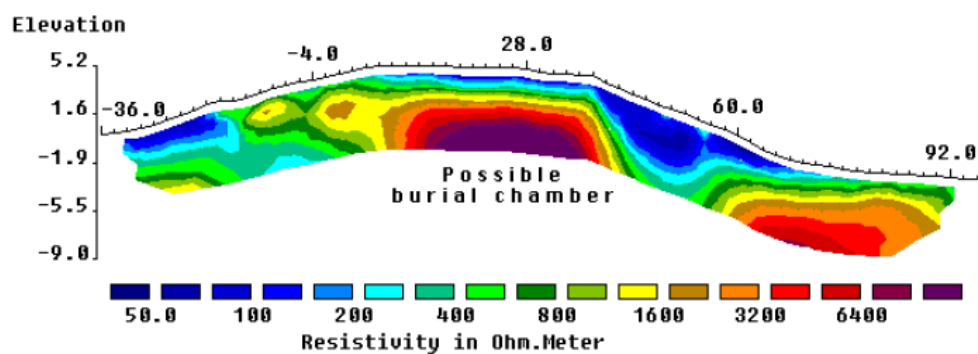
El método se basa en la implantación de numerosos electrodos a lo largo de una sección, con una separación determinada que viene condicionada por el grado de resolución, profundidad y los objetivos que se pretendan cubrir, de tal modo que, a menor separación, mayor resolución; a mayor separación, mayor profundidad (ver figura 6). Los datos obtenidos de campo son procesados con algoritmos mediante herramientas informáticas que tras un proceso de iteraciones aproximan la sección medida a un modelo teórico real (Loke, 1994).

Entre las aplicaciones más habituales de esta técnica son las siguientes: Detección y caracterización de fallas a profundidad; detección de contactos entre unidades litológicas de diferente naturaleza; detección y caracterización de cavidades y huecos, tales como zonas kársticas, depósitos, rellenos arcillosos;

determinación de unidades acuíferas, niveles freáticos, entre otros.

### Figura 6

*Modelo del perfil de tomografía eléctrica*



*Nota.* Adaptada de Geotomo Software (2003).

#### 2.4.2 *Microtrrepidaciones en Arreglo Multicanal*

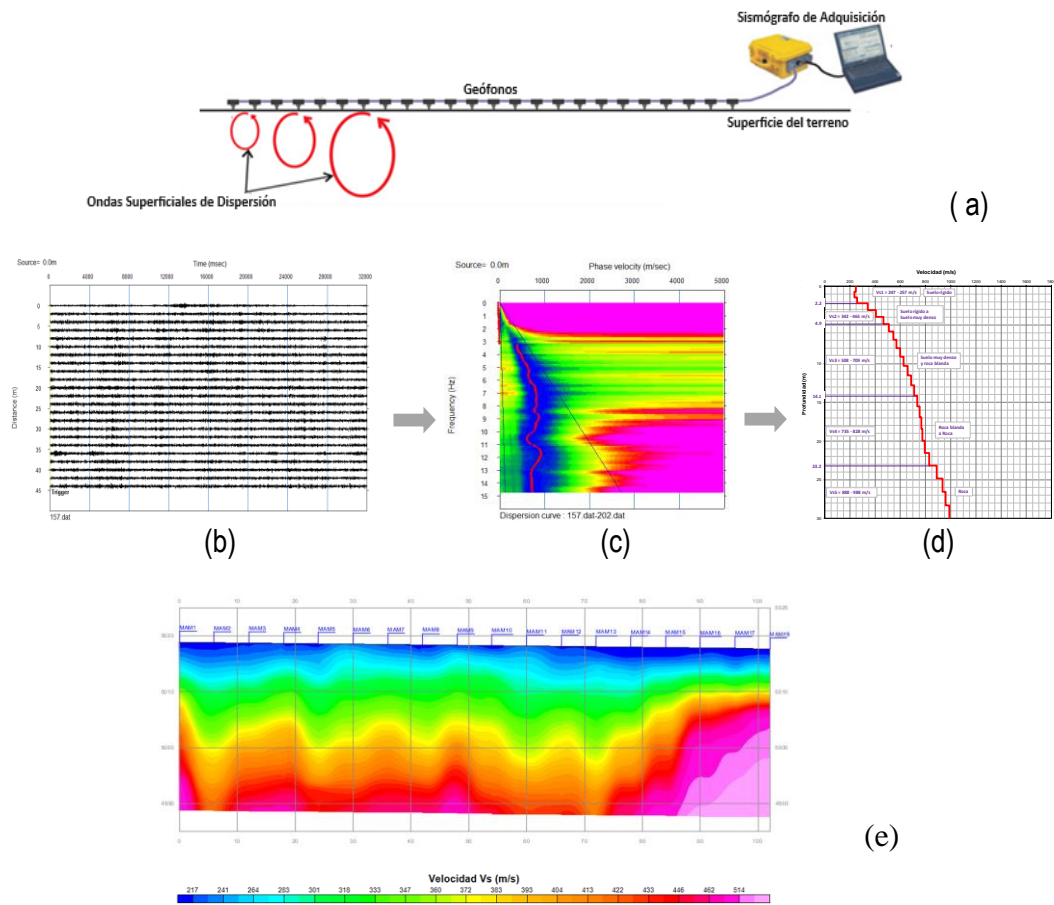
El método o medición de Microtrrepidaciones en Arreglos Multicanal (MAM) es un método pasivo de exploración geofísica basado en el análisis de las vibraciones ambientales (ondas superficiales), utiliza como fuente el ruido ambiental, en arreglos predeterminados y mediante el análisis de dispersión de éstas, determina el perfil de velocidades de ondas S. (Park et al., 1999).

Desarrollar esta técnica involucra tres pasos principales: análisis espectral de velocidades, selección de la dispersión fase – velocidad Rayleigh y modelado de las velocidades de corte (Louie, 2001). La integración de los modelos unidimensionales de velocidad de ondas de corte 1D permite generar una sección

2D de MAM, tal como se muestra en la figura 7.

### Figura 7

#### Esquema del ensayo MAM



*Nota.* (a) Arreglo en campo del Ensayo MAM, (b) Registro sísmico, (c) Curva de dispersión vs Frecuencia (d) Modelo Unidimensional, (e) Perfil Sísmico de MAM. Adaptado de HGS Engineering (2023).

## **2.5. MONITOREO**

Para evaluar asentamientos diferenciales, se pueden emplear diversas técnicas de monitoreo topográfico, entre estas se tienen la nivelación geométrica y trigonométrica, el uso de estaciones totales robóticas, sistemas GPS/GNSS para mediciones precisas en tiempo real. También se utilizan tecnologías avanzadas como LIDAR, fotogrametría, InSAR por satélite y monitoreo con drones para generar modelos detallados de la superficie; sensores in-situ, como inclinómetros y extensómetros, junto con redes de sensores integrados (IoT). Estas técnicas tienen sus ventajas y limitaciones, su elección va a depender de la precisión que se requiera y de las condiciones del terreno.

Para el caso del presente estudio, se empleó el método tradicional de medición geométrica, también conocido como nivelación diferencial. Esta técnica mide la diferencia de altura entre dos o más puntos en la superficie del terreno. Previamente, se deben identificar los puntos de control, que sirven como base para irradiar las lecturas mediante instrumentos como niveles ópticos y miras.

## **2.6. EVALUACIÓN DEL RIESGO**

### **2.6.1 Peligro**

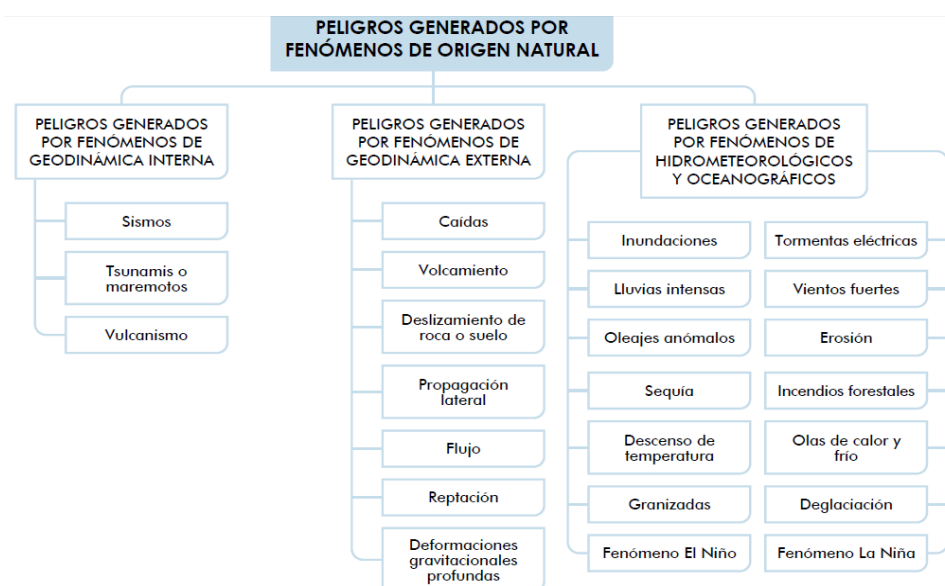
Según Varnes (1984), la peligrosidad se define como la probabilidad de ocurrencia de un proceso de un nivel de intensidad o severidad determinado,

dentro de un periodo de tiempo dado y dentro de un área específica. Para su evaluación, es necesario conocer dónde y cuándo ocurrieron los procesos en el pasado, la intensidad y magnitud que tuvieron, las zonas en que pueden ocurrir procesos futuros y la frecuencia de ocurrencia.

CENEPRED, en su *Manual para la evaluación de riesgos por fenómenos naturales* [MERFN] (2014), define el peligro como la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia definidos (p. 20). En la figura 8, se clasifican los fenómenos de origen natural en tres grandes grupos.

### Figura 8

*Peligros generados por fenómenos de origen natural.*



*Nota.* Adaptado de MERFN, CENEPRED (2014).

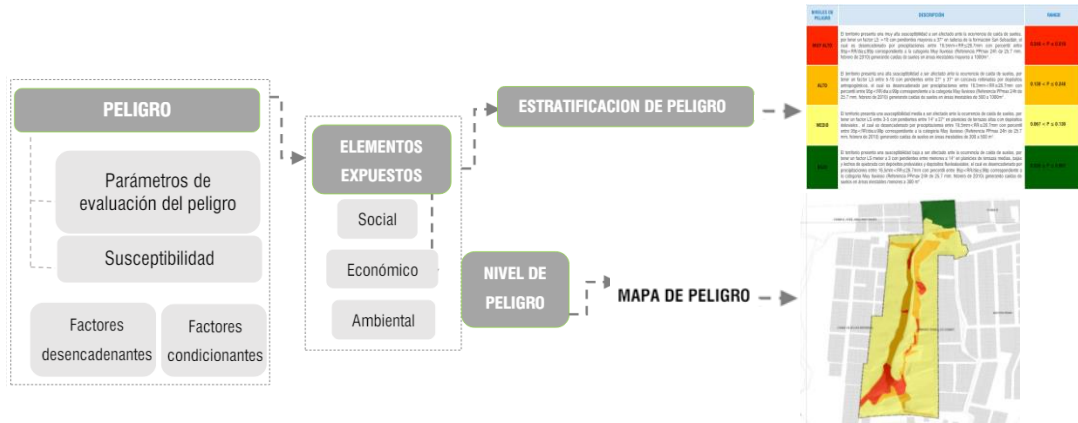
### ***2.6.1.1. Determinación del Nivel de Peligro***

Para caracterizar el peligro y determinar el nivel de peligro, MERFN (2014) propone una serie de fases, que va desde la recopilación y análisis de la información, identificación de probable área de influencia, parámetros de evaluación del peligro, la susceptibilidad en función de los factores condicionantes y desencadenantes, definición de un escenario crítico y el análisis de los elementos expuestos, para finalmente poder ponderar cada parámetro aplicando el análisis multicriterio y establecer los niveles del peligro. En la figura 9, se muestra la metodología general para determinar los niveles de peligro. Los niveles de peligro permiten cuantificar en términos de la magnitud del acontecimiento o en términos del efecto que el acontecimiento tendrá en el área de estudio.

En la figura 10, se muestra un esquema general de la recopilación y análisis de la información del peligro y flujograma general del proceso de análisis de información. Este análisis permite construir una base de valores ponderados y, con la ayuda de la herramienta SIG, construir un mapa con niveles de peligro.

**Figura 9**

*Metodología general para determinar el peligro*



*Nota.* Adaptado del Informe de evaluación de riesgo de desastres por caída de suelos, zona ZRESS13 (p. 40), Municipalidad de Cusco (2022).

**Figura 10**

*Flujograma general de análisis de información del peligro*



*Nota.* Adaptado del Informe de evaluación de riesgo de desastres por caída de suelos, zona ZRESS13 (p. 41), Municipalidad de Cusco (2022).

### **2.6.1.2. Susceptibilidad**

Ayala (1992) define la susceptibilidad como el grado de propensión o posibilidad de que en una zona se genere o sea afectada por un proceso geológico. Según MERFN (2014), la susceptibilidad es la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre un determinado ámbito geográfico (p. 106). Para ello, intervienen dos factores muy importantes: condicionantes y desencadenantes.

MERFN (2014) define a los factores condicionantes como parámetros propios del ámbito geográfico de estudio, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural (magnitud e intensidad), así como su distribución espacial. Los factores desencadenantes son parámetros que desencadenan eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico (p. 107). Los factores desencadenantes pueden hacer que el peligro se materialice una vez que se cumplan una serie de condiciones.

### **2.6.1.3. Elementos Expuestos**

Los elementos expuestos, según González et al. (2002), pueden ser personas, bienes propiedades, infraestructura, servicios, actividades económicas, etc., que pueden sufrir las consecuencias directas o indirectas de un proceso geológico en una determinada zona. El costo o valor de los mismos puede expresarse según diferentes criterios: costo de construcción de edificios o

estructuras, costo de reparación de los daños causados, etc. También se pueden considerar los costos derivados de la interrupción de las vías de comunicación, actividades económicas, servicios, etc.

MERFN (2014) determina que se debe cuantificar la probable afectación de los elementos expuestos que están dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, calculando las probables pérdidas (vidas humanas, infraestructura, bienes, y el ambiente), que podrían generarse a consecuencia de la manifestación de los fenómenos naturales. Por ello, es importante analizar la posible pérdida bajo tres dimensiones, social, económica y ambiental.

- **Dimensión Social:** Comprende elementos de población, salud, educación, que están expuestos en el área potencial del impacto, que ante la ocurrencia del peligro pueden ser afectados directamente o indirectamente.
- **Dimensión Económica:** Comprende elementos de agricultura, industria, comercio y turismo, transporte y comunicaciones, energía, agua y saneamiento, que, ante la ocurrencia del peligro, también pueden ser afectados directamente o indirectamente.
- **Dimensión Ambiental:** Comprende elementos de recursos naturales renovables y no renovables, que pueden ser afectados directamente o indirectamente, ante la ocurrencia del peligro.

### **2.6.2 Vulnerabilidad**

La vulnerabilidad es el grado de daño o pérdidas potenciales en un elemento o conjunto de elementos como consecuencia de la ocurrencia de un fenómeno de intensidad determinada. Depende de las características del elemento considerado (no de su valor económico) y de la intensidad del fenómeno (González, 2002).

MERFN (2014) define la vulnerabilidad como la susceptibilidad de una unidad social (familias, comunidad, sociedad), estructura física o actividad económica que la sustentan, a sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. El crecimiento poblacional y los procesos de urbanización, las tendencias en la ocupación del territorio, el proceso de empobrecimiento de importantes segmentos de la población, la utilización de sistemas organizacionales inadecuados y la presión sobre los recursos naturales han hecho aumentar en forma continua la vulnerabilidad de la población frente a una amplia diversidad de fenómenos de origen natural. Tres factores, ante la ocurrencia o posible manifestación de una amenaza, condicionan la vulnerabilidad, estos son exposición, fragilidad y resiliencia.

- **Exposición.** Está referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro. La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que

se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad.

- **Fragilidad.** Está referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro. En general, está centrada en las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno, por ejemplo: formas de construcción, no seguimiento de normativa vigente sobre construcción y/o materiales, entre otros. A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad.
- **Resiliencia.** Está referida al nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro. Está asociada a condiciones sociales y de organización de la población. A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad

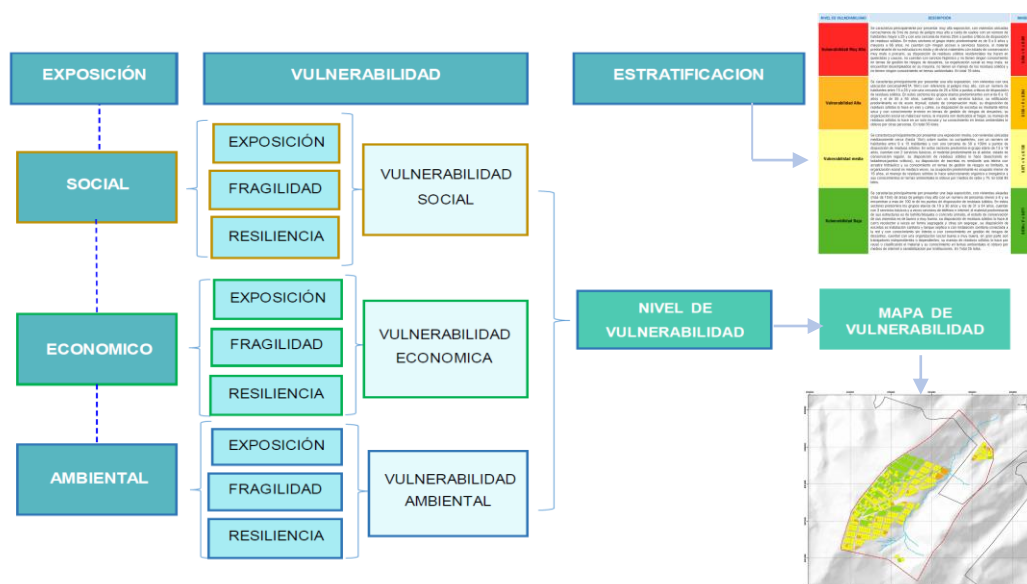
#### **2.6.2.1. *Determinación del Nivel de Vulnerabilidad***

Para determinar los niveles de vulnerabilidad de los elementos expuestos, MERFN (2014) propone una metodología teniendo en cuenta para el análisis, la dimensión social, económica y ambiental, así también en cada dimensión su exposición, fragilidad y resiliencia, según se muestra en la figura 11,

posteriormente aplicando el análisis multicriterio se pondera cada parámetro y se establece los niveles de vulnerabilidad. Para llegar a este análisis, previamente se debe recurrir a la información recabada de campo, desde fichas de encuestas, datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) e información respecto a los elementos expuestos. En la figura 12, se muestra un flujograma general del proceso de análisis de información de la vulnerabilidad. El nivel de vulnerabilidad determina el grado de daño o pérdida potencial de los elementos expuestos como consecuencia de la ocurrencia de un fenómeno de intensidad determinada.

**Figura 11**

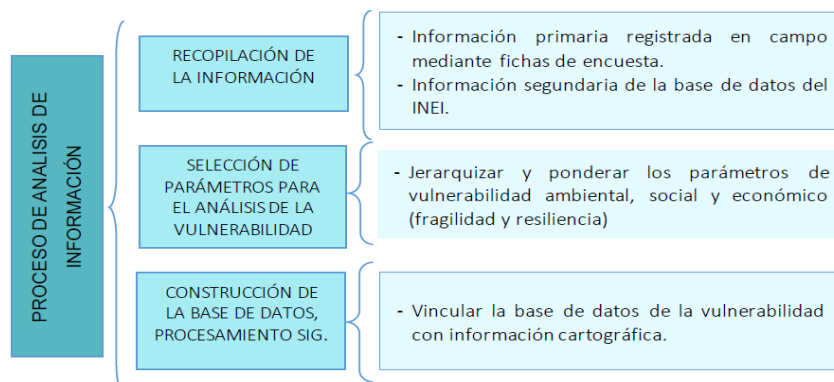
*Metodología general para determinar la vulnerabilidad*



*Nota.* Adaptado de la Evaluación del Riesgo de Desastres por Deslizamiento de Suelos en la Quebrada Saqramayo-Cusco (p. 58), Municipalidad de Cusco (2022).

**Figura 12**

*Flujograma general análisis de información de vulnerabilidad*



*Nota.* Adaptado de la Evaluación del Riesgo de Desastres por Deslizamiento de Suelos en la Quebrada Saqramayo-Cusco (p. 59), Municipalidad de Cusco (2022).

### **2.6.3 Riesgo**

El riesgo, según González et al. (2002), se evalúa a partir de la peligrosidad correspondiente a un determinado proceso (causa) y de los efectos del mismo sobre los elementos expuestos al peligro (consecuencias). Estos efectos sobre los elementos expuestos (edificios, infraestructuras, personas, bienes, etc) pueden ser expresados por diferentes parámetros: vulnerabilidad, pérdidas, costos, exposición, etc. (p. 610).

MERFN (2014) citó a Carreño et al. (2005) y menciona que el riesgo es el resultado de relacionar el peligro y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos. Cambios en uno o

más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada (p. 147).

La siguiente ecuación expresa que el riesgo es una función  $f()$  del peligro y la vulnerabilidad. Esta ecuación es adaptada a la Ley N°29664 Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres

$$R_{ie} | t = f(P_i, V_e) | t \quad (4)$$

Donde:

$R$  = Riesgo

$f$  = En función

$P_i$  = Peligro con la intensidad mayor o igual a  $i$  durante un período de exposición  $t$

$V_e$  = Vulnerabilidad de un elemento expuesto  $e$

Según MERFN (2014), para estratificar el nivel del riesgo, se debe hacer uso de una matriz de doble entrada: matriz del grado de peligro y matriz del grado de vulnerabilidad. Para ello, se requiere que previamente se haya determinado los niveles de intensidad y posibilidad de ocurrencia de un determinado peligro y del análisis de vulnerabilidad, respectivamente (p. 147).

Con los valores obtenidos del grado de peligrosidad y el nivel de vulnerabilidad total, se interrelaciona ambos valores y, sobre el cuadro de referencia, se podrá estimar el nivel de riesgo del área en estudio (ver figura 13).

**Figura 13**

*Niveles de riesgo*

|     |       |       |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| PMA | 0.503 | 0.034 | 0.067 | 0.131 | 0.253 |
| PA  | 0.260 | 0.018 | 0.035 | 0.068 | 0.131 |
| PM  | 0.134 | 0.009 | 0.018 | 0.035 | 0.067 |
| PB  | 0.068 | 0.005 | 0.009 | 0.018 | 0.034 |
|     |       | 0.068 | 0.134 | 0.260 | 0.503 |
|     |       | VB    | VM    | VA    | VMA   |

(a)

|                 |                        |
|-----------------|------------------------|
| Riesgo Muy Alto | $0.068 \leq R < 0.253$ |
| Riesgo Alto     | $0.018 \leq R < 0.068$ |
| Riesgo Medio    | $0.005 \leq R < 0.018$ |
| Riesgo Bajo     | $0.001 \leq R < 0.005$ |

(b)

*Nota.* Adaptado de MERFN (p. 156), CENEPRED (2014).

El primer cuadro (a) muestra en la primera columna los niveles de peligrosidad con sus respectivos valores denominados peligro muy alto (PMA), peligro alto (PA), peligro medio (PM) y peligro bajo (PB). En la última fila del mismo cuadro, se muestra los niveles de vulnerabilidad con sus respectivos valores denominados: vulnerabilidad baja (VB), vulnerabilidad media (VM), vulnerabilidad alta (VA) y vulnerabilidad muy alta (VMA), la intersección de ambos valores representa el nivel de riesgo. Finalmente, en el segundo cuadro (b), se muestra el rango de valores para cada nivel de riesgo.

#### **2.6.4 Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ)**

Para determinar el peligro, la vulnerabilidad y el riesgo, se debe construir previamente un modelo jerárquico de cada uno, que permita de manera eficiente y gráfica organizar la información respecto de un problema, descomponerla y analizarla por partes, ver los efectos de cambio en los niveles y finalmente sintetizar; para ello, es muy importante seguir el proceso de análisis jerárquico descrito en el *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales* de CENEPREDD (2014), que a continuación se detalla.

Este método fue desarrollado por el matemático Saaty (1980) diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo jerárquico, que les permite a los actores (tomadores de decisiones) estructurar el problema de forma visual.

El PAJ permite incorporar criterios cuantitativos (infraestructura expuesta, pérdidas humanas, económicas, etc.) y cualitativos (programas de capacitación, creación y/o aplicación de la normatividad, etc.) que son considerados en la gestión del riesgo de desastres.

La matriz que se forma es una matriz cuadrada, el mismo número de filas y columnas. La notación matemática sería:

$$\mathbf{A} = \mathbf{A}_{ij} \quad (5)$$

### 2.6.4.1. Cálculo de los pesos ponderados

Se construye la matriz de comparaciones pareadas, esta matriz evalúa la importancia y/o participación de una variable respecto a otra, en este caso específico sobre un fenómeno natural. Para la selección de los valores, se usa la escala desarrollada por Saaty, según se muestra en la figura 14. Esta escala numérica fluctúa entre los valores de 1/9 a 9.

**Figura 14**

*Escala de Saaty*

| ESCALA NUMERICA | ESCALA VERBAL   | EXPLICACIÓN   |
|-----------------|---|---|
| 9               | Absolutamente o muchísimo más importante que ...  | Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.             |
| 7               | Mucho más importante o preferido que ...  | Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo. |
| 5               | Más importante o preferido que...   | Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.                           |
| 3               | Ligeramente más importante o preferido que ...  | Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.                        |
| 1               | Igual o diferente a ...   | Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.   |
| 1/3             | Ligeramente menos importante o preferido que ...  | Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.            |
| 1/5             | Menos importante o preferido que ...  | Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.                        |
| 1/7             | Mucho menos importante o preferido que ...  | Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.                  |
| 1/9             | Absolutamente o muchísimo   | Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.             |
| 2, 4, 6, 8      | Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores. |   |

*Nota.* Permite generar prioridades basándose en comparaciones por pares mediante una escala de preferencia que va de 1/9 a 9. Adaptado de Saaty (1980).

a) El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna). La diagonal de la matriz siempre será la unidad, por ser una comparación entre parámetros de igual magnitud.

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \mathbf{1} & \mathbf{a}_{12} & \dots & \mathbf{a}_{1n} \\ \mathbf{a}_{21} & \mathbf{1} & \dots & \mathbf{a}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mathbf{a}_{n1} & \mathbf{a}_{n2} & \dots & \mathbf{1} \end{pmatrix} \quad (6)$$

Se suma verticalmente los elementos de cada columna. Así se obtienen los valores:

$$v_1, v_2, \dots, v_n = \sum_{i=1}^n a_i \quad (7)$$

Se construye la matriz de comparaciones normalizada, el cual se obtiene de dividir cada elemento de matriz entre la suma obtenida, para conseguir:

$$\mathbf{A}_{NORMALIZADA} = \begin{pmatrix} \mathbf{1}/v_1 & \mathbf{a}_{12}/v_2 & \dots & \mathbf{a}_{1n}/v_n \\ \mathbf{a}_{21}/v_1 & \mathbf{1}/v_2 & \dots & \mathbf{a}_{2n}/v_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mathbf{a}_{n1}/v_1 & \mathbf{a}_{n2}/v_2 & \dots & \mathbf{1}/v_n \end{pmatrix} \quad (8)$$

b) El siguiente paso consiste en obtener el vector prioridad, el cual mostrará los pesos ponderados de cada criterio a partir de la matriz normalizada:

Para ello, se calcula el vector columna:

$$\mathbf{p} = \begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{2j} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{nj} \end{pmatrix} \quad (9)$$

Y se obtiene el vector de prioridades de los criterios:

$$\mathbf{p} = \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ p_{c1n} \end{pmatrix} \quad (10)$$

Se debe indicar que la suma de los elementos del vector prioridad debe ser igual a 1.

$$\sum_{i=1}^n p_{ci} = p_{c11} + p_{c12} + \dots + p_{c1n} = 1 \quad (11)$$

#### 2.6.4.2. *Cálculo de la Relación de Consistencia (RC)*

Se pasa a la verificación de la posible existencia de consistencia entre los juicios expresados.

- i) Multiplicar cada valor de la primera columna de la matriz de comparación pareada por la prioridad relativa del primer elemento que se considera y así sucesivamente. Se deben sumar los valores sobre las

filas para obtener un vector de valores, denominado Vector Suma Ponderada (VSP).

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \dots \\ \dots \\ p_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} \\ VSP_{12} \\ \dots \\ \dots \\ VSP_{1n} \end{pmatrix} \quad (12)$$

ii) Dividir los elementos del vector de suma ponderada entre el correspondiente valor de prioridad para cada uno de los criterios:

$$\begin{aligned} VSP_{11} / p_{c11} &= \lambda_1 \\ VSP_{12} / p_{c12} &= \lambda_2 \\ &\dots \\ &\dots \\ &\dots \\ VSP_{1n} / p_{c1n} &= \lambda_n \end{aligned} \quad (13)$$

iii) Posteriormente, se determina la lambda máxima  $\lambda_{max}$

$$\lambda_{max} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n \quad (14)$$

Esto permite hallar el índice de consistencia

iv) Calcular el índice de consistencia (IC):

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (15)$$

Esto permite hallar la relación de consistencia de la matriz para verificar si las decisiones fueron adecuadas.

v) Determinar la relación de consistencia (RC)

$$RC = IC / IA \quad (16)$$

Donde:

**IA**= es el índice aleatorio de una matriz de comparaciones pareadas, generada, como su nombre sugiere, de forma aleatoria.

Los valores del índice aleatorio para los diferentes “n”, obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices (Aguarón y Moreno-Jiménez, 2003), son:

| n  | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| IA | 0.525 | 0.882 | 1.115 | 1.252 | 1.341 | 1.404 | 1.452 | 1.484 | 1.513 | 1.535 | 1.555 | 1.570 | 1.583 | 1.595 |

*Nota.* Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0,04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0,08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0,10.

## 2.7. MARCO NORMATIVO

Entre las principales normas legales vinculadas al tema de análisis de riesgos, se enmarca lo siguiente:

- Decreto Supremo N° 115–2022–PCM, de fecha 13 de setiembre de 2022, que aprueba el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – PLANAGER 2022 – 2030.

- Decreto Supremo N° 038–2021–PCM, fecha 01 de marzo del 2021, que aprueba la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres al 2050.
- Resolución Jefatural N° 112 – 2014 – CENEPRED/J, que aprueba el *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales*, 2da Versión.
- Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
- Ley N° 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD, del 25 de mayo del 2011, se constituye como un sistema interinstitucional, sinérgico, descentralizado, transversal y participativo, con la finalidad de identificar y reducir los riesgos asociados a peligros o minimizar sus efectos, así como evitar la generación de nuevos riesgos.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Se realizó una investigación mixta (cualitativa y cuantitativa). Se recopiló y analizó la información a través de diversas fuentes, se utilizó diferentes métodos para recopilar datos en campo y se empleó una metodología multicriterio con el propósito de ponderar y organizar la información respecto al problema en investigación.

#### **3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

La presente tesis es una investigación de evaluación. Se desarrolló en cinco etapas de trabajo y estuvieron condicionadas por la similitud de las técnicas y tipos de instrumentos, es así que los datos recopilados permitieron comprobar la hipótesis y las interrogantes planteadas desde un inicio.

#### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

- Población: Red Vial N° 6 de la Panamericana Sur, en la “Variante Bajada de Jahuay”, distrito de San Vicente de Cañete.
- Muestra: Desde el km 171+330 al km 172+130, de acuerdo a las observaciones de campo, se eligió este sector, porque es la zona más

crítica que requiere ser estudiada. Se amplió el área de estudio unos metros más de la zona crítica para evidenciar algunos rasgos importantes que inciden en el estudio, es así que el estudio abarca desde el progresivo Km 169+775 al km 174+150.

### 3.4. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En la tabla 1, se muestra las técnicas e instrumentos que se utilizaron en la presente investigación.

**Tabla 1**

*Técnicas e instrumentos para la recolección de datos*

| <b>Técnicas</b>          | <b>Instrumentos</b>   |
|--------------------------|---|
| Revisión documental      | Ficha de recolección de datos                               |
| Observación              | Guía de observación, cuaderno de campo                      |
| Análisis de contenido    | Cuadro de registros   |
| Fuentes Abiertas         | Ficha de recolección de datos                               |
| Metodologías de Análisis | Matrices de análisis, cuadros de registros, mapas temáticos |

### 3.5. PROCESAMIENTO, RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

La presente tesis se desarrolló en cinco etapas, las cuales se describen a continuación:

### ***3.5.1 Etapa 1 recolección y revisión de la información***

En esta etapa, se realizó una recopilación de datos preexistente de la zona en estudio, como la revisión bibliográfica de todo aquel referente a la temática de estudio (informes, artículos, revistas, tesis y libros, así como información de trabajos en el área de interés), recopilación cartográfica, imágenes satelitales e imágenes ráster.

### ***3.5.2 Etapa 2 evaluación y análisis de datos***

En esta etapa, se realizó la evaluación y filtración de los datos recopilados, se estableció programas de trabajos para campo para complementar y/o corroborar la información existente.

### ***3.5.3 Etapa 3 recolección, procesamiento y análisis de datos de campo***

En esta etapa, se verificó en campo todo lo observado en la etapa 1 y 2, se realizó el levantamiento litológico de superficie, se realizó el mapeo de los procesos geomorfológicos y se describieron las evidencias estructurales sobre un plano topográfico, se fotografiaron los accidentes geológicos observados, además de consignar su ubicación geográfica, con la ayuda de equipos y herramientas geofísicas, se adquirieron datos de campo de forma indirecta desarrollando el método MAM; posteriormente, en gabinete, se dio tratamiento a los datos de campo procesando la información mediante softwares, correlacionando los

resultados mediante tablas y normas; finalmente, se interpretó según los objetivos planteados.

#### ***3.5.4 Etapa 4 aplicación del análisis multicriterio de estudio***

En esta etapa, se aplicó el análisis multicriterio y la metodología de Saaty, se tomó como base la caracterización del área en estudio (geología, geomorfología, pendiente, sismo, parámetros del peligro, entre otros), se analizó los datos cualitativos en base a la escala de preferencia de Saaty, y las variables resultantes se analizaron mediante el software ArcGIS, para poder obtener una solución óptima, determinando inicialmente el nivel de peligro, luego el nivel de vulnerabilidad y finalmente el nivel de riesgo que representa la zona en estudio.

#### ***3.5.5 Etapa 5 redacción del informe final***

Finalizado el análisis de estudio, se comenzó con la redacción final de la presente tesis, el cual se divide en siete capítulos más las conclusiones y recomendaciones.

## **CAPÍTULO IV**

### **CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

#### **4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

##### **4.1.1 *Límite***

El área en estudio se encuentra limitada:

- Por el norte: con el AA.HH. Nuevo Ayacucho,
- Por el este: con el AA.HH. Nuevo Ayacucho,
- Por el sur: con la quebrada Topará límite entre Lima e Ica y
- Por el oeste: con el Océano Pacífico.

##### **4.1.2 *Área de Estudio***

El área en estudio corresponde a un sector de la red vial N° 6 de la vía Nacional Panamericana Sur. Políticamente, se ubica en el distrito de San Vicente de Cañete, provincia de Cañete y departamento de Lima. Se amplió el área de estudio de la zona crítica para evidenciar algunos rasgos importantes que inciden en el estudio. En la tabla 2, se presenta las coordenadas de inicio y final del tramo en estudio ampliado y, en la figura 15, se muestra la ubicación geográfica. En el anexo 3, se muestra la ubicación del área de estudio a detalle.

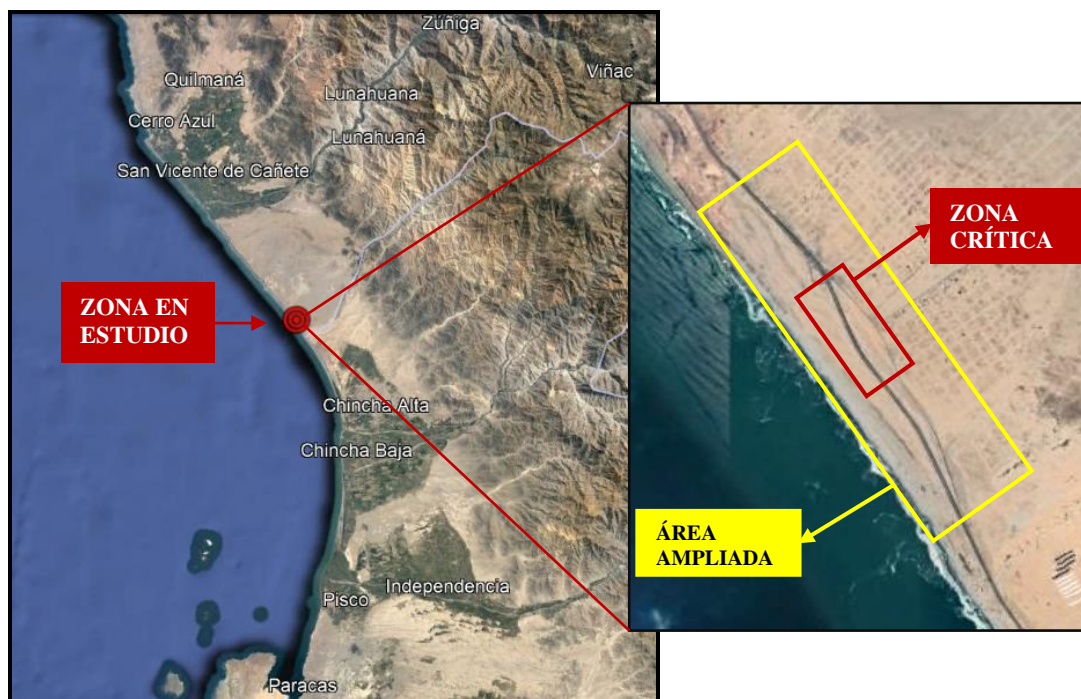
**Tabla 2**

*Georreferenciación del tramo de la vía, área ampliada de estudio*

| <b>Lugar</b>  | <b>Progresiva</b> | <b>Altitud (m.s.n.m)</b> | <b>Este</b> | <b>Norte</b> |
|---|-------------------|--------------------------|-------------|--------------|
| Red vial N° 6 de la Panamericana Sur, en la “Variante Bajada de Jahuay”, distrito de San Vicente de Cañete. | Km 169+775        | 120,00                   | 362725,717  | 8530844,917  |
|   | Km 174+150        | 25,00                    | 365116,172  | 8527225,759  |

**Figura 15**

*Ubicación geográfica, Km 169+775 al Km 174+150 de la vía Pna Sur*



*Nota.* Adaptado de Google earth (2023).

## **4.2. ACCESIBILIDAD**

El acceso a la zona en estudio se realiza siguiendo la carretera nacional desde Lima hacia Chincha, es una carretera completamente asfaltada con un tiempo de viaje de 2,5 horas aproximadamente.

## **4.3. CONDICIONES CLIMÁTICAS**

El clima en la zona de estudio se caracteriza por no presentar variaciones notables en los registros de precipitación y temperatura, a no ser que se trate de años extraordinarios, como en casos de presencia del fenómeno El Niño u otras anomalías.

### ***4.3.1 Precipitación***

El área en estudio se encuentra en la costa central del país, la precipitación resulta sumamente escasa, debido a que se trata de un desierto sumamente árido. La precipitación no muestra variabilidad notable, presenta precipitaciones que varían entre 10 mm a 20 mm anuales. Las precipitaciones son del tipo llovizna, garúa o lluvia horizontal, que son nieblas densas sobresaturadas, típicas de la costa central, presentes en la época de invierno (junio a agosto).

Los registros promedios de precipitación medio anual es de 15 mm.

### **4.3.2 Temperatura**

La zona en estudio presenta una temperatura promedio entre 19 °C y 20 °C, esta zona es árida, soleada y cálida durante el verano, de diciembre a marzo y templada a sensiblemente fría y nublada durante los meses de invierno. La temperatura media máxima se presenta en los meses de verano en un rango de 24 °C a 27 °C y la temperatura mínima se presenta en los meses de invierno entre 14 °C a 15 °C.

Los registros promedios de temperatura son:

- Temperatura máxima: 27 °C
- Temperatura mínima: 14 °C

### **4.3.3 Humedad Relativa**

La humedad relativa más baja se presenta durante los meses de verano (77 % a 84 %), mientras que los valores más altos se registran entre los meses de julio y septiembre (85 %).

Los registros promedios de humedad relativa son:

- Humedad relativa mínima: 77 %
- Humedad relativa máxima: 85 %

#### **4.4. ASPECTOS GEOLÓGICOS**

Para la realización de la geología regional, se ha tomado como base bibliográfica principalmente el Boletín N°44 de la Serie A: Carta Geológica Nacional del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú.

##### ***4.4.1 Geología Regional***

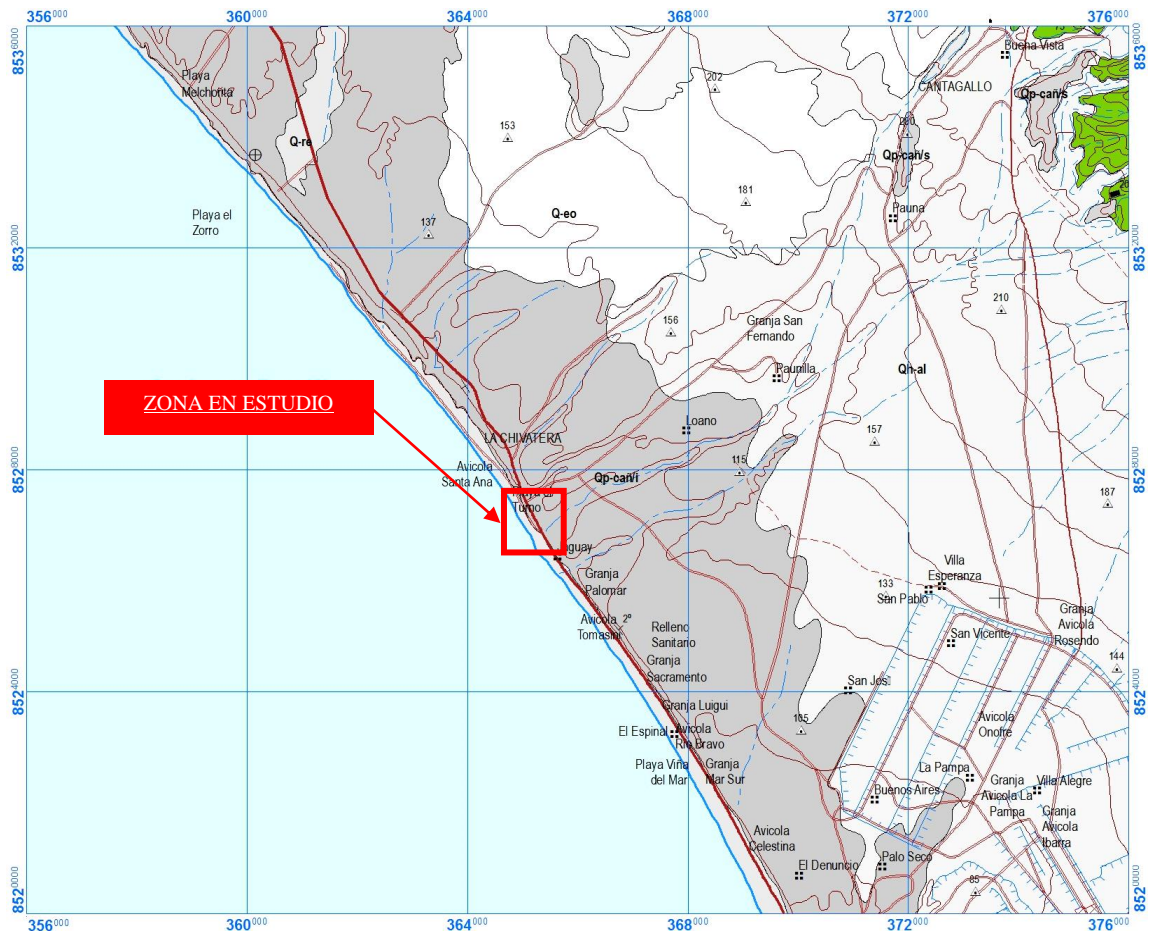
La historia de la evolución geológica, donde queda el área en estudio, está vinculada a diferentes episodios que se produjeron durante el emplazamiento de la Cordillera de los Andes. Rocas sedimentarias pertenecientes a las formaciones Quilmaná y Cañete se emplazaron durante el mesozoico; posteriormente, las cuales fueron instruidas por rocas ígneas del batolito de la costa.

La primera fase tectónica se emplazan los cuerpos más básicos y occidentales del batolito, habiéndose tenido como manifestaciones precursoras la ascensión de magmas de similar composición, que llegan hasta cerca de la superficie como cuerpos sub volcánicos intrusivos. A fines del Terciario y comienzos de Cuaternario, se inicia un proceso erosivo intenso el mismo que se prolonga hasta la actualidad, profundizando valles, denudando y acarreado materiales hacia las llanuras costeras formando abanicos aluviales. Durante el Cuaternario antiguo, parece que las lluvias fueron intensas que ocasionó un acarreo fuerte con el consiguiente relleno de los conos aluviales en las quebradas laterales, asimismo la acción erosiva marina produjo geoformas del tipo terrazas,

paralelas al litoral, estas posteriormente fueron cubiertas por mantos de arena eólica (ver figura 16).

**Figura 16**

*Geología regional*



(a)

| ERATEMA   | SISTEMA   | SERIE    | EDAD (Ma) | UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS   |  |
|-----------|---|----------|-----------|--|--|
| CENOZOICO | CUATERNARIO   | HOLOCENO | 0.01      | Depósito marino <b>Q-ma</b> Arenas y gravas bien clasificados  |  |
|           |   |          |           | Depósito edico <b>Q-eo</b> Arenas cuarzosas bien clasificadas de grano medio a fino con contenido de ferromagnesianos            |  |
|           |   |          |           | Depósito residual <b>Q-re</b> Depósito clástico residual, inconsolidado constituyendo amplias pampas                             |  |
|           |   |          |           | Depósito aluvial <b>Qh-al</b> Gravas gruesas, arenas y limos, cercano a depósitos de ríos formando terrazas                      |  |
|           |   |          |           | Formación Cañete   | Miembro Superior <b>Qp-cañ/s</b> Conglomerados mal clasificados en una matriz areno-limosa |
|           | Miembro medio <b>Qp-cañ/i</b> Arenas en capas medianas a delgadas, intercalado con niveles de conglomerados |          |           |  |  |
|           | PALEÓGENO   | NEÓGENO  | PLIOCENO  | 2.58   |  |
|           |   |          | MIOCENO   | 5.33   |  |
|           |   |          | OLIGOCENO | 23.03  |  |
|           |   |          | EOCENO    | 33.9   |  |
| PALEOCENO |   |          | 56.0      |  |  |
|           |   |          | 66.0      | Discordancia angular   |  |
| MESOZOICO | CRETÁCICO   | SUPERIOR | 100.5     | Formación Quilmana <b>Kis-qui</b> Limoarcillitas gris oscuras con niveles volcánicos y andesitas grises, afaníticas y porfíricas |  |

(b)

*Nota.* (a) Geología Regional, (b) Unidades Litoestratigráficas Regional. Tomado del Mapa Geológico del Cuadrángulo de Chincha Hoja 27k, INGEMMET (2003).

Dentro de las unidades estratigráficas, comprende desde la Formación Quilmaná hasta depósitos inconsolidados que en edad van desde el cretáceo inferior hasta el cuaternario reciente. A continuación, una descripción desde la unidad más antigua a la más reciente. La descripción se basa en el Boletín Geológico N° 44 de la Serie A: Carta Geológica Nacional del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú.

#### **4.4.1.1. Formación Quilmaná (Kis-q)**

Se denomina a una gruesa secuencia volcánico-sedimentaria en la base, con predominio de rocas volcánicas hacia la parte superior, que yacen en aparente concordancia sobre el Grupo Imperial. Esta secuencia aflora en las estribaciones andinas próximas a las pampas costaneras, entre Quilmaná y Chíncha y entre Chilca y Mala respectivamente. Asimismo, se reconoce en la zona baja del Flanco Occidental Andino como remanentes de la intrusión del batolito en: valle de Omas (La Yesera-San Andrés), Pócoto, en la quebrada Huatiana y al Sureste de la hacienda San Juan en el Valle de Chíncha.

#### **4.4.1.2. Formación Cañete (Qp-c)**

Conjunto de conglomerados semiconsolidados con clastos redondeados y subredondeados de litología variada, en matriz areno-limosa. Estos conglomerados yacen en discordancia angular sobre la formación paracas y rocas más antiguas, la litología va cambiando hacia el sur. Al norte de Jahuay, en los acantilados del borde del litoral, se observa una alternancia de conglomerados y sedimentos arenosos y limosos; por el sur, en los acantilados del área de Jahuay y Quebrada Topará, la secuencia está constituida, en su base, por arena fina a gruesa, con algunos lechos de gujarros; también intercalan lentes arcillo limosos alternando con arena fina a gruesa en capas continuas y lenticulares y algunas con estratificación cruzada; por esta zona, su grosor se estima entre 90 y 100 m.

#### **4.4.1.3. Depósitos aluviales (Qr-al)**

Estos depósitos están ampliamente distribuidos en las pampas costaneras, estas acumulaciones aluviales desérticas provienen principalmente acarreadas por ríos que traen material de la cordillera. El material aluvial mal clasificado consiste de gravas, arenas y limos arcillosos: las gravas y cantos tienen formas subredondeadas a redondeadas y composición variada.

#### **4.4.1.4. Depósitos eólicos (Qr-e)**

Estos depósitos se presentan en las pampas costaneras y laderas de los cerros situados en la parte baja del frente occidental andino, están conformados por arenas finas mezcladas con limos y arcillas. En las pampas y cerros bajos próximos a la costa, los depósitos eólicos forman en algunos casos una cubierta de grosor variable, se reconoce también depósitos eólicos estabilizados por acción de la humedad y la vegetación.

#### **4.4.1.5. Depósitos marinos (Qr-m)**

En el borde litoral del área en estudio, existen numerosas playas en las que se observa pequeñas terrazas escalonadas. Estas terrazas están cubiertas tierra adentro, por depósitos aluviales o están relacionadas a escarpas litorales emergidas; algunas están destruidos por acción antrópica.

#### **4.4.2 Geomorfología regional**

El área en estudio ocupa la llanura de la costa o llanura pre andina, presenta planicies, lomadas y quebradas, estas últimas secas durante la época de estiaje, con rumbos de este – oeste, perpendiculares al litoral.

Las unidades geomorfológicas que destacan de oeste a este son tres: playas y acantilados, pampas costaneras y estribaciones del frente andino (ver figura 17).

##### **4.4.2.1 Playas y Acantilados**

Esta unidad corresponde a la línea de costa orientada en sentido de NO-SE; comprende esencialmente las playas y acantilados que en conjunto dan un perfil de contornos irregulares.

Las playas varían en ancho y longitud desde pocos metros hasta cientos de metros. Los acantilados están formados por los contrafuertes andinos y las terrazas aluviales que llegan en algunos casos, hasta la línea de costa; esto da lugar a un perfil costanero irregular con acantilados de 20 a 60 m de altura, caracterizados por presentar pequeñas ensenadas, puntas, cavernas, túneles naturales y otras formas intermedias.

#### **4.4.2.2. *Pampa Costanera***

Esta unidad se desarrolla a lo largo de una faja paralela a la costa, limitada al oeste por la ribera litoral y al este por cadenas de cerros bajos que corresponden a los primeros contrafuertes andinos con altitud hasta de 200 m. aproximadamente.

Las pampas costaneras se caracterizan por presentar una superficie relativamente plana y amplia que se extiende a lo largo del frente oceánico, localmente con algunas colinas y cerros bajos, presentan una anchura aproximada de 10 km. en las pampas costaneras y algunas laderas de los cerros bajos de los contrafuertes andinos, destacan depósitos eólicos distribuidos localmente en forma de dunas, barjanes y mantos de arena.

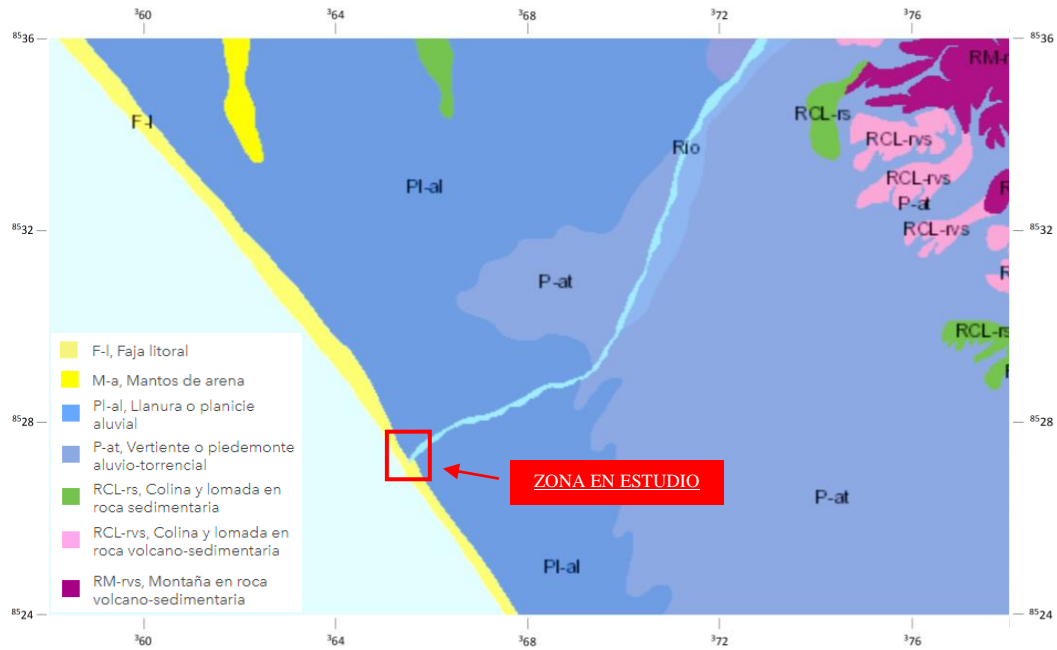
#### **4.4.2.3. *Estribaciones del Frente Andino***

Esta unidad corresponde a cadenas de cerros bajos que se levantan al Este de las pampas costaneras hasta alcanzar una cota que promedia 500 m.s.n.m.

Se caracteriza por cadenas de cerros suaves que destacan sobre las pampas costaneras y se extienden a ambos lados de los valles y quebradas principales, aumentan progresivamente de altitud y relieve en dirección Este. La línea cumbre que contrasta con las pampas costaneras se encuentra alejada 12 Km. del litoral.

**Figura 17**

*Geomorfología regional*



*Nota.* Adaptado de GEOCATMIN, INGEMMET (2021).

**4.4.3 Geología Local**

Dentro de la caracterización geológica del área de estudio se han identificado depósitos aluviales, depósitos marinos, depósitos eólicos y Tectógenos. En el anexo 4, se muestra el mapa de las unidades geológicas identificados en el área de estudio.

#### **4.4.3.1. Formación Cañete (Qp-c)**

Esta formación subyace a los depósitos aluviales, se presenta en un corte de talud como roca arcillosa tipo lodolita, muy fracturada, de tonos rojizo y verduzco, tiene poca presencia de sales, en el lado norte está en contacto con un material aluvial conformado de areniscas y conglomerado, sobre estos materiales están las arenas gruesas que cubren la mayor parte de la zona en estudio, ver figura 18.

#### **Figura 18**

*Depósito Lodolita de la Formación Cañete, corte de talud por debajo del nivel de vía*



*Nota.* Estos cortes evidencian que a lo largo de la terraza o pampa costanera sobre los que se emplaza la autopista panamericana sur y la población Nuevo Ayacucho, no son homogéneos, van variando hacia el sur a materiales arenas limosas y limos arcillosos.

#### **4.4.3.2. Depósitos Areno-Limosos (Qr-Ar/Lim)**

Por debajo de la secuencia estratigráfica anterior, se encuentran materiales tipo areniscas de grano fino los que se evidencian en los cortes de talud y en las excavaciones realizadas para la cimentación del puente para el intercambio vial (ver figura 19).

#### **Figura 19**

*Depósitos areno limosos, platea cimentación del intercambio vial*



*Nota.* La platea para Intercambio Vial se cimenta sobre arenas limosas de compactación media a compacta, el espesor de este material sobrepasa los 10 m.

#### **4.4.3.3. Depósitos Aluviales (Qr-al)**

Son acumulaciones clásticas que se encuentran constituidas por gravas, arenas, limo arcilloso y cantos, entremezclados en proporciones diferentes debido a que han sido depositados bajo condiciones muy variadas en cuanto a volumen y velocidad de flujo. Es la mayor unidad litológica presente en el área de estudio, conforma la extensa planicie aluvial presente en la zona, sobre la cual se asienta el AA.HH. Nuevo Ayacucho y se emplaza la Autopista Panamericana Sur. A lo largo del tramo en estudio, se ha identificado diferentes afloramientos de estos depósitos aluviales (ver figura 20, figura 21, figura 22, y figura 23).

#### **Figura 20**

*Depósitos aluviales, lomada que ha sufrido un corte para el trazo de la vía*



*Nota.* Cantos rodados cimentados en una matriz arenosa, presencia de carbonatos y sales.

**Figura 21**

*Depósitos aluviales, afloramiento en la zona de terraza alta*



*Nota.* Se observa conglomerados, cantos rodados, presenta horizontes de arenas y materiales más finos, sometido a la erosión de la brisa marina.

**Figura 22**

*Depósitos aluviales, zona de terraza media, por debajo del nivel de la vía*



*Nota.* Materiales aluviales expuesto a la erosión marina.

### **Figura 23**

*Depósitos aluviales, corte de talud por debajo del nivel de la vía*



*Nota.* Afloramiento de areniscas y conglomerado, con matriz limo arenosa bien compacta, presenta grietas cuasi verticales a lo largo del afloramiento, su tonalidad varía desde un beige claro a un marrón rojizo oscuro.

#### **4.4.3.4. Depósitos Eólicos (Qr-e)**

Los depósitos eólicos cubren parcialmente los depósitos aluviales, ver Figura 24. Consiste en sedimentos finos transportados por el viento, constituyendo arenas no consolidadas y bien seleccionadas, de granulometría media a fina.

## **Figura 24**

*Depósitos eólicos, ladera en margen de sur a norte de la vía*



*Nota.* Depósitos eólicos, que cubren parcialmente a horizontes de limolitas cuarteadas.

### **4.4.3.5. Depósitos Marinos (Qr-m)**

Estos ocupan una extensión muy limitada, se localizan en la faja litoral del área de estudio, conformado por materiales de arena suelta y restos de conchuelas, ver figura 25.

## **Figura 25**

### *Depósitos marinos, faja litoral*



*Nota.* Se emplaza en toda la zona de playa.

#### **4.4.3.6. Depósitos Tectógenos (Qr-tec)**

Estos materiales se ubican en los laterales de la autopista Panamericana Sur producto de la construcción de la carretera, están conformados de arenas limosas con gravas pobremente gradadas, ligeramente húmeda, compacidad media, presenta bolonería de tamaño medio de 7" en un 30 %, levemente contaminado. Ha sido identificado en la berma principal de la vía cerca de la grieta 1 (ver figura 26).

## **Figura 26**

*Depósito tectógenos, cimiento de la vía*



*Nota.* Materiales con mayor espesor en zonas de rellenos en especial a partir del Km 171 en adelante, zona de terraza media.

### **4.4.4 Geomorfología Local**

Las geoformas que se encuentran en el área de estudio están relacionadas a procesos de deposición de materiales acarreados por aguas de ríos antiguos, asimismo por transporte y acumulación eólica. También por procesos erosivos, principalmente por el mar y por erosión fluvial antigua.

Actualmente, por la construcción de la autopista, se ha realizado varios

trabajos antrópicos, como explanaciones, cortes y rellenos, entre otros. A continuación, se describen las diferentes unidades geomorfológicas locales existentes en la zona. En el anexo 5, se muestra el plano de los rasgos geomorfológicos identificados en el área de estudio.

#### **4.4.4.1. Terrazas aluviales (Ta)**

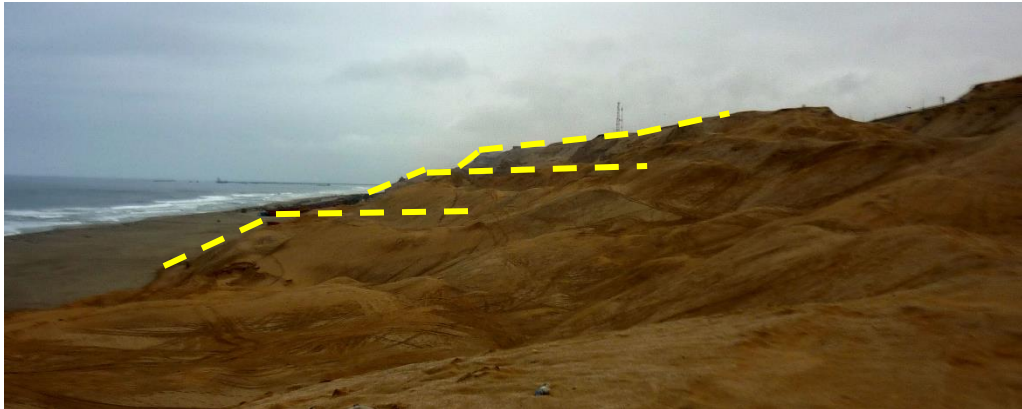
Consiste en una plataforma que ha sido expuesta como resultado de la combinación de dos fenómenos: variaciones del nivel del mar y cambios tectónicos de alzamiento y subsidencia a lo largo de la costa. Estas geoformas están constituidas por depósitos aluviales de edad del cuaternario, son visibles a lo largo del litoral y paralela a la línea de playa. Se observan como colinas alargadas o como promontorios moldeados por erosión de antiguos cursos de agua.

Están constituidos por horizontes de materiales finos o cantos rodados con baja compactación, en ciertos casos presenta horizontes con materiales arenos limosos disgregados. Están cubiertas por arenas eólicas (ver figura 27 y figura 28).

Es en estas terrazas aluviales donde se han producido los agrietamientos de la autopista. Dentro de sus subunidades, se encuentran lomadas (Lmd), promontorio (Pmt), escarpa, mantos de arena (M-a) y laderas (Ld).

**Figura 27**

*Terrazas aluviales a diferentes niveles*



*Nota.* Evidencia de cambios tectónicos de alzamiento, distintas plataformas a diferentes niveles, cubiertas de mantos de arena.

**Figura 28**

*Terraza media aluvial, trazo de la vía panamericana sur*



*Nota.* Un sector del trazo de la vía Panamericana Sur se encuentra en media terraza, cuyo desnivel está en promedio 85 msnm, es en esta zona donde se evidencia grietas y asentamientos en la plataforma de la vía.

#### **4.4.4.2. Promontorio (Pmt)**

Están constituidos por materiales aluviales, se caracterizan por estar descubiertos y son degradados producto de la erosión marina (ver figura 29), tienen una altura variable aproximadamente de 15 a 20 m. Estas geoformas se pueden observar en zonas de media terraza.

#### **Figura 29**

*Promontorio, material aluvial descubierto*



*Nota.* Se encuentra en media terraza, por debajo del nivel de la vía.

#### **4.4.4.3. Escarpa**

Se muestran como un desnivel en las zonas de terraza (ver figura 30 y figura 31), generados producto de la subsidencia, degradación y erosión de los materiales aluviales inconsolidados, están cubiertas de mantos de arena, y se ubican de forma paralela a la vía y línea de playa, alcanzan una longitud de

escarpa alrededor de más de 4 km a lo largo del área de estudio,

**Figura 30**

*Escarpa principal*



*Nota.* Cubierto por mantos de arena, se encuentra a lo largo del área de estudio más de 4 km.

### **Figura 31**

#### *Escarpa en zonas de terraza media*



*Nota.* Tipo escarpa, cubierto por mantos de arena. topográficamente debajo del nivel de la autopista, y de forma paralela a la vía.

#### **4.4.4.4. Laderas (Ld)**

Estas geoformas están constituidas por depósitos aluviales inconsolidados (arenas limosas con gravas y limos arenosos) cubiertas por mantos de arena, son visibles a lo largo del litoral y paralela a la línea de playa. Presentan un rango de inclinación entre 20 a 35° (ver figura 32).

## Figura 32

### *Ladera fuertemente empinada*



*Nota.* Laderas con pendiente entre 20 a 35°, se observan en la margen derecha de la vía, en el sentido de sur a norte.

#### **4.4.4.5. Lomas (Lmd)**

Están constituidos al igual que las terrazas aluviales por materiales inconsolidados de origen aluvial, se caracterizan por tener una figura basal alargada y que han sido cubiertas por arenas eólicas y en algunos sectores están expuestos a la remoción por los agentes erosivos y movimientos sísmicos. Se encuentran cerca del límite de las playas, como promontorios de relieve suave y poca altura (ver figura 33).

### **Figura 33**

*Lomadas en terraza media, por debajo del nivel de la vía*



*Nota.* Lomadas cuasi paralelas al eje de la vía y a la línea de playa, ubicadas a lo largo de la zona de estudio.

#### **4.4.4.6. Planicie aluvial (Pl-a)**

También denominadas pampas costaneras o planicie costanera, son geoformas de relieves planos, que van aumentando su pendiente cerca de las estribaciones de la cordillera. Están conformados por materiales de origen aluvial-fluvial, cubiertas por arena eólica que pueden formar médanos; se observan en ellas quebradas y cursos pequeños de agua, generalmente secos. En esta llanura, se encuentran las terrazas aluviales, lomadas y cerros bajos tipo colina (ver figura 34). Dentro de sus subunidades, se encuentran los cauces secos (C\_se), lomadas (Lmd) y mantos de arena (M-a).

### **Figura 34**

*Planicie aluvial, emplazamiento de la población y de la vía*



*Nota.* Planicie llana, donde se emplaza la actual vía Pna. Sur, y la población AA. HH Nuevo Ayacucho.

#### **4.4.4.7. *Cauce seco (C-se)***

Son antiguos caminos de los ríos, han sido formados y moldeados por la acción del agua, tiempo atrás trasportaba sedimentos como arenas, grava y limo, provenientes de las montañas y colinas hacia las zonas más bajas, ha creado geoformas como terrazas.

#### **4.4.4.8. *Manto de arena (M-a)***

Son depósitos de arenas que se presentan en la planicie aluvial, terrazas medias y laderas y forman en algunos casos una cubierta de espesor variable (ver figura 35 y figura 36).

**Figura 35**

*Manto de arenas, zona de planicie*



*Nota.* Presencia de mantos de arena en la zona de planicie.

**Figura 36**

*Manto de arena, zona de media terraza*



*Nota.* Mantos de arena que cubren a las lomadas y medias terrazas que se encuentran topográficamente por debajo del nivel de la vía.

#### **4.4.4.9. Playa (Ply)**

Son de origen marino, conforman el sector más bajo del área de estudio, están conformados por acumulación de arenas marinas (ver figura 37). En el área de estudio, se presentan rectas, extensas y con buen ancho.

#### **Figura 37**

*Extensión de playa en el área de estudio.*



*Nota.* Playa de ancho variable, entre 80 m a 150 m hacia el Sur, depósitos de arenas medias a gruesas.

#### **4.4.4.10. Estructura Antrópica (E-an)**

Dentro de las unidades geomorfológicas, se encuentra la autopista Panamericana Sur, ver figura 38. Como parte de los trabajos que se realizaron para un tramo del trazo de la vía, se destacan cortes, rellenos y desmontes con material estéril.

## Figura 38

*Estructura Antrópica, corte para trazo de vía*



*Nota.* Corte de Lomada para trazo de la carretera Panamericana Sur.

### 4.4.5 Pendiente

Con base a la topografía de terreno y al uso de herramientas computacionales como SIG y CAD, se ha representado los diferentes grados de desnivel del terreno; la altitud máxima donde se encuentra la planicie costanera alcanza un desnivel promedio de 120 a 125 msnm, debido a la construcción de un sector de la Autopista Panamericana Sur en zona de terraza éste desarrolló taludes con pendientes entre 20 a 35°, tal como se puede apreciar en la Figura 39. En el anexo 6, se puede observar con mayor detalle la variación de pendiente en el área de estudio.

### **Figura 39**

*Pendientes entre laderas naturales y cortes de talud*



*Nota.* Se observa una vista panorámica del corte de la carretera para una vía de doble calzada, los trabajos de cortes y rellenos para la construcción de la vía y laderas naturales han generado pendientes entre 20 a 35 °.

#### **4.4.6 Aspecto Estructural**

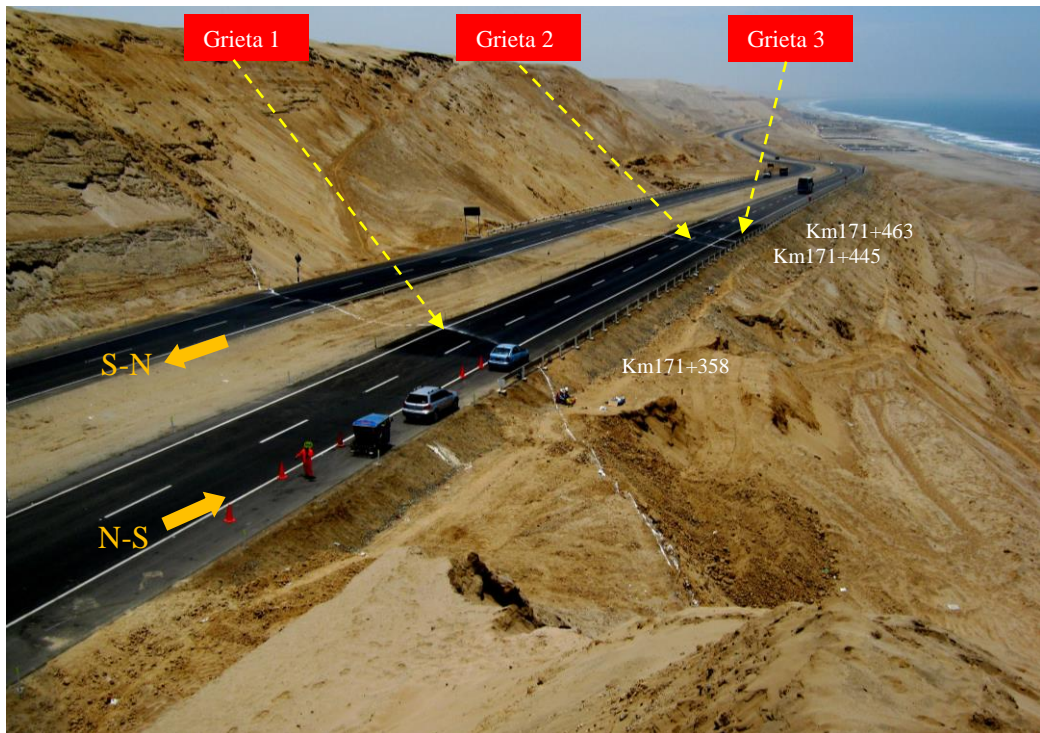
Las consideraciones geo estructurales o tectónicas donde ocurren los agrietamientos, corresponden a pequeñas fallas locales y plegamientos moderados, visible en los estratos que conforman los depósitos aluviales. Todas estas manifestaciones tectónicas son recientes (del Cuaternario).

La acumulación de materiales de procedencia aluvial, que conforman los

materiales de la Formación Cañete, formó estratos bien horizontales, debido a su edad geológica reciente. Posteriormente, en el cuaternario Pleistocénico, ocurrieron levantamientos concomitantes con la epirogénica andina. Como consecuencia de estos levantamientos, los depósitos cuaternarios, han formado terrazas aluviales, como la terraza donde se observan los agrietamientos, ver figura 40 y figura 41.

#### **Figura 40**

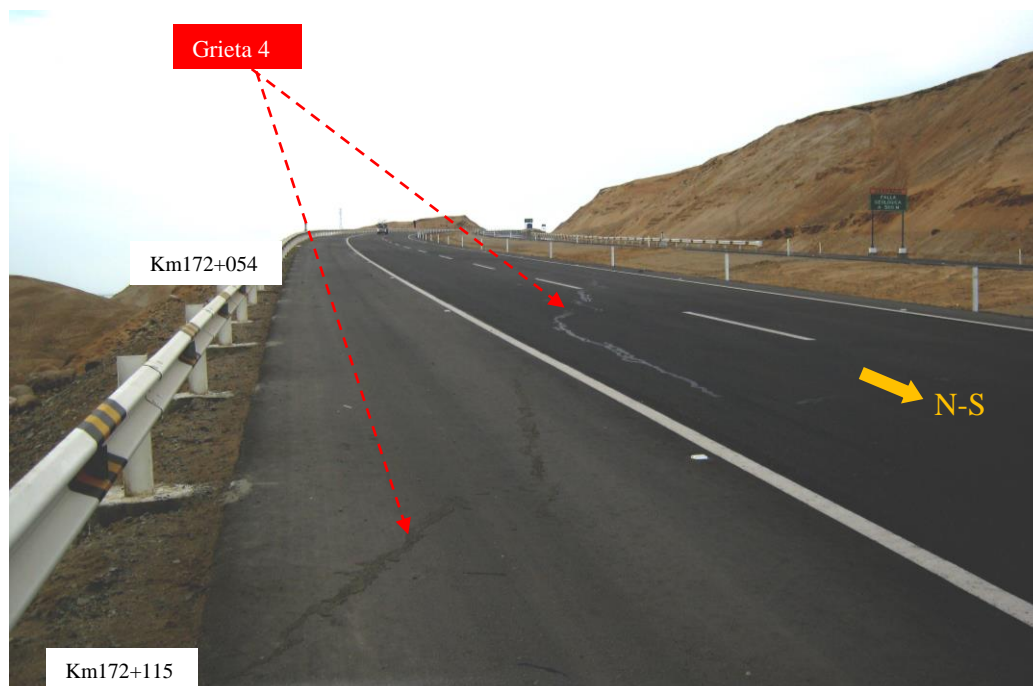
*Vista panorámica de la grieta 1, 2, 3, transversal a la vía Pna. Sur*



*Nota.* La Grieta 1 se ubica en el progresivo km 171+358, la Grieta 2 en el km 171+445 y la Grieta 3 en el km 171+463, dichas progresivas son respecto a la berma central de la vía.

### Figura 41

Vista de la grieta 4 paralela al carril de N-S de la vía Pna. Sur



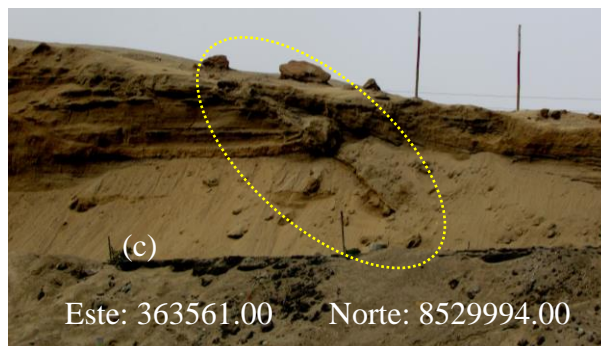
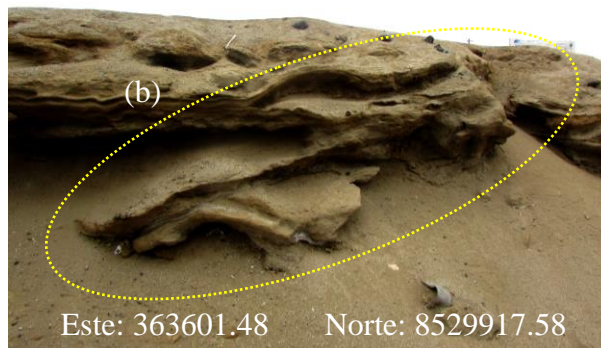
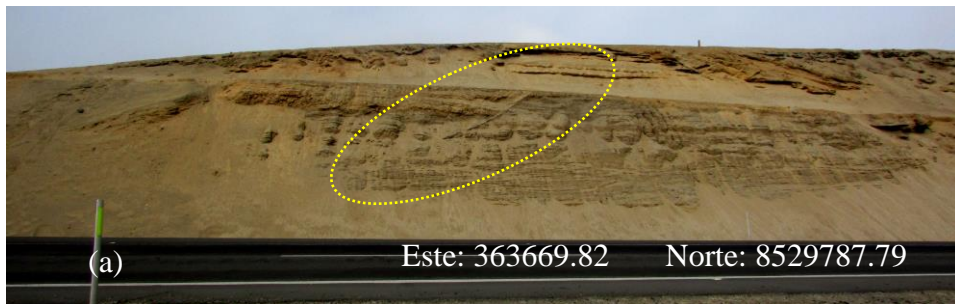
*Nota.* La Grieta 4 se encuentra paralela a la vía sentido N-S, abarca desde el progresivo km 172+054 hasta km 172+115.

El peso de estos materiales de las terrazas, que se presentan con baja compactación, más la actividad sísmica muy frecuente en el área, ha hecho que se produzcan plegamientos moderados de los estratos, asimismo se han originado fallas, estas mayormente pequeñas, visibles en los cortes de la carretera ver Figura 42. Se debe tener en cuenta también el factor de fuerzas dinámicas, que producen vibraciones como: el paso de vehículos de buen tonelaje; este factor crea constantemente vibraciones que afectan directa e indirectamente a la vía. En el

ítem 4,9, se muestra el flujo de la demanda vehicular que presenta el tramo de la vía en estudio.

**Figura 42**

*Observación de fallas pequeñas en los cortes de la carretera*



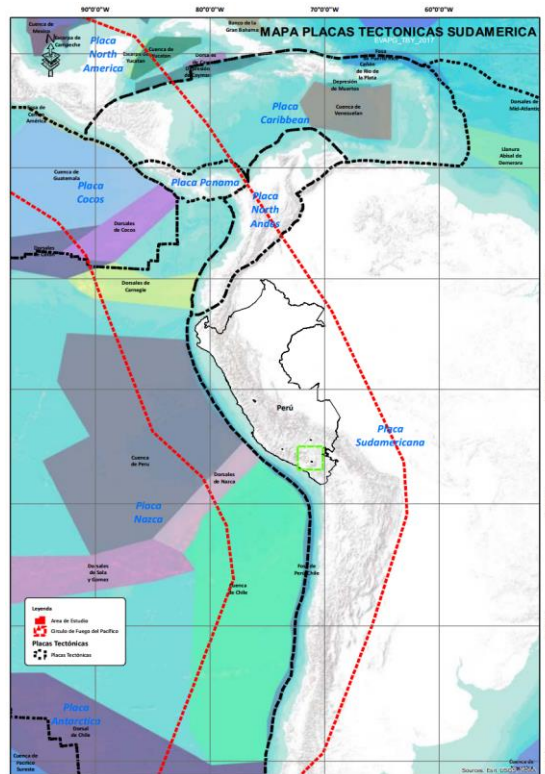
*Nota.* (a) (b) (c) Evidencia de fallas neotectónicas (recientes) en los cortes de la carretera del trazo Panamericana Sur.

#### 4.5. SISMICIDAD

El Perú está ubicado al borde del encuentro de dos placas tectónicas, la placa Sudamericana y la placa de Nazca, las cuales interactúan entre sí, produciéndose un proceso de subducción, que es la causa de la mayor parte de los macrosismos en la parte occidental de nuestro territorio, como parte del denominado "Cinturón de fuego" que rodea al océano Pacífico (ver figura 43).

**Figura 43**

*Placas tectónicas de Sudamérica*



*Nota.* Tomado de United States Geological Survey (USGS, 2014).

El Cinturón de Fuego se trata de una cadena de fallas geológicas donde se hallan los puntos de encuentro de las placas terrestres. Cuando las placas colisionan se producen los terremotos y fisuras, seguidas algunas veces de explosiones volcánicas. Estos movimientos telúricos son de menor magnitud, pero al producirse muy cerca de la superficie, tienen un gran poder destructor (Almandoz, 2009).

#### **4.5.1 Coeficiente Sísmico**

Dentro del territorio peruano, se estableció diversas zonas sísmicas, según el Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, modificada con Decreto Supremo N°043-2019-Vivienda de la Norma técnica E030 “Diseño Sismorresistente” (ver figura 44), la cual menciona que el área en estudio se encuentra en la zona 4, de sismicidad alta; y le corresponde un factor de 0,45 g. Este valor representa la sismicidad de la zona y los niveles de aceleración máxima esperada en el área en estudio. El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE, U.S. Army Corps of Engineers), recomienda el uso de un coeficiente sísmico pseudo-estático igual al 50 % de la aceleración máxima. Por lo tanto, para los análisis sísmicos pseudo-estáticos, se usó el 50 % de 0,45 g, es decir, un coeficiente sísmico de análisis pseudoestático de 0,23 g.

**Figura 44**

*Zonas sísmicas DS N°043-2019, Norma técnica E030*



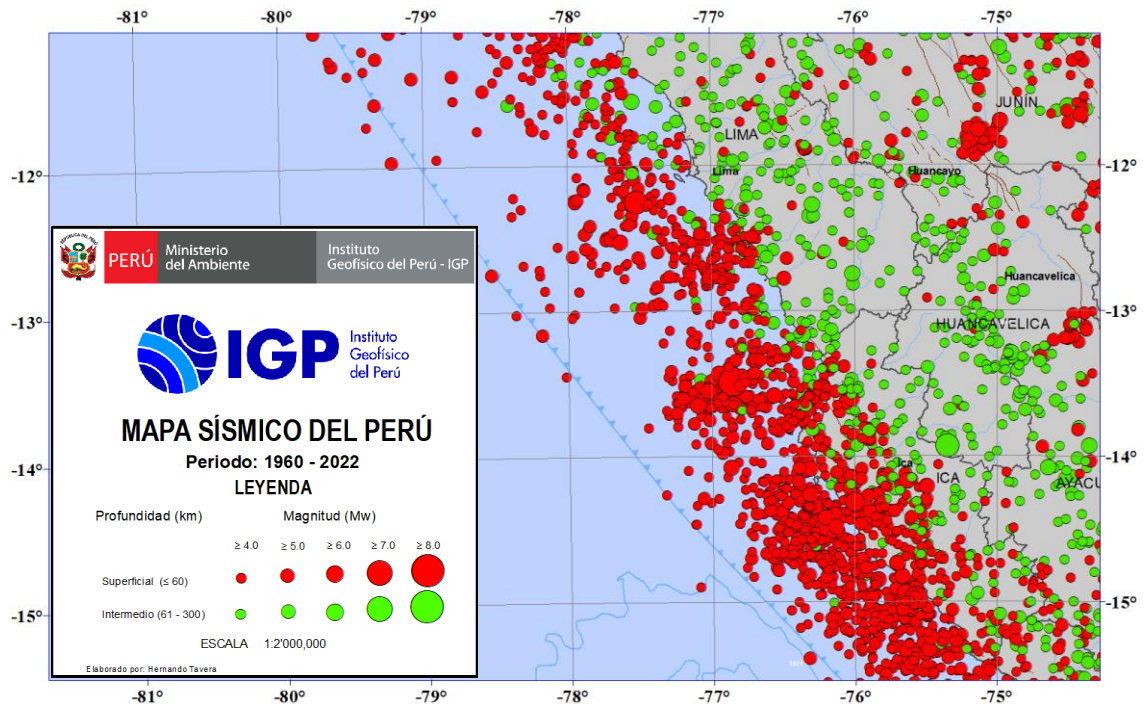
*Nota.* Adaptado del Decreto Supremo 043-2019 (p. 07), NTP 030 (2019).

#### **4.5.2 Sismos históricos**

El Instituto Geofísico del Perú (IGP) ha registrado diferentes magnitudes sísmicos entornos al área de trabajo, desde el año 1961 hasta setiembre del 2023 se ha registrado 2906 eventos sísmicos, tal como se puede apreciar en la Figura 45, cuyas magnitudes varían de 4,0 a 8,0 Mw.

**Figura 45**

*Actividad sísmica entorno al área de estudio, periodo 1960 al 2022*



*Nota.* Adaptado de Instituto Geofísico del Perú (IGP), periodo 1960 al 2022.

En los últimos 50 años, entorno al área en evaluación, ocurrieron 33 sismos con magnitudes mayores e igual a 6,0 Mw, siendo el más destacado el sismo del 15 de agosto del 2007, cuyo origen fue en la zona de convergencia de las placas, el cual fue denominado como “el sismo de Pisco” con epicentro a 60 km al Oeste de la ciudad de Pisco y una magnitud de momento sísmico  $M_w=8,0$  de acuerdo al IGP. En la tabla 3, se muestra los sismos de mayor intensidad que han tenido influencia en el área de estudio en los últimos 50 años.

**Tabla 3***Sismos históricos registrados en los últimos 50 años*

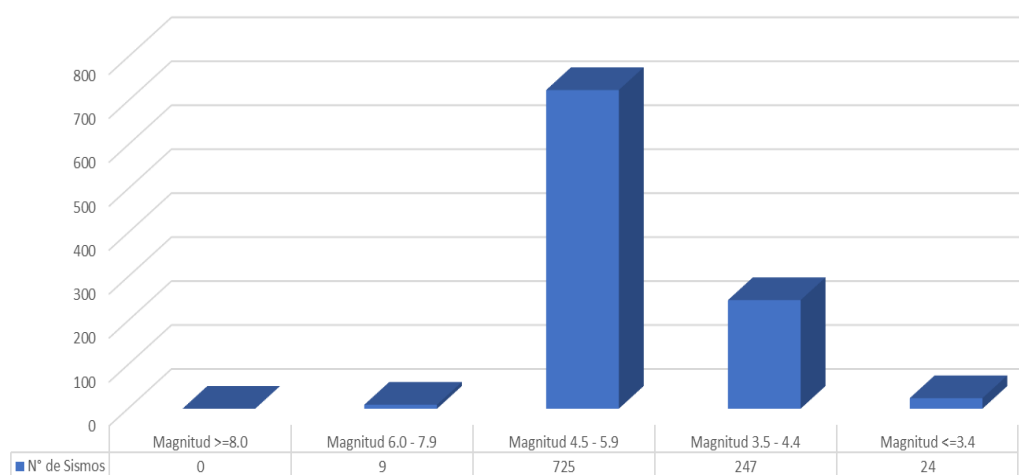
| <b>Fecha UTC</b> | <b>Latitud (°)</b> | <b>Longitud (°)</b> | <b>Profundidad (km)</b> | <b>Magnitud (M)</b> |
|------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| 05/01/1974       | -12,39             | -76,29              | 92                      | 6,6                 |
| 05/01/1976       | -13,37             | -74,91              | 104                     | 6,2                 |
| 28/03/1982       | -12,77             | -75,98              | 88                      | 6,2                 |
| 27/06/1987       | -14,36             | -76,44              | 49                      | 6,1                 |
| 06/05/1988       | -13,46             | -77,25              | 26                      | 6,1                 |
| 16/05/1992       | -13,52             | -76,02              | 25                      | 6,2                 |
| 06/08/1996       | -13,17             | -76,52              | 64                      | 6,0                 |
| 07/08/1996       | -13,47             | -74,87              | 95                      | 6,0                 |
| 07/08/1996       | -12,71             | -77,08              | 55                      | 6,0                 |
| 09/02/1997       | -14,66             | -76,62              | 16                      | 6,2                 |
| 20/10/2006       | -13,65             | -77,10              | 28                      | 6,7                 |
| 26/10/2006       | -13,43             | -76,94              | 45                      | 6,2                 |
| 15/08/2007       | -13,55             | -76,86              | 40                      | 8,0                 |
| 16/08/2007       | -13,34             | -76,66              | 29                      | 6,0                 |
| 16/08/2007       | -14,34             | -76,28              | 30                      | 6,5                 |
| 16/08/2007       | -14,48             | -76,34              | 40                      | 6,2                 |
| 17/08/2007       | -13,59             | -76,81              | 24                      | 6,1                 |
| 18/08/2007       | -14,08             | -76,86              | 30                      | 6,2                 |
| 19/08/2007       | -13,67             | -76,80              | 23                      | 6,1                 |
| 02/02/2009       | -13,67             | -76,88              | 35                      | 6,2                 |
| 22/09/2010       | -13,46             | -76,46              | 61                      | 6,1                 |
| 28/10/2011       | -14,48             | -76,13              | 36                      | 6,9                 |
| 28/10/2011       | -14,69             | -76,50              | 10                      | 6,4                 |
| 30/01/2012       | -14,32             | -76,00              | 49                      | 6,4                 |
| 02/07/2012       | -14,66             | -76,02              | 42                      | 6,0                 |
| 18/02/2014       | -14,54             | -76,14              | 43                      | 6,1                 |
| 15/03/2014       | -14,42             | -76,99              | 30                      | 6,2                 |
| 15/11/2014       | -12,76             | -77,14              | 23                      | 6,0                 |
| 25/01/2019       | -14,73             | -75,70              | 56                      | 6,0                 |
| 23/06/2021       | -12,77             | -77,01              | 45                      | 6,0                 |

*Nota.* Adaptado del Instituto Geofísico del Perú (IGP), periodo 1960 al 2022.

Desde la aparición de las grietas en la carpeta asfáltica, en el año 2011 hasta el 09/2023, se ha registrado un total de 1005 sismos, siendo los sismos de mayor ocurrencia los de magnitud 4,5 a 5,9 Mw, seguidamente de sismos de 3,5 a 4,4 Mw, tal como se aprecia en la figura 46.

**Figura 46**

*Magnitud sísmica vs número de sismos*



*Nota. Periodo 2011 al 2023*

#### **4.5.2.1. Sismo de ICA del 28 de octubre del 2011**

En la zona sur de la región central del Perú, el 28 de octubre del 2011, ocurrió un sismo de magnitud moderada (6,8 Mw) y epicentro ubicado a 63 km SO de la ciudad de Ica y Pisco (Departamento de Ica). El sismo ocurrió a una

profundidad de 35 km (foco superficial) y, en general, presentó un área de percepción con radio del orden de 425 km ( $I_{max}=II$ ), siendo mayor su intensidad en las ciudades de Ica y Pisco.

Debido a las constantes reparaciones de la carpeta asfáltica, la magnitud del problema de agrietamiento no era observada completamente, debido a que las grietas estaban cubiertas por asfalto y en otros lugares, fuera de la plataforma de la carretera, por arena eólica. Después de ocurrir el sismo hubo un derrumbe localizado del talud del lado izquierdo con dirección al Sur, así también se observó que las grietas 1 y 2 presentaron mayor abertura, lo cual demuestra que, a mayor o menor magnitud de sismos, el efecto de agrietamiento será el mismo, indicando que el problema de agrietamientos está directamente ligado al movimiento sísmico.

Al encontrarse el área en estudio en una zona de alta sismicidad, es de prever que el problema de agrietamiento en la carpeta asfáltica continuará, esto dependerá de la profundidad de la grieta, de la intensidad y frecuencia sísmica. En la figura 47 y figura 48, se observa los efectos del sismo del 28 de octubre del 2011.

**Figura 47**

*Vista de la grieta 1 y 2, instantes de sismo del 28 de octubre 2011*



*Nota.* La grieta 1 presentó asentamiento de hasta 30 mm, en la grieta 2 se observó una abertura de hasta 50 mm, tomado de A&E GREX (2011).

**Figura 48**

*Deslizamiento local instantes del Sismo del 28 de octubre del 2011*



*Nota.* Deslizamiento en la margen derecha, sentido S-N, tomado de A&E GREX (2011).

## **4.6. EVALUACIÓN DE GRIETAS Y ASENTAMIENTO DIFERENCIAL**

Se caracterizaron las grietas utilizando diferentes técnicas geofísicas como Tomografía eléctrica (TE) y Microtrepidaciones en Arreglos Multicanal (MAM). Así también, para la evaluación del asentamiento diferencial observado principalmente en la grieta 1, se utilizó el método tradicional de medición geométrica, para medir la diferencia de altura de la superficie de la vía.

### ***4.6.1 Evaluación Geofísica***

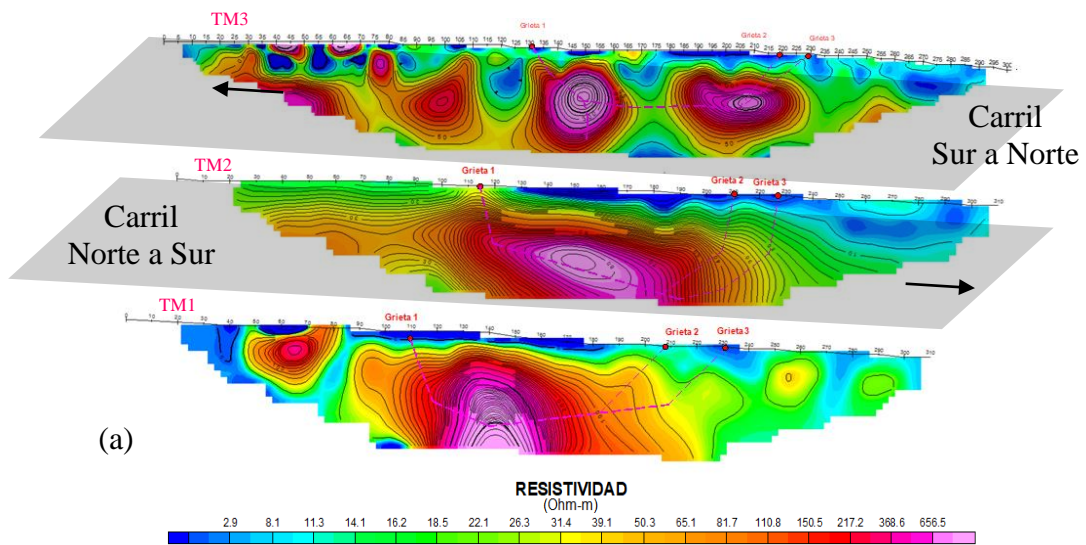
#### ***4.6.1.1. Ensayo de Tomografía Eléctrica***

En octubre del 2011, la empresa A&E GREX realizó la evaluación de la grieta 1 (grieta principal), grieta 2, grieta 3 y grieta 4, desarrollando la técnica geofísica de tomografía eléctrica, con este método se evaluó indirectamente las condiciones del suelo y el desarrollo de las grietas a profundidad. El análisis reveló que las grietas visibles en la superficie del terreno se extienden hasta una profundidad de más de 35 metros. En la figura 49, se presentan tres perfiles de resistividad eléctrica dispuestos de forma paralela a la vía: uno en la berma central y uno en cada extremo de la calzada. Las grietas 1, 2 y 3 se proyectan sobre estos perfiles geoelectricos, permitiendo bosquejar su posible desarrollo a profundidad. En la figura 50, se presenta un perfil de resistividad eléctrica dispuesto de forma paralela en un extremo derecho del carril de Norte a Sur, la grieta 4 se proyectó sobre este perfil geoelectrico, permitiendo bosquejar el posible plano de falla.

Mayor detalle de la ubicación de este ensayo se muestra en el anexo 7.

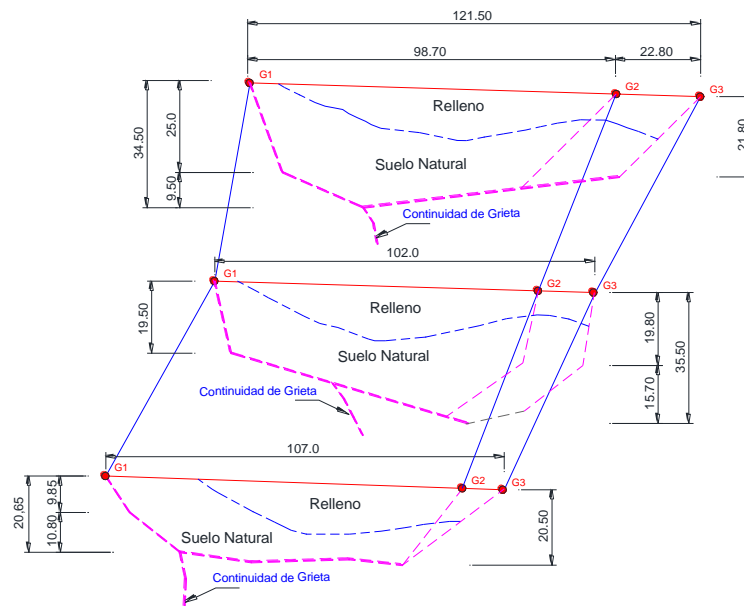
**Figura 49**

*Posible desarrollo de las grietas 1, 2 y 3 a profundidad*



(a)

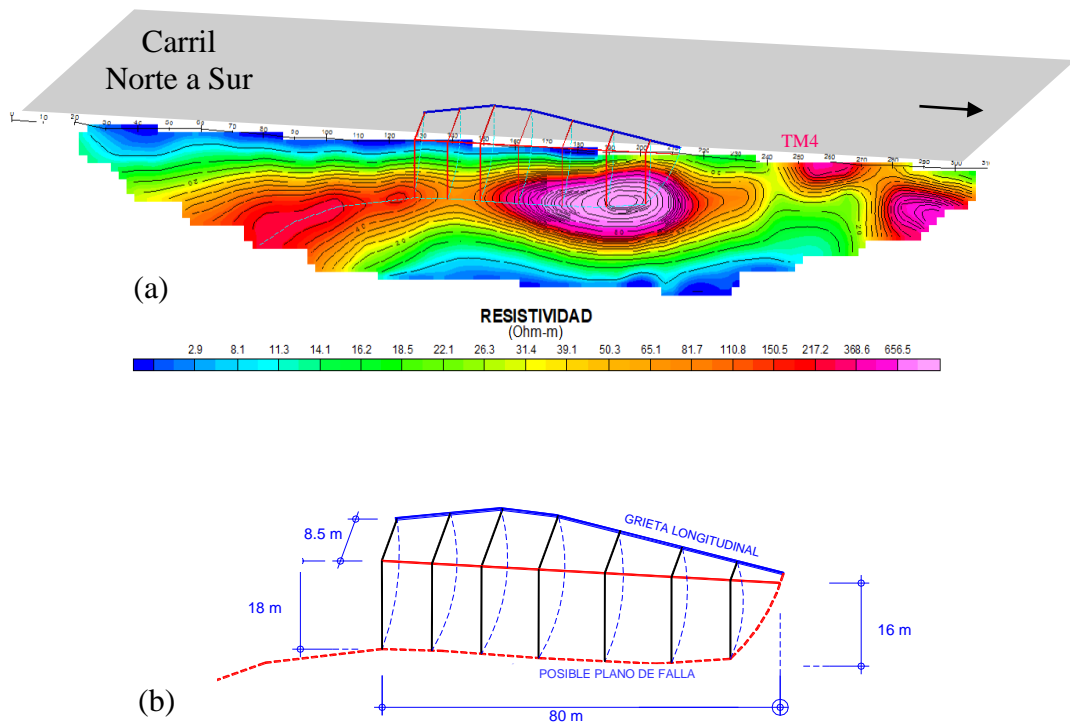
(b)



*Nota.* (a) Perfiles de resistividad eléctrica, (b) Interpretación del posible desarrollo de las grietas 1, 2 y 3 a profundidad, tomado de A&E GREX (2011).

**Figura 50**

*Posible desarrollo de la grieta 4 a profundidad*



*Nota.* (a) Perfil tomográfico de resistividad eléctrica, (b) Interpretación del posible plano de falla de la grieta 4, tomado de A&E GREX (2011).

Los perfiles de resistividad presentan tres capas estratigráficas definidas por sus rangos de resistividad. La primera capa varía entre 0,5 Oh-m a 14,1 Oh-m podría estar relacionado a un material de conductividad alta por la presencia de material arcilloso. La segunda capa tiene resistividades entre 14,1 Oh-m y 50,3 Oh-m, se trata de una zona conductiva con probable presencia de arena arcillosa y

limos. La tercera capa tiene resistividades entre 50,3 Oh-m a 656 Oh-m, podría tratarse de materiales limos arenosos y bolones con matriz arcillosa, esta zona estaría representando la continuación de la grieta a profundidad que llegaría entre los 20 a 35 metros.

Las características geométricas que se determinaron de las grietas 1, 2, 3 y 4 se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Características geométricas de las grietas 1, 2 y 3*

| <b>Características</b> | <b>Grieta 1</b> | <b>Grieta 2</b> | <b>Grieta 3</b> | <b>Grieta 4</b> |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Longitud visible (m)   | 105             | 100             | 110             | 80              |
| Profundidad (m)        | > 35            | > 35            | > 35            | 18              |
| Abertura (cm)          | 10 - 15         | 5 - 7           | 5 - 7           | 0,5             |

*Nota.* Adaptado de A&E GREX (2011).

Para complementar este estudio y evaluar la continuidad a profundidad de la grieta principal por debajo de los 35 metros, se desarrolló en la berma central de la vía, el ensayo de Microtrepidaciones en Arreglos Multicanal (MAM), además se evaluó indirectamente la compacidad del material y el contacto suelo roca.

#### **4.6.1.2. Ensayo MAM**

Para llevar a cabo este método en campo, se instalaron geófonos en la superficie del terreno, específicamente en la berma central de la vía (ver anexo 7),

con una separación de 9 metros entre geófonos, haciendo un total de 22 estaciones MAM, y cubriendo una longitud de 189 metros lineales como se muestra en la Figura 51. Estos sensores estaban conectados a un cable sísmico que transmite la señal analógica al equipo receptor Geode24, el cual convierte las señales analógicas en señales digitales. A través de una laptop, se visualizaron y guardaron los registros de las señales sísmicas de cada estación. Posteriormente, en gabinete, se filtraron y procesaron todas las señales sísmicas, obteniendo curvas de dispersión (velocidad de fase Vs. frecuencia) que permitieron generar un modelo unidimensional de la velocidad de las ondas de corte Vs. Estos modelos unidimensionales se integraron para formar una sección 2D. Finalmente, el perfil sísmico resultante de este ensayo se presenta en la figura 52.

### **Figura 51**

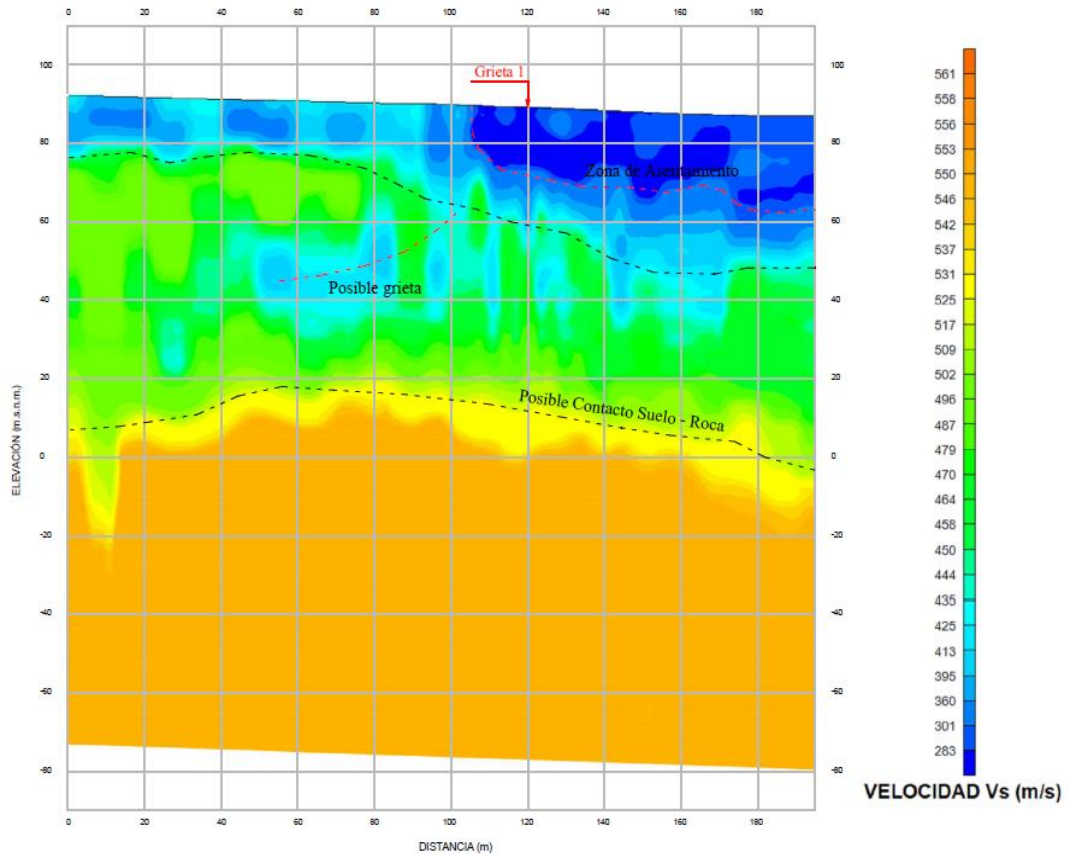
*Vista Panorámica de la ubicación del ensayo MAM*



*Nota.* Vista panorámica del desarrollo del ensayo MAM y proyección de la grieta principal.

**Figura 52**

*Perfil sísmico del ensayo MAM*



*Nota.* Profundidad de evaluación del ensayo MAM 160 m, el contacto suelo-roca se identifica en promedio a unos 90 m de profundidad.

Los resultados del Perfil sísmico MAM indica que existen 4 estratos, las cuales proporcionan una idea de las velocidades de ondas de corte ( $V_s$ ) de la estratigrafía a profundidad. En el primer estrato, se encuentra la proyección de la

grieta 1 (grieta principal), es en esta zona donde se está presentando los asentamientos diferenciales, según el perfil sísmico, desde la longitud 105 m hasta 195 m, los valores de ondas de corte ( $V_s$ ) que presenta el estrato está entre 200 m/s a 300 m/s, con un espesor variable de 15,0 m a 24,3 m, según sus variaciones de velocidades de ondas de corte. Esta primera capa se trataría de un suelo medianamente rígido.

El segundo estrato presenta valores de velocidad de ondas de corte ( $V_s$ ) entre 300 m/s a 445 m/s, esta capa se puede apreciar superficialmente hasta los 105 m de longitud, a partir de ahí en adelante subyace por debajo del estrato 1, el espesor que presenta el estrato 2 varía de 13,6 m a 33,8 m, según sus variaciones de velocidades de ondas de corte se trataría de suelo rígido a suelo muy denso.

El tercer estrato presenta valores de velocidad de ondas de corte ( $V_s$ ) entre 445 m/s a 525 m/s, con un espesor variable de 28,0 m a 69,0 m, según la variación de velocidades de ondas de corte. El tercer estrato se trataría de suelo muy denso y roca blanda. En este estrato, se aprecia ciertas anomalías de velocidades, ya que presenta discontinuidad del material, especialmente bajo la proyección de la grieta 1. Esta característica posiblemente sugiere la continuidad de la grieta 1 a profundidad.

El cuarto estrato muestra velocidades de propagación de ondas de corte ( $V_s$ ) entre 525 m/s a 600 m/s, incrementándose con la profundidad, según la

variación de velocidades de ondas de corte el cuarto estrato se trataría de roca. Finalmente, el contacto entre suelo y roca estaría en promedio a 90 m de profundidad.

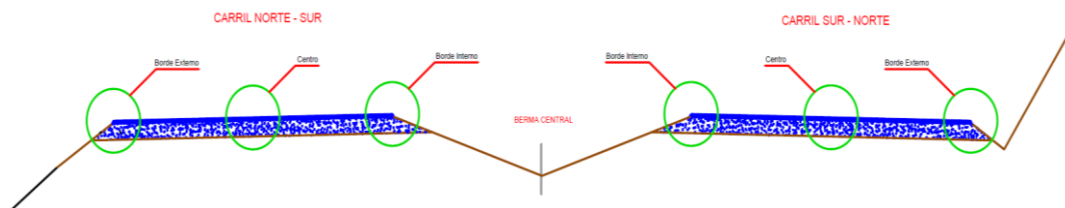
#### **4.6.2 Monitoreo de Asentamientos**

En enero del 2011 hasta setiembre del 2011, la grieta principal llamada también grieta 1 fue monitoreada por la concesionaria de la Vía, dando como resultado un asentamiento de hasta 140 mm.

En los años siguientes, luego de la reparación del asentamiento del 2011, se continuó observando que los asentamientos diferenciales persistían. En el 2014 y 2015 la concesionaria realizó mediciones geométricas o también conocido como nivelación diferencial del asentamiento de la carpeta asfáltica considerando no solo la grieta 1, sino también la grieta 2 y grieta 3. Estas medidas fueron realizadas en la calzada en el sentido de Norte a Sur y viceversa, medidos desde un lado extremo de la calzada que colinda con la zona de pendiente (denominado “borde externo”), desde el centro de la calzada (denominado “centro”), y desde el otro extremo de la calzada que colinda con la berma central (denominado “borde interno”) tal como se puede apreciar en la figura 53.

**Figura 53**

*Esquema de medición del asentamiento en la calzada*



Las mediciones de asentamiento entorno a las grietas 1, 2 y 3 tienen distintos rangos de progresiva tanto para el carril de Norte a Sur como el carril de Sur a Norte, en la Tabla 5 se especifica el rango de estas progresivas donde se registraron los asentamientos. Estas mediciones fueron realizadas en marzo, abril, mayo y setiembre del 2014, así también en enero del 2015.

**Tabla 5**

*Rango de progresivas de medición de asentamientos*

| Grietas   | Carril Norte - Sur |             | Carril Sur - Norte |             |
|-----------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|
|           | Prog. Inicial      | Prog. Final | Prog. Inicial      | Prog. Final |
| Grietas 1 | Km 171+340         | km 171+365  | Km 171+360         | km 171+395  |
| Grietas 2 | Km 171+426         | km 171+450  | Km 171+450         | km 171+485  |
| Grietas 3 | Km 171+426         | km 171+450  | Km 171+450         | km 171+485  |

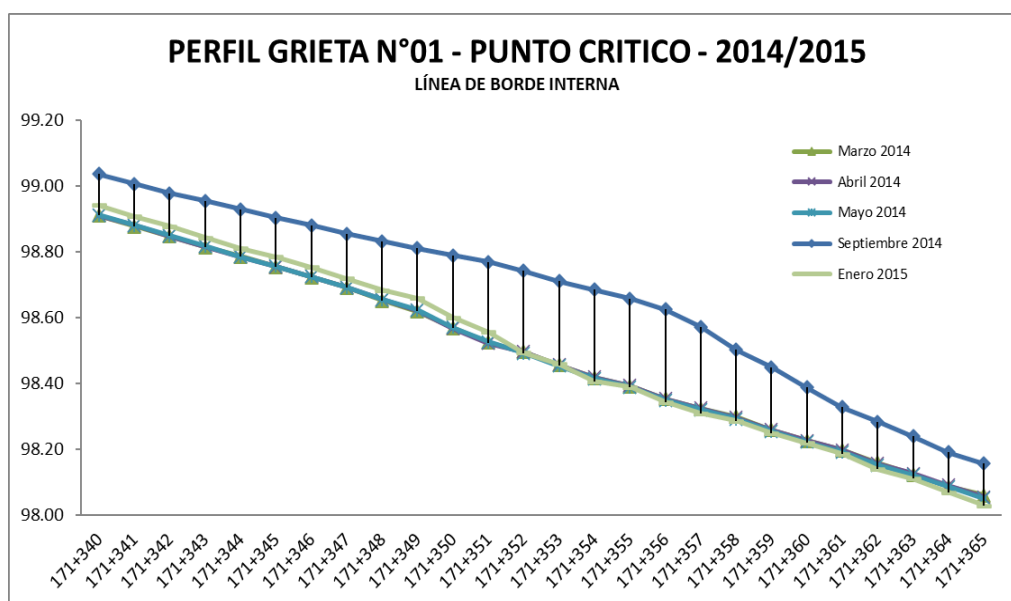
*Nota.* Mediciones realizadas entorno a las grietas 1; 2 y 3, en diferentes periodos marzo, abril, mayo, setiembre del 2014 y enero del 2015.

De la recopilación de los registros de asentamiento se pudo observar que en el carril de Sur a Norte los asentamientos son pequeños en comparación al

carril Norte a Sur, los asentamientos verticales se han registrado hasta 32 mm; sin embargo, en el carril de Norte a Sur, el asentamiento registrado ha llegado hasta 156 mm. Este asentamiento crítico se ha registrado cerca a la grieta 1, según se puede observar en la figura 54. El mayor detalle de los registros de desplazamiento vertical tomados de campo se pueden observar en el anexo 08.

**Figura 54**

*Grieta 01 - Desplazamiento vertical, borde interno, carril N – S*



*Nota.* Adaptado de COVIPERU (2014 y 2015).

#### 4.7. CONDICIONES GEOTÉCNICAS

La caracterización y propiedades geotécnicas del suelo se han obtenido mediante trabajo de campo y revisión bibliográfica, específicamente datos del

Informe: Evaluación Geológica-Geotécnica de Grietas, A&E Grex (2011), como parte de la ingeniería básica se realizó diferentes auscultaciones directas, como calicatas, trincheras y pruebas de campo. Así también, se realizaron diferentes ensayos de laboratorio y se determinaron las características del suelo donde se encuentra cimentado la carretera, especialmente el sector crítico. La ubicación de estos ensayos se muestra en el anexo 7 y los registros de la evaluación campo-laboratorio se observan en el anexo 9.

#### ***4.7.1 Unidades de Suelo***

Se ha identificado nueve tipos de suelos cuyas características se describen a continuación.

- Arenas limosas con contenido de humedad entre 1,06 % a 6,64 %, con poco contenido de material fino (13,26 – 35,63 %). Son suelos semi compactos, no presenta plasticidad, su densidad húmeda varía entre 1,61 g/cm<sup>3</sup> a 2,24 g/cm<sup>3</sup>. Han sido identificados en la berma principal de la autopista, así como en sus laterales cerca de las grietas 1, 2, 3 y 4.
- Limos arenosos con contenido de humedad entre 3,35 % a 6,72 %, con bastante contenido de material fino (58,42 – 97,32 %). Son suelos semi compactos a compactos con plasticidad, su densidad húmeda varía entre 1,63 a 1,99 g/cm<sup>3</sup>. Han sido identificados en la berma principal de la autopista y en las zonas altas de la terraza aluvial, a la altura de la grieta 1.

- Arcillas ligeramente arenosas con regular contenido de humedad entre 5,06 % a 9,50 %, con bastante contenido de material fino (79,95 – 92,47 %). Son suelos semicompactos con alta plasticidad (debido a la presencia de material fino), su densidad húmeda varía entre 1,45 a 1,59 g/cm<sup>3</sup>. Han sido identificados en la margen derecha de la autopista (de sur a norte), a la altura de la grieta 1 y 2.
- Arenas pobremente gradadas con limo con bajo contenido de humedad entre 0,93 % a 1,26 %, con bajo contenido de material fino (7,03 – 10,29 %). Son suelos semi compactos sin plasticidad (debido al poco contenido de material fino), su densidad húmeda es 1,64 g/cm<sup>3</sup>. Han sido identificado cerca de las grietas 1, 2 y 3.
- Arena pobremente gradada con contenido de humedad de 0,96 %, con bajo contenido de material fino 3,7 %. Son suelos semi sueltos sin plasticidad (debido al poco contenido de material fino), su densidad húmeda varía entre 1,52 a 1,53 g/cm<sup>3</sup>. Ha sido identificado en la berma central, cerca de la grieta 4.
- Arena mal graduada con limo y grava, ligeramente húmeda, consistencia media a suelta, presenta gravas de tamaño medio de 1". ha sido identificado en la berma central, cerca de la grieta 4.
- Arcilla ligeramente arenosa con limo con contenido de humedad de 4,94 %, con alto contenido de material fino 78,37 %. Son suelos semi compactos con plasticidad (debido a la presencia de material fino), su

densidad húmeda es 1,59 g/cm<sup>3</sup>. ha sido identificado cotas más abajo de la autopista, margen izquierda (de Sur a Norte) altura de la grieta 1.

- Relleno arena limosa con grava, ligeramente húmeda, compacidad suelta, presenta gravas de tamaño medio de 1". Ha sido identificado en la berma principal de la autopista, cerca de la grieta 4.
- Relleno grava arenosa, ligeramente húmeda, compacidad media, presenta botonería de tamaño medio de 7" en 30 %, levemente contaminado. Ha sido identificado en la berma principal de la vía cerca de la grieta 1.

#### ***4.7.2 Evaluación de Factor de Seguridad***

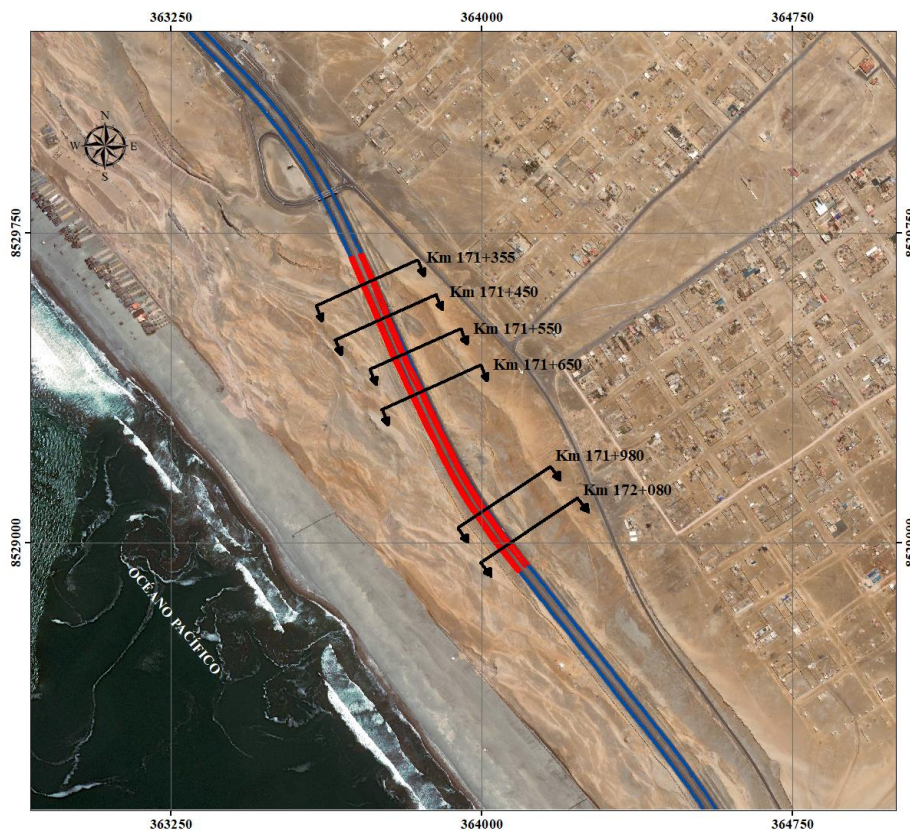
Se realizaron análisis computacionales de equilibrio límite para determinar el factor de seguridad (FS) en diferentes progresivas, bajo un escenario estático y pseudo estático. Para la condición pseudo estática, se ha tomado como base los datos del “Mapa de zonificación sísmica del Perú”, donde el factor para nuestra zona en estudio le corresponde un valor de 0,45.

En la figura 55, se muestra la ubicación de las secciones principales analizadas, 04 secciones entorno a las grietas 1, 2 y 3 y 02 secciones entorno a la grieta 4, cuyas progresivas son los siguientes: Km 171+355, km 171+450, km 171+550, km 171+650, km 171+980 y km 172+080. Dichas secciones se encuentran en el tramo crítico de la vía en estudio. En el anexo 10, se observa con

mayor detalle el plano topográfico y la ubicación de las secciones. Para la modelación del terreno, se han considerado los parámetros de los antecedentes geotécnicos recopilados para la zona en estudio, los cuales se resumen en la tabla 6.

**Figura 55**

*Ubicación de las secciones para el análisis de estabilidad*



*Nota.* Vista panorámica de las secciones analizadas en el sector crítico.

**Tabla 6***Parámetros geotécnicos del suelo*

| <b>Materiales</b>                                       | <b>C<br/>(kg/m<sup>2</sup>)</b> | <b>φ<br/>(°)</b> | <b>ρ<br/>(KN/m<sup>3</sup>)</b> |
|---|---------------------------------|------------------|---------------------------------|
| Relleno arena limosa con grava                          | 0                               | 28,3             | 16,0                            |
| Relleno grava arenosa                                   | 0                               | 30,0             | 16,3                            |
| Arcilla ligera arenosa                                  | 0,15                            | 25,3             | 15,9                            |
| Arcilla ligera arenosa con limo                         | 0,15                            | 25,3             | 16,0                            |
| Limo arenoso  | 0,13                            | 25,3             | 17,0                            |
| Arena limosa  | 0,13                            | 28,3             | 17,0                            |
| Arena pobremente gradada                                | 0,06                            | 27,7             | 16,0                            |
| Arena pobremente gradada con limo (consistencia suelta) | 0,06                            | 27,7             | 16,3                            |
| Arena pobremente gradada con limo (consistencia media)  | 0,06                            | 27,7             | 17,0                            |
| Arena pobremente gradada con limo y grava               | 0,06                            | 27,7             | 16,4                            |

*Nota.* Adaptado de A&E GREX (2011).

Para el análisis de estabilidad de taludes (estática y pseudo estática), se consideró los siguientes aspectos:

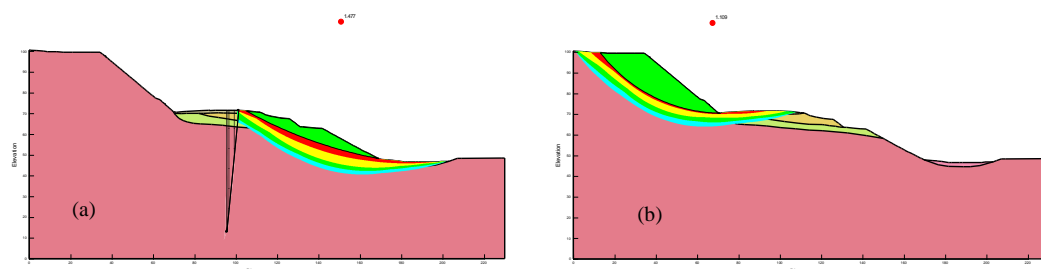
- Se utilizó el Software de análisis GeoStudio desarrollado por Geo Slope Ltd.
- El método de Análisis fue de equilibrio límite, bajo el criterio de rotura de Mohr – Coulomb.
- Las fuerzas actuantes en el plano de rotura para hallar el coeficiente de seguridad fueron producidas por el peso propio del material, es decir, la densidad, cohesión y el ángulo de fricción.
- Los análisis estáticos y pseudo estáticos se han efectuado mediante los modelos de Bishop y Janbú Generalizado y Spencer.

- Para el análisis pseudo estático, se utilizó el valor de 0,23; que corresponde al 50 % del factor del coeficiente sísmico según zonificación sísmica descrito en el ítem 4.5.1.
- Los factores de seguridad mínimos requeridos para considerar un talud estable se muestra en la figura 5, valores que son sugeridos por investigadores e instituciones internacionales.

El análisis de estabilidad se realizó para dos sectores dentro de cada sección: primero para el talud que conforma la vía y segundo para el talud superior, según se aprecia en la figura 56. El resumen de los resultados del análisis estático se muestra en las tablas 7 y 8, mientras que los resultados del análisis pseudo estático se muestran en las tablas 9 y 10. En el anexo 11, se aprecia las corridas de los análisis de estabilidad.

### Figura 56

*Modelo de sección analizada de estabilidad de taludes*



*Nota.* (a) Análisis del talud de la vía, (b) Análisis del talud superior.

**Tabla 7***Factores de seguridad del talud de la vía, análisis estático*

| <b>Progresiva<br/>(Km)</b> | <b>F. S. Estático</b> |                 |                |
|----------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
|                            | <b>Bishop</b>         | <b>Janbu G.</b> | <b>Spencer</b> |
| 171+355                    | 1,477                 | 1,477           | 1,478          |
| 171+450                    | 1,346                 | 1,338           | 1,346          |
| 171+550                    | 1,424                 | 1,423           | 1,424          |
| 171+650                    | 1,455                 | 1,454           | 1,455          |
| 171+980                    | 1,442                 | 1,440           | 1,442          |
| 172+080                    | 1,445                 | 1,438           | 1,444          |

**Tabla 8***Factores de seguridad del talud de la vía, análisis pseudoestático*

| <b>Progresiva<br/>(Km)</b> | <b>F. S. Pseudo Estático</b> |                 |                |
|----------------------------|------------------------------|-----------------|----------------|
|                            | <b>Bishop</b>                | <b>Janbu G.</b> | <b>Spencer</b> |
| 171+355                    | 0,847                        | 0,836           | 0,849          |
| 171+450                    | 0,822                        | 0,771           | 0,827          |
| 171+550                    | 0,837                        | 0,810           | 0,840          |
| 171+650                    | 0,843                        | 0,825           | 0,845          |
| 171+980                    | 0,847                        | 0,813           | 0,850          |
| 172+080                    | 0,881                        | 0,807           | 0,890          |

**Tabla 9***Factores de seguridad del talud superior, análisis estático*

| <b>Progresiva<br/>(Km)</b> | <b>F. S. Estático</b> |                 |                |
|----------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
|                            | <b>Bishop</b>         | <b>Janbu G.</b> | <b>Spencer</b> |
| 171+355                    | 1,109                 | 1,112           | 1,109          |
| 171+450                    | 1,209                 | 1,203           | 1,210          |
| 171+550                    | 1,019                 | 1,018           | 1,020          |
| 171+650                    | 1,016                 | 1,013           | 1,016          |
| 171+980                    | 1,079                 | 1,079           | 1,079          |
| 172+080                    | 1,005                 | 1,000           | 1,005          |

**Tabla 10***Factores de seguridad del talud superior, análisis Pseudoestático*

| <b>Progresiva<br/>(Km)</b> | <b>F. S. Pseudo Estático</b> |                 |                |
|----------------------------|------------------------------|-----------------|----------------|
|                            | <b>Bishop</b>                | <b>Janbu G.</b> | <b>Spencer</b> |
| 171+355                    | 0,720                        | 0,645           | 0,729          |
| 171+450                    | 0,767                        | 0,693           | 0,776          |
| 171+550                    | 0,657                        | 0,623           | 0,663          |
| 171+650                    | 0,663                        | 0,625           | 0,671          |
| 171+980                    | 0,704                        | 0,650           | 0,715          |
| 172+080                    | 0,659                        | 0,618           | 0,669          |

Los análisis de estabilidad se realizaron considerando únicamente el peso propio del talud, sin añadir cargas adicionales como el peso de los vehículos o sus vibraciones. Aunque estas cargas son importantes y deberían incluirse en el

análisis, se consideró necesario realizar primero una evaluación bajo la condición de peso propio. En estas condiciones, los resultados mostraron que todas las secciones analizadas presentan una alta probabilidad de falla. Por lo tanto, es previsible que, bajo condiciones de carga adicional, la estabilidad del talud se vea aún más comprometida.

De acuerdo a los resultados de análisis de estabilidad, en situación estática, el talud de la vía presenta una probabilidad de falla baja, puesto que el FS varía entre 1,338 a 1,478; valores que están por debajo de los mínimos permisibles, según los valores sugeridos de estabilidad de taludes de NTP E020 (2008), Osorio (2020) y AASHTO (2012), presentada en la figura 5. Por otro lado, el FS en condiciones estáticas del talud superior varía entre 1,0 a 1,210. Estos valores son muy bajos según los valores mínimos permisibles, sugiriendo una alta probabilidad de falla. Esto implica que el talud superior es más susceptible a deslizamiento, representando un riesgo significativo para este sector de la vía.

Así también, se evaluó el F.S. en condiciones pseudoestáticas, con un coeficiente sísmico de 0,23. Estos resultados mostraron que el talud de la vía varía entre 0,807 a 0,890 y el talud superior varía entre 0,618 a 0,776. De esta manera, todas las secciones analizadas presentan condiciones de probabilidad de falla muy alta en condiciones pseudo estáticas, lo cual se refleja en el agrietamiento observado.

#### 4.8. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LA CARPETA ASFÁLTICA

El área de estudio ampliado tiene una longitud de vía de 4,375 Km, va desde la progresiva Km 169+775 al Km 174+150. A lo largo de la vía, se han observado diferentes condiciones estructurales de la carpeta asfáltica, como la piel de cocodrilo, fisuras, grietas longitudinales y transversales, deformaciones, ahuellamientos y parchados. En la tabla 11, se muestra el conteo de las observaciones de campo de la condición del asfalto. La condición estructural más frecuente a lo largo del tramo en estudio son las reparaciones y parchados, seguidamente de ahuellamientos y posteriormente de fisuras longitudinales y transversales en el pavimento. En la figura 57, se muestra imágenes representativas de las condiciones estructurales del pavimento observadas en campo.

**Tabla 11**

*Condición estructural del estado del pavimento*

| <b>Condición Estructural del Pavimento</b> | <b>Zonas puntuales</b> |
|--|------------------------|
| Piel de cocodrilo                          | 2                      |
| Fisuras y grietas                          | 34                     |
| Deformación estructural                    | 1                      |
| Ahuellamientos                             | 55                     |
| Reparaciones o parchados                   | 88                     |

## Figura 57

*Observación de campo del estado del pavimento*



*Nota.* (a) y (b) grieta transversal a la vía, (c) Reparaciones o parchados, (d) ahuellamientos, (e) Piel de cocodrilo, (f) Deformación estructural de la vía, observado en el km 171+358.

## **4.9. CARACTERÍSTICAS SOCIALES**

### **4.9.1 Población y usos de la vía**

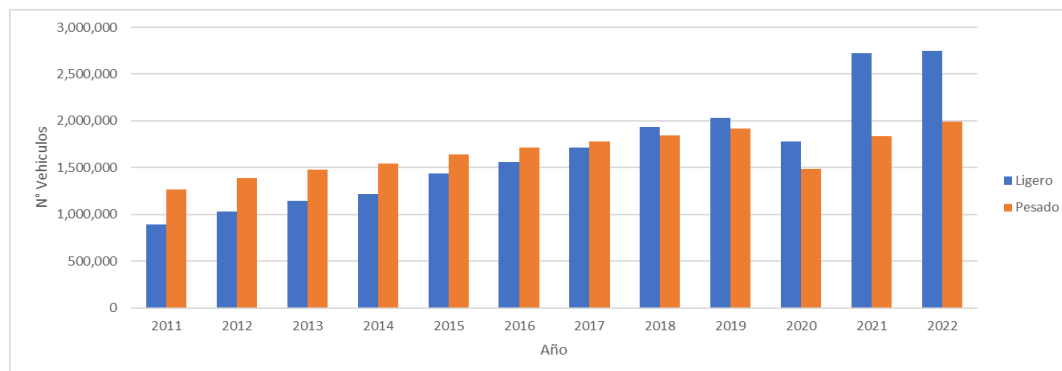
Las personas que utilizan la carretera con regularidad, son conductores, trabajadores y peatones, están expuestas al riesgo de deslizamientos durante su desplazamiento, ya que dependen de la vía para sus actividades diarias.

En la tabla 12, se muestra la demanda de vehículos que transitan por este sector de la vía anualmente desde el periodo del 2011 hasta el 2022; en la figura 58, se muestra el crecimiento de la demanda vehicular por año tanto de vehículos livianos como de cargas pesada; en el gráfico, se observa que cada año el flujo de los vehículos en este sector de la vía ha ido incrementando. En el año 2022, hubo un aumento respecto al año anterior; así también, la circulación de vehículos livianos es mucho mayor que la circulación de vehículos pesados por año; no obstante, si solo consideramos un promedio de personas por día y por vehículo respecto al último año, podemos decir que mínimo transitan un promedio de 12 000 vehículos y personas por día.

**Tabla 12***Demanda vehicular por año periodo 2011 al 2022*

| <b>Vehículo</b> | <b>2011</b>      | <b>2012</b>      | <b>2013</b>      | <b>2014</b>      |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Ligero          | 894 890          | 1 030 082        | 1 140 842        | 1 220 358        |
| Pesado          | 1 267 427        | 1 385 002        | 1 475 840        | 1 538 994        |
| <b>Total</b>    | <b>2 162 317</b> | <b>2 415 084</b> | <b>2 616 682</b> | <b>2 759 352</b> |
| <b>Vehículo</b> | <b>2015</b>      | <b>2016</b>      | <b>2017</b>      | <b>2018</b>      |
| Ligero          | 1 438 266        | 1 562 492        | 1 716 134        | 1 933 778        |
| Pesado          | 1 640 886        | 1 715 490        | 1 778 158        | 1 843 704        |
| <b>Total</b>    | <b>3 079 152</b> | <b>3 277 982</b> | <b>3 494 292</b> | <b>3 777 482</b> |
| <b>Vehículo</b> | <b>2019</b>      | <b>2020</b>      | <b>2021</b>      | <b>2022</b>      |
| Ligero          | 2 033 210        | 1 775 674        | 2 719 662        | 2 743 918        |
| Pesado          | 1 913 408        | 1 488 530        | 1 836 268        | 1 989 034        |
| <b>Total</b>    | <b>3 946 618</b> | <b>3 264 204</b> | <b>4 555 930</b> | <b>4 732 952</b> |

*Nota.* Adaptado del Informe de Desempeño “Concesión de la Red Vial N° 6: Tramo Puente Pucusana – Cerro azul – Ica”, OSITRAN (2022).

**Figura 58***Demanda vehicular por año periodo 2011 al 2022*

## **4.10. CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS**

### ***4.10.1 Industrias dependientes del transporte***

Sectores económicos que dependen fuertemente del transporte por esta vía son la logística y el transporte de mercancías, que pueden experimentar impactos económicos negativos debido a la interrupción en la movilidad causada por el deslizamiento. Así también, las empresas de transporte y camioneros que se trasladan por este sector de la vía de manera regular, también podrían enfrentar pérdidas económicas debido a retrasos o desvíos de la ruta, y no menos importante las empresas turísticas, pueden sufrir pérdidas económicas si la accesibilidad se reduce y disminuye el flujo de turistas.

## **4.11. CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES**

### ***4.11.1 Degradación de materiales por factor antrópico***

Debido a la expansión urbana, cada vez se realizan más modificaciones al terreno, como cortes, rellenos y compactaciones, especialmente en zonas de media terraza, donde se están construyendo infraestructuras privadas. Asimismo, se están abriendo terrenos llanos para la lotización de casas de playa y se están creando accesos peatonales y vehiculares para facilitar el acceso a la playa. Estas modificaciones están degradando el suelo y alterando el equilibrio inicial de la resistencia de los materiales, poco o casi nada se ejerce un control técnico adecuado.

## **CAPÍTULO V**

### **DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO**

#### **5.1. EVALUACIÓN DEL PELIGRO**

##### ***5.1.1 Caracterización del Peligro***

De acuerdo a la caracterización del área de estudio mencionado en el capítulo anterior, se pudo tener una comprensión integral del peligro geológico por deslizamiento en el tramo de la vía progresiva Km 171+330 al Km 172+130, la evaluación de las características geológicas y geomorfológicas de la zona, incluyendo pendientes, unidades de suelo, sismicidad, monitoreo entre otros, ayudó a comprender porque este tramo de la vía en estudio es susceptible a deslizamiento.

##### ***5.1.2 Parámetro de Evaluación***

Mediante la evaluación de los factores de seguridad de las secciones topográficas con su respectiva interpretación geotécnica, se determinó el fenómeno que ocurre en el tramo de estudio, en este caso el deslizamiento. Para determinar el potencial que puede tener el deslizamiento de causar consecuencias indeseables, se estimó como parámetro de evaluación del peligro el volumen de deslizamiento de suelos en metros cúbicos. Para el cálculo de volumen, se tomó

como referencia el modelo conceptual de un deslizamiento descrito por Suarez (2012). Este modelo se detalla en el ítem 2.2.2. El resultado de este análisis se observa en la tabla 13.

**Tabla 13**

*Cálculo de volúmenes de deslizamiento*

| <b>Parámetro</b>         | <b>Talud de la vía</b> | <b>Talud superior</b> | <b>Total</b> |
|--------------------------|------------------------|-----------------------|--------------|
| VOLdes (m <sup>3</sup> ) | 20 750,50              | 391 758,66            | 412 509,16   |

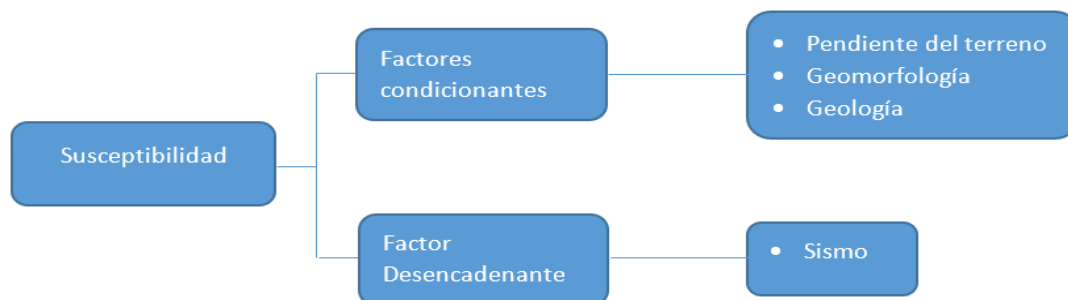
Para una clasificación de deslizamiento de acuerdo a su volumen, se revisó la bibliografía de Fell (1994) y, con base al volumen calculado de deslizamiento, se realizó una adecuación de la clasificación de volúmenes para el tramo en estudio.

### **5.1.3 Susceptibilidad de la zona en Estudio ante el Peligro**

La susceptibilidad depende de dos factores, para este caso los factores condicionantes que se determinaron son la pendiente, la geomorfología y la geología. Dichos parámetros se desarrollaron con mayor detalle en el capítulo anterior, como factor desencadenante es el sismo, cuyo impacto en el área de estudio tiene una relación directa con la desestabilización del tramo de la vía en estudio (ver figura 59).

**Figura 59**

*Parámetros para la evaluación de la susceptibilidad por deslizamiento*



#### **5.1.4 Análisis del elemento expuesto**

El elemento expuesto en este caso es el tramo de la vía nacional Panamericana sur desde el Km 169+775 hasta 174+150, tiene una longitud total de 4375 m. Este tramo enmarca el sector crítico de nuestra zona en estudio que es desde el progresivo km 171+330 al Km 172+130, que se encuentra en una zona de media terraza y está experimentando agrietamientos transversales, asentamientos periódicos y está expuesto a la posibilidad de deslizamiento. Cerca del tramo en estudio se encuentra el asentamiento humano Nuevo Ayacucho, tiene una población según el último censo de INEI del 2017 de 132 habitantes que hacen uso de la vía, sin embargo, la demanda de vehículos que transitan por esta zona, y que además cada año va en aumento, lo hace de vital importancia para sus múltiples actividades económicas. No obstante, debido a la expansión urbana, cerca de la vía se están haciendo modificación de los materiales naturales, desequilibrando el estado inicial de los suelos. En el anexo 12, se puede observar

el mapa de elementos expuestos en el área de estudio.

#### **5.1.5 Definición de escenarios**

En el área de estudio, se define el siguiente escenario crítico, considerando que el tramo en estudio se encuentra en una zona de alta sismicidad, se asume un movimiento sísmico mayor a 8 Mw de magnitud, el cual ocasionaría deslizamientos no solo en el talud de la vía sino en los taludes superiores a la vía, con volúmenes de deslizamientos de más de 400 000 m<sup>3</sup>, todo ello condicionado por unidades geológicas más críticas como depósitos eólicos inconsistentes, con unidades geomorfológicas como laderas empinadas y terrazas aluviales modelados por la erosión marina, con pendientes de inclinación fuerte mayores a 35°, y como elementos en el ámbito social se tiene a la población y su uso de la vía para trasladarse de un punto a otro, en el ámbito económico, se tiene a la interrupción de la vía en actividades comerciales y productivas y en el ámbito ambiental, los cambios en la topografía del área donde la apertura de accesos indiscriminados, y modificaciones de materiales naturales aledaños a la vía puedan ser muy susceptibles a deslizamiento.

#### **5.1.6 Ponderación y Jerarquización de los Parámetros**

Para la evaluación de múltiples criterios, como el parámetro de evaluación, los factores condicionantes y el factor desencadenante del peligro, se utilizó el proceso de análisis jerárquico descrito en el ítem 2.6.4. De acuerdo a este análisis,

no solo se estableció un orden de prioridad para una mejor toma de decisiones, sino también se asignó un valor numérico a cada parámetro y sus descriptores.

#### 5.1.6.1. *Parámetro de Evaluación*

Se realizó una adecuación de la clasificación de volúmenes de deslizamiento para el tramo en estudio. En la tabla 14, se muestra los descriptores del parámetro de evaluación; en la tabla 15, su matriz de comparación de pares, y en la tabla 16, la ponderación del vector priorización.

**Tabla 14**

*Descriptores del parámetro de volumen de deslizamiento*

| <b>Parámetro</b>    | <b>Volumen de deslizamiento</b> | <b>Peso ponderado</b>       | <b>1,0</b> |
|---------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------|
| <b>Descriptores</b> | VD1                             | > 1 000 000 m3 Muy grande   | PVD1       |
|                     |                                 | 250 000 - 1 000 000 m3      |            |
|                     | VD2                             | Medianamente grande         | PVD2       |
|                     | VD3                             | 50 000 - 250 000 m3 Mediano | PVD3       |
|                     | VD4                             | 5000 - 50 000 m3 Pequeño    | PVD4       |
| VD5                 | < 5000 m3 Muy pequeño           | PVD5                        |            |

**Tabla 15**

*Matriz de comparación de pares - Volumen de deslizamiento*

| <b>Descriptor</b> | <b>VD1</b> | <b>VD2</b> | <b>VD3</b> | <b>VD4</b> | <b>VD5</b> |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| VD1               | 1          | 3          | 5          | 7          | 9          |
| VD2               | 1/3        | 1          | 3          | 5          | 7          |
| VD3               | 1/5        | 1/3        | 1          | 5          | 7          |
| VD4               | 1/7        | 1/5        | 1/5        | 1          | 3          |
| VD5               | 1/9        | 1/7        | 1/7        | 1/3        | 1          |

**Tabla 16***Matriz de normalización de pares - Volumen de deslizamiento.*

| <b>Descriptor</b> | <b>VD1</b> | <b>VD2</b> | <b>VD3</b> | <b>VD4</b> | <b>VD5</b> | <b>Vector<br/>priorización<br/>(ponderación)</b> |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| VD1               | 0,560      | 0,642      | 0,535      | 0,382      | 0,333      | 0,490  |
| VD2               | 0,187      | 0,214      | 0,321      | 0,273      | 0,259      | 0,251  |
| VD3               | 0,112      | 0,071      | 0,107      | 0,273      | 0,259      | 0,164  |
| VD4               | 0,080      | 0,043      | 0,021      | 0,055      | 0,111      | 0,062  |
| VD5               | 0,062      | 0,031      | 0,015      | 0,018      | 0,037      | 0,033  |

**5.1.6.2. Parámetros de Susceptibilidad****5.1.6.2.1. Análisis del Factor Condicionante**

En la tabla 17, se muestran los parámetros condicionantes del peligro por deslizamiento (pendiente, geomorfología y geología); en la tabla 18, su matriz de comparación de pares y, en la tabla 19, la ponderación del vector priorización. Así mismo, cada parámetro condicionante tiene diferentes descriptores; por ejemplo, el parámetro de pendiente tiene diferentes grados de pendientes y cada uno de ellos también ha sido ponderado. En la tabla 20, se muestran los descriptores del parámetro pendiente; en la tabla 21, su matriz de comparación de pares y en la tabla 22, la ponderación del vector priorización. Así también, en la tabla 23, se muestran los descriptores de los parámetros de geomorfología; en la tabla 24, su matriz de comparación de pares y, en la tabla 25, la ponderación del vector priorización. Finalmente, en la tabla 26, se muestra los descriptores de los

parámetros de geología; en la tabla 27, su matriz de comparación de pares y, en la tabla 28, la ponderación del vector priorización.

**Tabla 17**

*Parámetros - Factores condicionantes*

| <b>Código</b> | <b>Parámetros</b> | <b>Peso ponderado</b> |
|---------------|-------------------|-----------------------|
| PD            | Pendiente         | 0,633                 |
| GM            | Geomorfología     | 0,260                 |
| GL            | Geología          | 0,106                 |

**Tabla 18**

*Matriz de comparación de pares - Factores condicionantes*

| <b>Parámetros</b> | <b>PD</b> | <b>GM</b> | <b>GL</b> |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| PD                | 1         | 3         | 5         |
| GM                | 1/3       | 1         | 3         |
| GL                | 1/5       | 1/3       | 1         |

**Tabla 19**

*Matriz de normalización de pares – Factores condicionantes*

| <b>Parámetros</b> | <b>PD</b> | <b>GM</b> | <b>GL</b> | <b>Vector priorización<br/>(ponderación)</b> |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|--|
| PD                | 0,652     | 0,692     | 0,556     | 0,633  |
| GM                | 0,217     | 0,231     | 0,333     | 0,260  |
| GL                | 0,130     | 0,077     | 0,111     | 0,106  |

- **Parámetro: Pendiente**

**Tabla 20**

*Descriptores del parámetro pendiente*

| <b>Parámetro</b>    | <b>Pendiente</b> | <b>Peso ponderado</b> | <b>0,633</b> |       |
|---------------------|------------------|-----------------------|--------------|-------|
| <b>Descriptores</b> | PD1              | > 35°                 | PPD1         | 0,503 |
|                     | PD2              | 20° - 35°             | PPD2         | 0,260 |
|                     | PD3              | 10° - 20°             | PPD3         | 0,134 |
|                     | PD4              | 5° - 10°              | PPD4         | 0,068 |
|                     | PD5              | < 5°                  | PPD5         | 0,035 |

**Tabla 21**

*Matriz de comparación de pares – Pendiente*

| <b>Descriptor</b> | <b>PD1</b> | <b>PD2</b> | <b>PD3</b> | <b>PD4</b> | <b>PD5</b> |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| PD1               | 1          | 3          | 5          | 7          | 9          |
| PD2               | 1/3        | 1          | 3          | 5          | 7          |
| PD3               | 1/5        | 1/3        | 1          | 3          | 5          |
| PD4               | 1/7        | 1/5        | 1/3        | 1          | 3          |
| PD5               | 1/9        | 1/7        | 1/5        | 1/3        | 1          |

**Tabla 22**

*Matriz de normalización de pares – Pendiente*

| <b>Descriptor</b> | <b>PD1</b> | <b>PD2</b> | <b>PD3</b> | <b>PD4</b> | <b>PD5</b> | <b>Vector priorización (ponderación)</b> |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| PD1               | 0,560      | 0,642      | 0,524      | 0,429      | 0,360      | 0,503                                    |
| PD2               | 0,187      | 0,214      | 0,315      | 0,306      | 0,280      | 0,260                                    |
| PD3               | 0,112      | 0,071      | 0,105      | 0,184      | 0,200      | 0,134                                    |
| PD4               | 0,080      | 0,043      | 0,035      | 0,061      | 0,120      | 0,068                                    |
| PD5               | 0,062      | 0,031      | 0,021      | 0,020      | 0,040      | 0,035                                    |

- **Parámetro: Geomorfología**

**Tabla 23**

*Descriptorios del parámetro geomorfología*

| <b>Parámetro</b>     | <b>Geomorfología</b> |  | <b>Peso ponderado</b> | <b>0,260</b> |
|----------------------|----------------------|--|-----------------------|--------------|
| <b>Descriptorios</b> | GM1                  | Terrazas aluviales (Ta), Laderas (Ld)          | PGM1                  | 0,490        |
|                      | GM2                  | Promontorio (Pmt), Estructura Antrópica (E-an) | PGM2                  | 0,264        |
|                      | GM3                  | Lomadas (Lmd), Cauce seco (C-se)               | PGM3                  | 0,137        |
|                      | GM4                  | Mantos de arena (M-a),                         | PGM4                  | 0,070        |
|                      | GM5                  | Planicie Aluvial (Pl-a), Playa (Ply),          | PGM5                  | 0,039        |

**Tabla 24**

*Matriz de comparación de pares – Geomorfología*

| <b>Descriptorios</b> | <b>GM1</b> | <b>GM2</b> | <b>GM3</b> | <b>GM4</b> | <b>GM5</b> |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| GM1                  | 1          | 3          | 5          | 7          | 7          |
| GM2                  | 1/3        | 1          | 3          | 5          | 7          |
| GM3                  | 1/5        | 1/3        | 1          | 3          | 5          |
| GM4                  | 1/7        | 1/5        | 1/3        | 1          | 3          |
| GM5                  | 1/7        | 1/7        | 1/5        | 1/3        | 1          |

**Tabla 25**

*Matriz de normalización de pares – Geomorfología*

| <b>Descriptorios</b> | <b>GM1</b> | <b>GM2</b> | <b>GM3</b> | <b>GM4</b> | <b>GM5</b> | <b>Vector priorización (ponderación)</b> |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| GM1                  | 0,550      | 0,642      | 0,524      | 0,429      | 0,304      | 0,490                                    |
| GM2                  | 0,183      | 0,214      | 0,315      | 0,306      | 0,304      | 0,264                                    |
| GM3                  | 0,110      | 0,071      | 0,105      | 0,184      | 0,217      | 0,137                                    |
| GM4                  | 0,079      | 0,043      | 0,035      | 0,061      | 0,130      | 0,070                                    |
| GM5                  | 0,079      | 0,031      | 0,021      | 0,020      | 0,043      | 0,039                                    |

- **Parámetro: Geología**

**Tabla 26**

*Descriptores del parámetro geología*

| <b>Parámetro</b>    |     | <b>Geología</b>   | <b>Peso ponderado 0,106</b> |       |
|---------------------|-----|---|-----------------------------|-------|
| <b>Descriptores</b> | GL1 | Depósitos eólicos (Qr-e)                                | PGL1                        | 0,466 |
|                     | GL2 | Depósitos tectógenos (Qr-tec)                           | PGL2                        | 0,257 |
|                     | GL3 | Depósitos areno - limoso (Qr-ar/lim)                    | PGL3                        | 0,136 |
|                     | GL4 | Depósitos marinos (Qr-m)                                | PGL4                        | 0,088 |
|                     | GL5 | Depósitos aluviales (Qr-al),<br>Formación cañete (Qp-c) | PGL5                        | 0,053 |

**Tabla 27**

*Matriz de comparación de pares – Geología*

| <b>Descriptores</b> | <b>GL1</b> | <b>GL2</b> | <b>GL3</b> | <b>GL4</b> | <b>GL5</b> |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| GL1                 | 1          | 3          | 5          | 5          | 5          |
| GL2                 | 1/3        | 1          | 3          | 4          | 5          |
| GL3                 | 1/5        | 1/3        | 1          | 3          | 3          |
| GL4                 | 1/5        | 1/4        | 1/3        | 1          | 3          |
| GL5                 | 1/5        | 1/5        | 1/3        | 1/3        | 1          |

**Tabla 28**

*Matriz de normalización de pares – Geología*

| <b>Descriptores</b> | <b>GL1</b> | <b>GL2</b> | <b>GL3</b> | <b>GL4</b> | <b>GL5</b> | <b>Vector<br/>priorización<br/>(ponderación)</b> |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| GL1                 | 0,517      | 0,627      | 0,517      | 0,375      | 0,294      | 0,466  |
| GL2                 | 0,172      | 0,209      | 0,310      | 0,300      | 0,294      | 0,257  |
| GL3                 | 0,103      | 0,070      | 0,103      | 0,225      | 0,176      | 0,136  |
| GL4                 | 0,103      | 0,052      | 0,034      | 0,075      | 0,176      | 0,088  |
| GL5                 | 0,103      | 0,042      | 0,034      | 0,025      | 0,059      | 0,053  |

### 5.1.6.2.2. *Análisis del Factor Desencadenante*

En la tabla 29, se muestra el factor desencadenante (sismo) y sus descriptores, en la tabla 30, su matriz de comparación de pares, y en la tabla 31, la ponderación del vector priorización.

- **Parámetro: Sismo**

**Tabla 29**

*Descriptores del parámetro sismo*

| <b>Parámetro</b>    | <b>Sismo</b>   | <b>Peso ponderado</b> | <b>1,0</b> |
|---------------------|--|-----------------------|------------|
| <b>Descriptores</b> | S1 > 8 Mw: Grandes terremotos  | PS1                   | 0,503      |
|                     | S2 6 – 7,9 Mw: Sismo mayor   | PS2                   | 0,260      |
|                     | S3 4,5 – 5,9 Mw: Pueden causar daños menores en la localidad             | PS3                   | 0,134      |
|                     | S4 3,5 – 4,4 Mw: sentido por mucha gente                                 | PS4                   | 0,068      |
|                     | S5 < 3,4 Mw: No es sentido en general, pero es registrado en sismógrafos | PS5                   | 0,035      |

**Tabla 30**

*Matriz de comparación de pares – Sismo*

| <b>Descriptores</b> | <b>S1</b> | <b>S2</b> | <b>S3</b> | <b>S4</b> | <b>S5</b> |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| S1                  | 1         | 3         | 5         | 7         | 9         |
| S2                  | 1/3       | 1         | 3         | 5         | 7         |
| S3                  | 1/5       | 1/3       | 1         | 3         | 5         |
| S4                  | 1/7       | 1/5       | 1/3       | 1         | 3         |
| S5                  | 1/9       | 1/7       | 1/5       | 1/3       | 1         |

**Tabla 31***Matriz de normalización de pares – Sismo*

| <b>Descriptor</b> | <b>S1</b> | <b>S2</b> | <b>S3</b> | <b>S4</b> | <b>S5</b> | <b>Vector<br/>priorización<br/>(ponderación)</b> |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| S1                | 0,560     | 0,642     | 0,524     | 0,429     | 0,360     | 0,503  |
| S2                | 0,187     | 0,214     | 0,315     | 0,306     | 0,280     | 0,260  |
| S3                | 0,112     | 0,071     | 0,105     | 0,184     | 0,200     | 0,134  |
| S4                | 0,080     | 0,043     | 0,035     | 0,061     | 0,120     | 0,068  |
| S5                | 0,062     | 0,031     | 0,021     | 0,020     | 0,040     | 0,035  |

### **5.1.7 Definición y Estratificación del Nivel de Peligro**

Para determinar los niveles de peligro, previamente se ha construido una base de datos que contiene gran cantidad de información del área de estudio (cuantitativa y cualitativamente). En la tabla 32, se muestra un resumen de estos datos, resultado de la aplicación del proceso de análisis jerárquico (PAJ), descrito en el ítem 2.6.4. Sobre esta base numérica, se realizaron diferentes cálculos para llegar a determinar el rango del nivel de peligro, tal como se observa en la tabla 33.

Para el análisis por medio del sistema de información geográfica (SIG), se utilizó el software de ArcGIS, donde se elaboraron previamente los diferentes mapas temáticos como el mapa de pendiente, mapa de geomorfología y mapa de geología y posteriormente se integraron, dicha integración permitió calcular el

peligro, obteniendo así, una gran cantidad de datos numéricos, que luego se representaron en un mapa de peligro. Finalmente, los niveles de peligro que se determinaron son muy alto, alto, medio y bajo, según se muestra en la tabla 34 y la estratificación por nivel de peligro se muestra en la tabla 35, el mapa de peligro por deslizamiento se muestra en el anexo 13.

**Tabla 32**

*Resumen de los parámetros del peligro*

| Dimensión                            |      | Factor                   |       | Parámetro   |       | Descriptor                                     |       |
|--------------------------------------|------|--------------------------|-------|---|-------|--|-------|
| Nombre                               | Peso | Nombre                   | Peso  | Nombre  | Peso  | Clasificación                                  | Peso  |
| Susceptibilidad                      | 90 % | Condicionante            | 85 %  | Pendiente   | 0,633 | > 35°  | 0,503 |
|                                      |      |                          |       |   |       | 20° - 35°                                      | 0,260 |
|                                      |      |                          |       |   |       | 10° - 20°                                      | 0,134 |
|                                      |      |                          |       |   |       | 5° - 10°                                       | 0,068 |
|                                      |      |                          |       |   |       | < 5°   | 0,035 |
|                                      |      |                          |       | Geomorfología   | 0,260 | Terrazas aluviales (Ta), Laderas (Ld)          | 0,490 |
|                                      |      |                          |       |   |       | Promontorio (Pmt), Estructura Antrópica (E-an) | 0,264 |
|                                      |      |                          |       |   |       | Lomadas (Lmd), Cauce seco (C-se)               | 0,137 |
|                                      |      |                          |       |   |       | Mantos de arena (M-a),                         | 0,070 |
|                                      |      |                          |       |   |       | Planicie Aluvial (Pl-a), Playa (Ply),          | 0,039 |
|                                      |      | Geología                 | 0,106 | Depósitos eólicos (Qr-e)  | 0,466 |  |       |
|                                      |      |                          |       | Depósitos tectógenos (Qr-tec)   | 0,257 |  |       |
|                                      |      |                          |       | Depósitos areno - limoso (Qr-ar/lim)                                  | 0,136 |  |       |
|                                      |      |                          |       | Depósitos marinos (Qr-m)  | 0,088 |  |       |
|                                      |      |                          |       | Depósitos aluviales (Qr-al),<br>Formación cañete (Qp-c)               | 0,053 |  |       |
| Desencadenante                       | 15 % | Sismicidad               | 1,00  | > 8 Mw: Grandes terremotos  | 0,503 |  |       |
|                                      |      |                          |       | 6 – 7,9 Mw: Sismo mayor   | 0,260 |  |       |
|                                      |      |                          |       | 4,5 – 5,9 Mw: Pueden causar daños menores en la localidad             | 0,134 |  |       |
|                                      |      |                          |       | 3,5 – 4,4 Mw: sentido por mucha gente                                 | 0,068 |  |       |
|                                      |      |                          |       | < 3,4 Mw: No es sentido en general, pero es registrado en sismógrafos | 0,035 |  |       |
| Parámetro de Evaluación del Fenómeno | 10 % | Volumen de Deslizamiento | 1,00  | > 1 000 000 m3 Muy grande   | 0,490 |  |       |
|                                      |      |                          |       | 250 000 – 1 000 000 m3 Medianamente grande                            | 0,251 |  |       |
|                                      |      |                          |       | 50 000 – 520 000 m3 Mediano   | 0,164 |  |       |
|                                      |      |                          |       | 5 000 – 50 000 m3 Pequeño   | 0,062 |  |       |
|                                      |      |                          |       | < 5000 m3 Muy Pequeño   | 0,033 |  |       |

**Tabla 33**

*Cálculo del peligro*

| Condicionante            |          |       | Desencadenante           |          |       | V_Susceptibilidad |
|--------------------------|----------|-------|--------------------------|----------|-------|-------------------|
| $\Sigma[P\_Desc*P\_Par]$ | P_Factor | VFC   | $\Sigma[P\_Desc*P\_Par]$ | P_Factor | VFD   |                   |
| 0,496                    |          | 0,421 | 0,503                    |          | 0,075 | 0,497             |
| 0,261                    |          | 0,222 | 0,503                    |          | 0,075 | 0,297             |
| 0,135                    | 0,85     | 0,115 | 0,503                    | 0,15     | 0,075 | 0,190             |
| 0,070                    |          | 0,060 | 0,503                    |          | 0,075 | 0,135             |
| 0,038                    |          | 0,032 | 0,503                    |          | 0,075 | 0,108             |

(a)

| Susceptibilidad   |      | Parámetro de Evaluación |      | Peligro |
|-------------------|------|-------------------------|------|---------|
| V_Susceptibilidad | Peso | V_PEV                   | Peso |         |
| 0,497             |      | 0,251                   |      | 0,472   |
| 0,297             |      | 0,251                   |      | 0,293   |
| 0,190             | 0,9  | 0,251                   | 0,1  | 0,196   |
| 0,135             |      | 0,251                   |      | 0,147   |
| 0,108             |      | 0,251                   |      | 0,122   |

(b)

*Nota.* (a) Cálculo de la susceptibilidad en función de los factores condicionantes y factor desencadenante. (b) Cálculo del peligro, en función de la susceptibilidad y del Parámetro de evaluación del peligro.

**Tabla 34**

*Nivel de peligro*

| Nivel de Peligro | Rango             |
|------------------|-------------------|
| <b>Muy Alto</b>  | 0,293 < P ≤ 0,472 |
| <b>Alto</b>      | 0,196 < P ≤ 0,293 |
| <b>Medio</b>     | 0,147 < P ≤ 0,196 |
| <b>Bajo</b>      | 0,122 < P ≤ 0,147 |

**Tabla 35**

*Estratificación del nivel de peligro*

| <b>Nivel</b>    | <b>Descripción</b>   | <b>Rango</b>                |
|-----------------|--|-----------------------------|
| <b>Muy Alto</b> | Este nivel de peligro se encuentra condicionado geológicamente con depósitos eólicos de buen espesor poco compactos, geomorfológicamente son zonas de terrazas aluviales y laderas empinadas con pendientes mayores a 35°, todos ellos desencadenados por la alta sismicidad considerando un movimiento sísmico mayor a 8 Mw de magnitud, originando deslizamientos de suelos con volumen mayores a 1 000 000 m3.  | <b>0,293 &lt; P ≤ 0,472</b> |
| <b>Alto</b>     | Este nivel de peligro se encuentra condicionado geológicamente con depósitos tectógenos compuestos de arenas limosas con gravas pobremente gradadas, geomorfológicamente presenta promontorios de materiales aluviales descubiertos expuestos a la erosión marina, así también se presenta estructuras antrópicas, cortes y rellenos que modificaron parte del relieve, con pendientes altas de 20°-35°, desencadenado por movimiento sísmico entre 6 Mw a 7,0 Mw de magnitud, originando deslizamientos de suelos con volúmenes aproximados entre 250 000 - 1 000 000 m3. | <b>0,196 &lt; P ≤ 0,293</b> |
| <b>Medio</b>    | Este nivel de peligro se encuentra condicionado geológicamente por depósitos areno limosos, geomorfológicamente presenta lomadas y cauces secos, con pendientes medianamente empinadas de 10°-20°, desencadenados por movimiento sísmico entre 4.5 Mw a 5,9 Mw de magnitud, originando deslizamientos de suelos con volúmenes aproximados entre 50 000 - 250 000 m3  | <b>0,147 &lt; P ≤ 0,196</b> |
| <b>Bajo</b>     | Este nivel de peligro se encuentra condicionado geológicamente por depósitos marinos, depósitos aluviales y formación cañete, geomorfológicamente presenta planicie aluvial, playa y mantos de arena, con pendientes menores a 10°, desencadenado por movimiento sísmico igual o menor a 4,4 Mw de magnitud, originando deslizamientos de suelos con volúmenes menores a 50 000 m3.  | <b>0,122 &lt; P ≤ 0,147</b> |

## **5.2. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

### ***5.2.1 Análisis de los factores de la Vulnerabilidad***

En el área de estudio, se realizó el análisis de la vulnerabilidad en sus factores de fragilidad y resiliencia de acuerdo con el elemento expuesto al peligro por deslizamiento desde una dimensión social, económica y ambiental. Se recurrió a información recopilada en campo e información del concesionario de la vía en estudio.

### ***5.2.2 Ponderación y Jerarquización de los Parámetros de Vulnerabilidad***

Para la evaluación de múltiples criterios de la vulnerabilidad, también se utilizó el proceso de análisis jerárquico, los resultados se muestran a continuación.

#### ***5.2.2.1. Análisis de Dimensión Social***

En esta dimensión, se analizó la relación de la sociedad con el área de influencia. En términos de exposición social, se consideró el flujo vehicular que demanda el tramo en estudio, lo cual refleja indirectamente el número mínimo de personas que transitan por este sector. La fragilidad social se evaluó caracterizando la vía, teniendo en cuenta factores como el estado de conservación y la antigüedad de la misma, que representan una desventaja para la sociedad. En cuanto a la resiliencia social, se valoró la capacidad de respuesta ante emergencias, donde tanto la concesionaria vial como la sociedad tienen la

capacidad de actuar frente a situaciones de peligro. En la figura 60, se muestra un esquema de la dimensión social, y de la tabla 36 hasta 50, se muestran los descriptores de cada parámetro, su matriz de comparación de pares y su ponderación del vector priorización.

**Figura 60**

*Esquema general del análisis de la dimensión social*



**Tabla 36**

*Dimensión social*

| Código | Parámetros         | Peso Ponderado |
|--------|--------------------|----------------|
| E_So   | Exposición Social  | 0,648          |
| F_So   | Fragilidad Social  | 0,230          |
| R_So   | Resiliencia Social | 0,122          |

**Tabla 37**

*Matriz de comparación de pares – Dimensión social*

| Parámetros | E_So | F_So | R_So |
|------------|------|------|------|
| E_So       | 1    | 3    | 5    |
| F_So       | 1/3  | 1    | 2    |
| R_So       | 1/5  | 1/2  | 1    |

**Tabla 38***Matriz de normalización de pares – Dimensión social*

| <b>Parámetros</b> | <b>E_So</b> | <b>F_So</b> | <b>R_So</b> | <b>Vector<br/>Priorización<br/>(Ponderación)</b> |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|--|
| E_So              | 0,652       | 0,667       | 0,625       | 0,648  |
| F_So              | 0,217       | 0,222       | 0,250       | 0,230  |
| R_So              | 0,130       | 0,111       | 0,125       | 0,122  |

**5.2.2.1.1. Análisis de Exposición Social**

- **Parámetro: Demanda vehicular**

**Tabla 39***Descriptores del parámetro demanda vehicular*

| <b>Parámetro:</b>   | <b>Demanda vehicular</b>      | <b>Peso Ponderado: 1,0</b> |
|---------------------|-------------------------------|----------------------------|
| <b>Descriptores</b> | DV1 > 6 000 veh. / día        | PDV1 0,490                 |
|                     | DV 2 4 001 – 6 000 veh. / día | PDV2 0,264                 |
|                     | DV 3 2 001 – 4 000 veh. / día | PDV3 0,137                 |
|                     | DV 4 400 – 2 000 veh. / día   | PDV4 0,070                 |
|                     | DV 5 < 400 veh. / día         | PDV5 0,039                 |

**Tabla 40***Matriz de comparación de pares - Demanda vehicular*

| <b>Descriptor</b> | <b>DV1</b> | <b>DV2</b> | <b>DV3</b> | <b>DV4</b> | <b>DV5</b> |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| DV1               | 1          | 3          | 5          | 7          | 7          |
| DV2               | 1/3        | 1          | 3          | 5          | 7          |
| DV3               | 1/5        | 1/3        | 1          | 3          | 5          |
| DV4               | 1/7        | 1/5        | 1/3        | 1          | 3          |
| DV5               | 1/7        | 1/7        | 1/5        | 1/3        | 1          |

**Tabla 41***Matriz de normalización de pares – Demanda vehicular*

| <b>Descriptor</b> | <b>DV1</b> | <b>DV2</b> | <b>DV3</b> | <b>DV4</b> | <b>DV5</b> | <b>Vector<br/>Priorización<br/>(Ponderación)</b> |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| DV1               | 0,550      | 0,642      | 0,524      | 0,429      | 0,304      | 0,490  |
| DV2               | 0,183      | 0,214      | 0,315      | 0,306      | 0,304      | 0,264  |
| DV3               | 0,110      | 0,071      | 0,105      | 0,184      | 0,217      | 0,137  |
| DV4               | 0,079      | 0,043      | 0,035      | 0,061      | 0,130      | 0,070  |
| DV5               | 0,079      | 0,031      | 0,021      | 0,020      | 0,043      | 0,039  |

### 5.2.2.1.2. Análisis de Fragilidad Social

- **Parámetro: Estado de conservación de la vía**

**Tabla 42**

*Descriptores del parámetro estado de conservación de vía*

| <b>Parámetro:</b>   |      | <b>Estado de conservación de la vía</b>   | <b>Peso Ponderado</b> | <b>0,650</b> |
|---------------------|------|---|-----------------------|--------------|
| <b>Descriptores</b> | ECV1 | Muy malo: La superficie de rodadura de la vía, presenta deterioros visibles sobre la carpeta de rodadura como asentamientos, grietas y fisuras transversales y longitudinales a la vía, además de ahuellamientos, piel de cocodrilo, parchados tanto en la calzada como en las bermas, la mayor parte del talud de la vía es inestable. | PECV1                 | 0,503        |
|                     | ECV2 | Malo: La superficie de rodadura de la vía presenta grietas y fisuras que se proyectan en ambo lados de la calzada y berma y longitudinalmente son de gran tamaño, también presenta piel de cocodrilo, estrías en el asfalto, ahuellamientos, parchados de manera puntual, la mayor parte del talud de la vía es estable.                | PECV2                 | 0,260        |
|                     | ECV3 | Regular: La superficie de rodadura de la vía presenta deterioro superficial poco apreciable como piel de cocodrilo, ahuellamientos, grietas, parchados en zonas puntuales tanto en la calzada como en las bermas laterales, sin embargo, la mayor parte del talud de la vía no se ve comprometido.                                      | PECV3                 | 0,134        |
|                     | ECV4 | Bueno: La superficie de rodadura no presenta deterioro de consideración, en zonas puntuales se presenta pequeñas parchados, fisuras y/o ahuellamientos menores, el deterioro es debido al uso normal de la vía, sin embargo, el talud de la vía es aceptable o no hay indicios de inestabilidad.  | PECV4                 | 0,068        |
|                     | ECV5 | Muy bueno: Superficie de rodadura sin defectos y con excelente regularidad superficial, el talud de la vía es estable.  | PECV5                 | 0,035        |

**Tabla 43***Matriz de comparación de pares – Estado de conservación de la vía*

| <b>Descriptor</b> | <b>ECV1</b> | <b>ECV2</b> | <b>ECV3</b> | <b>ECV4</b> | <b>ECV5</b> |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ECV1              | 1           | 3           | 5           | 7           | 9           |
| ECV2              | 1/3         | 1           | 3           | 5           | 7           |
| ECV3              | 1/5         | 1/3         | 1           | 3           | 5           |
| ECV4              | 1/7         | 1/5         | 1/3         | 1           | 3           |
| ECV5              | 1/9         | 1/7         | 1/5         | 1/3         | 1           |

- **Parámetro: Antigüedad de la vía**

**Tabla 44***Matriz de normalización de pares – Estado de conservación de vía*

| <b>Descriptor</b> | <b>ECV1</b> | <b>ECV2</b> | <b>ECV3</b> | <b>ECV4</b> | <b>ECV5</b> | <b>Vector Priorización (Ponderación)</b> |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| ECV1              | 0,560       | 0,642       | 0,524       | 0,429       | 0,360       | 0,503                                    |
| ECV2              | 0,187       | 0,214       | 0,315       | 0,306       | 0,280       | 0,260                                    |
| ECV3              | 0,112       | 0,071       | 0,105       | 0,184       | 0,200       | 0,134                                    |
| ECV4              | 0,080       | 0,043       | 0,035       | 0,061       | 0,120       | 0,068                                    |
| ECV5              | 0,062       | 0,031       | 0,021       | 0,020       | 0,040       | 0,035                                    |

**Tabla 45***Descriptor del parámetro antigüedad de construcción de vía*

| <b>Parámetro:</b> | <b>Antigüedad de la vía</b> | <b>Peso Ponderado: 0,35</b> |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Descriptor</b> | AV1                         | > 15 años                   |
|                   | AV2                         | 10 - 15 años                |
|                   | AV3                         | 6 - 10 años                 |
|                   | AV4                         | 3 - 6 años                  |
|                   | AV5                         | 1 - 3 años                  |

**Tabla 46***Matriz de comparación de pares – Antigüedad de la vía*

| <b>Descriptores</b> | <b>AV1</b> | <b>AV2</b> | <b>AV3</b> | <b>AV4</b> | <b>AV5</b> |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| AV1                 | 1          | 3          | 5          | 5          | 7          |
| AV2                 | 1/3        | 1          | 3          | 5          | 5          |
| AV3                 | 1/5        | 1/3        | 1          | 3          | 5          |
| AV4                 | 1/5        | 1/5        | 1/3        | 1          | 3          |
| AV5                 | 1/7        | 1/5        | 1/5        | 1/3        | 1          |

**Tabla 47***Matriz de normalización de pares – Antigüedad de la vía*

| <b>Descriptores</b> | <b>AV1</b> | <b>AV2</b> | <b>AV3</b> | <b>AV4</b> | <b>AV5</b> | <b>Vector<br/>Priorización<br/>(Ponderación)</b> |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| AV1                 | 0,533      | 0,634      | 0,524      | 0,349      | 0,333      | 0,475  |
| AV2                 | 0,178      | 0,211      | 0,315      | 0,349      | 0,238      | 0,258  |
| AV3                 | 0,107      | 0,070      | 0,105      | 0,209      | 0,238      | 0,146  |
| AV4                 | 0,107      | 0,042      | 0,035      | 0,070      | 0,143      | 0,079  |
| AV5                 | 0,076      | 0,042      | 0,021      | 0,023      | 0,048      | 0,042  |

### 5.2.2.1.3. Análisis de Resiliencia Social

- **Parámetro: Respuesta ante emergencias**

**Tabla 48**

*Descriptorios del parámetro respuesta a emergencias viales*

| <b>Parámetro</b>     | <b>Respuesta a emergencias viales</b> | <b>Peso ponderado: 1,0</b>   |       |       |
|----------------------|---------------------------------------|--|-------|-------|
| <b>Descriptorios</b> | REV1                                  | La respuesta ante emergencias son las 24 horas, los 365 días, brindarán la ayuda únicamente en carretera, no contempla reparación mecánica o eléctrica no contempla el traslado de vehículos o vías auxiliares.  | PREV1 | 0,503 |
|                      | REV2                                  | La respuesta ante emergencias son las 24 horas, los 365 días, brindarán la ayuda únicamente en carretera, no contempla reparación mecánica o eléctrica.  | PREV2 | 0,260 |
|                      | REV3                                  | Respuesta ante emergencias son las 24 horas, los 365 días, vigilancia y servicios higiénicos las 24 horas.   | PREV3 | 0,134 |
|                      | REV4                                  | Respuesta ante emergencias son las 24 horas, los 365 días, vigilancia y servicios higiénicos las 24 horas, además se ofrece servicios gratuitos de grúas y ambulancia.   | PREV4 | 0,068 |
|                      | REV5                                  | Respuesta ante emergencias son las 24 horas, los 365 días. Vigilancia y servicios higiénicos las 24 horas, además se ofrece servicios gratuitos de grúas y ambulancias, además de seguro contra accidentes. Hay teléfonos de emergencia gratuitos y equipados con sistema GSM o Satelital, ubicados en postes cada 10 kilómetros en toda la vía. | PREV5 | 0,035 |

**Tabla 49***Matriz de comparación de pares – Respuesta a emergencias viales*

| <b>Descriptor</b> | <b>REV1</b> | <b>REV2</b> | <b>REV3</b> | <b>REV4</b> | <b>REV5</b> |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| REV1              | 1           | 3           | 5           | 7           | 9           |
| REV2              | 1/3         | 1           | 3           | 5           | 7           |
| REV3              | 1/5         | 1/3         | 1           | 3           | 5           |
| REV4              | 1/7         | 1/5         | 1/3         | 1           | 3           |
| REV5              | 1/9         | 1/7         | 1/5         | 1/3         | 1           |

**Tabla 50***Matriz de normalización de pares – Respuesta a emergencias viales*

| <b>Descriptor</b> | <b>REV1</b> | <b>REV2</b> | <b>REV3</b> | <b>REV4</b> | <b>REV5</b> | <b>Vector<br/>Priorización<br/>(Ponderación)</b> |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| REV1              | 0,560       | 0,642       | 0,524       | 0,429       | 0,360       | 0,503  |
| REV2              | 0,187       | 0,214       | 0,315       | 0,306       | 0,280       | 0,260  |
| REV3              | 0,112       | 0,071       | 0,105       | 0,184       | 0,200       | 0,134  |
| REV4              | 0,080       | 0,043       | 0,035       | 0,061       | 0,120       | 0,068  |
| REV5              | 0,062       | 0,031       | 0,021       | 0,020       | 0,040       | 0,035  |

**5.2.2.2. Análisis de Dimensión Económico**

En esta dimensión, se analizó el impacto que produce la interrupción de la vía en las actividades económicas, así como los datos asociados a la reparación y mantenimiento. En términos de exposición económica, se consideró el servicio de transporte expuesto, es decir, el grado de afectación que causaría la interrupción de la vía en las actividades de transporte. La fragilidad económica se evaluó

caracterizando la vía, teniendo en cuenta factores como el tipo y estado del asfalto, el mantenimiento de la vía y la topografía del terreno, que representan una desventaja en términos de los costos asociados a la reparación y mantenimiento. En cuanto a la resiliencia económica, se valoró la capacidad del fondo de contingencia para responder ante emergencias, con el cual la concesionaria vial cuenta para enfrentar situaciones de peligro. En la figura 61, se muestra un esquema de la dimensión económica y, de la tabla 51 hasta la 68, se muestran los descriptores de cada parámetro, su matriz de comparación de pares y su ponderación del vector priorización.

**Figura 61**

*Esquema general del análisis de la dimensión económica*



**Tabla 51**

*Dimensión económica*

| <b>Código</b> | <b>Parámetros</b>     | <b>Peso Ponderado</b> |
|---------------|-----------------------|-----------------------|
| E_Ec          | Exposición Económica  | 0,633                 |
| F_Ec          | Fragilidad Económica  | 0,260                 |
| R_Ec          | Resiliencia Económica | 0,106                 |

**Tabla 52***Matriz de comparación de pares – Dimensión económica*

| Parámetros | E_Ec | F_Ec | R_Ec |
|------------|------|------|------|
| E_Ec       | 1    | 3    | 5    |
| F_Ec       | 1/3  | 1    | 3    |
| R_Ec       | 1/5  | 1/3  | 1    |

**Tabla 53***Matriz de normalización de pares - Dimensión económica*

| Parámetros | E_Ec  | F_Ec  | R_Ec  | Vector<br>Priorización<br>(Ponderación) |
|------------|-------|-------|-------|---|
| E_Ec       | 0,652 | 0,692 | 0,556 | 0,633                                   |
| F_Ec       | 0,217 | 0,231 | 0,333 | 0,260                                   |
| R_Ec       | 0,130 | 0,077 | 0,111 | 0,106                                   |

**5.2.2.2.1. Análisis de Exposición Económica**

- **Parámetro: Servicios de transporte expuestos**

**Tabla 54***Descriptorios del parámetro servicio de transporte expuesto*

| Parámetro            | Servicios de transporte expuesto       | Peso ponderado: 1,0 |
|----------------------|--|---------------------|
| <b>Descriptorios</b> | STE1 > 75% del transporte expuesto     | PSTE1 0,495         |
|                      | STE2 51% a 75% del transporte expuesto | PSTE2 0,254         |
|                      | STE3 26% a 50% del transporte expuesto | PSTE3 0,152         |
|                      | STE4 11% a 25% del transporte expuesto | PSTE4 0,064         |
|                      | STE5 ≤ 10% del transporte expuesto     | PSTE5 0,034         |

**Tabla 55***Matriz de comparación de pares – Servicio de transporte expuesto*

| <b>Descriptor</b> | <b>STE1</b> | <b>STE2</b> | <b>STE3</b> | <b>STE4</b> | <b>STE5</b> |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| STE1              | 1           | 3           | 5           | 7           | 9           |
| STE2              | 1/3         | 1           | 3           | 5           | 7           |
| STE3              | 1/5         | 1/3         | 1           | 5           | 5           |
| STE4              | 1/7         | 1/5         | 1/5         | 1           | 3           |
| STE5              | 1/9         | 1/7         | 1/5         | 1/3         | 1           |

**Tabla 56***Matriz de normalización de pares - Servicio de transporte expuesto*

| <b>Descriptor</b> | <b>STE1</b> | <b>STE2</b> | <b>STE3</b> | <b>STE4</b> | <b>STE5</b> | <b>Vector<br/>priorización<br/>(ponderación)</b> |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| STE1              | 0,560       | 0,642       | 0,532       | 0,382       | 0,360       | 0,495  |
| STE2              | 0,187       | 0,214       | 0,319       | 0,273       | 0,280       | 0,254  |
| STE3              | 0,112       | 0,071       | 0,106       | 0,273       | 0,200       | 0,152  |
| STE4              | 0,080       | 0,043       | 0,021       | 0,055       | 0,120       | 0,064  |
| STE5              | 0,062       | 0,031       | 0,021       | 0,018       | 0,040       | 0,034  |

#### 5.2.2.2. Análisis de Fragilidad Económica

- **Parámetro: Tipo y estado del asfalto**

**Tabla 57**

*Descriptores del parámetro tipo y estado del asfalto*

| <b>Parámetro</b>    |      | <b>Tipo y estado del asfalto</b>   | <b>Peso ponderado: 0,581</b> |       |
|---------------------|------|--|------------------------------|-------|
| <b>Descriptores</b> | TEA1 | Pavimento flexible, la superficie de rodadura de la vía presenta grietas en zonas puntuales de forma longitudinal y transversal, que se proyectan en ambos carriles de la carpeta asfáltica, se observa también en las bermas laterales, así mismo se observa una deformación crítica en un sector de la vía, presenta ahuellamientos y desgaste superficial producto de la alta transitabilidad de vehículos. | PTEA1                        | 0,488 |
|                     | TEA2 | Pavimento flexible, la superficie de rodadura de la vía presenta grietas longitudinales en zonas puntuales a lo largo de la carpeta asfáltica, así como en las bermas laterales, presenta ahuellamientos y desgaste superficial producto de la alta transitabilidad de vehículos.  | PTEA2                        | 0,240 |
|                     | TEA3 | Pavimento flexible, la superficie de rodadura de la vía presenta algunas grietas longitudinales en zonas puntuales a lo largo de la carpeta asfáltica, los ahuellamientos y grietas han sido parchados, presenta poco desgaste superficial.  | PTEA3                        | 0,136 |
|                     | TEA4 | Pavimento flexible, la superficie de rodadura de la vía se observa en buen estado, presenta algunas grietas longitudinales en zonas puntuales, los ahuellamientos y grietas han sido parchados, presenta poco desgaste superficial.  | PTEA4                        | 0,090 |
|                     | TEA5 | Pavimento flexible, la superficie de rodadura de la vía presenta un buen estado sin defectos y con buena regularidad superficial.  | PTEA5                        | 0,046 |

**Tabla 58***Matriz de comparación de pares – Tipo y estado del asfalto*

| <b>Descriptores</b> | <b>TEA1</b> | <b>TEA2</b> | <b>TEA3</b> | <b>TEA4</b> | <b>TEA5</b> |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| TEA1                | 1           | 3           | 5           | 5           | 7           |
| TEA2                | 1/3         | 1           | 3           | 3           | 5           |
| TEA3                | 1/5         | 1/3         | 1           | 3           | 3           |
| TEA4                | 1/5         | 1/3         | 1/3         | 1           | 3           |
| TEA5                | 1/7         | 1/5         | 1/3         | 1/3         | 1           |

**Tabla 59***Matriz de normalización de pares - Tipo y estado del asfalto*

| <b>Descriptores</b> | <b>TEA1</b> | <b>TEA2</b> | <b>TEA3</b> | <b>TEA4</b> | <b>TEA5</b> | <b>Vector<br/>Priorización<br/>(Ponderación)</b> |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| TEA1                | 0,533       | 0,616       | 0,517       | 0,405       | 0,368       | 0,488  |
| TEA2                | 0,178       | 0,205       | 0,310       | 0,243       | 0,263       | 0,240  |
| TEA3                | 0,107       | 0,068       | 0,103       | 0,243       | 0,158       | 0,136  |
| TEA4                | 0,107       | 0,068       | 0,034       | 0,081       | 0,158       | 0,090  |
| TEA5                | 0,076       | 0,041       | 0,034       | 0,027       | 0,053       | 0,046  |

- **Parámetro: Mantenimiento de vía**

**Tabla 60**

*Descriptores del parámetro mantenimiento de vía*

| <b>Parámetro</b>    | <b>Mantenimiento de vía</b> | <b>Peso ponderado</b>   | <b>0,309</b> |       |
|---------------------|-----------------------------|---|--------------|-------|
| <b>Descriptores</b> | MV1                         | Rehabilitación implica intervenciones más significativas que buscan restaurar la capacidad estructural y funcional del pavimento, como recapado donde se aplican una nueva capa de asfalto sobre el pavimento existente cada cierto tiempo, en especial entre el km 171 al Km 172 producto del asentamiento diferencial.        | PMV1         | 0,482 |
|                     | MV2                         | Mantenimiento rutinario, trabajos menores, pero frecuentes para preservar la condición superficial y funcional de la infraestructura vial como, sellado de fisuras y grietas, parchado superficial y profundo tanto en la calzada como en berma, conservación de señales, elementos de seguridad y pintados                     | PMV2         | 0,259 |
|                     | MV3                         | Mantenimiento preventivo, son reparaciones menores y muy frecuentes, como sellado de grietas y fisuras, sellado de superficies, puede evitar que los problemas empeoren y extender la vida útil del asfalto.  | PMV3         | 0,156 |
|                     | MV4                         | Mantenimiento periódico, son trabajos de menor frecuencia bajo una programación o en respuesta a ciertas condiciones como, tratamiento o renovación de la superficie de rodadura, reparaciones o mejoras en zonas específicas de la infraestructura vial, esto involucra también bermas, señalizaciones y perfilado de taludes. | PMV4         | 0,066 |
|                     | MV5                         | Mantenimiento de emergencias son trabajos ocasionales, pero extraordinario para recuperar y transitabilidad a la infraestructura vial durante un tiempo limitado como: limpieza de calzada por derrumbes y habilitación de desvíos.   | PMV5         | 0,038 |

**Tabla 61***Matriz de comparación de pares – Mantenimiento de vía*

| <b>Descriptor</b> | <b>MV1</b> | <b>MV2</b> | <b>MV3</b> | <b>MV4</b> | <b>MV5</b> |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| MV1               | 1          | 3          | 5          | 7          | 7          |
| MV2               | 1/3        | 1          | 3          | 5          | 7          |
| MV3               | 1/5        | 1/3        | 1          | 5          | 5          |
| MV4               | 1/7        | 1/5        | 1/5        | 1          | 3          |
| MV5               | 1/7        | 1/7        | 1/5        | 1/3        | 1          |

**Tabla 62***Matriz de normalización de pares - Mantenimiento de vía*

| <b>Descriptor</b> | <b>MV1</b> | <b>MV2</b> | <b>MV3</b> | <b>MV4</b> | <b>MV5</b> | <b>Vector<br/>Priorización<br/>(Ponderación)</b> |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| MV1               | 0,550      | 0,642      | 0,532      | 0,382      | 0,304      | 0,482  |
| MV2               | 0,183      | 0,214      | 0,319      | 0,273      | 0,304      | 0,259  |
| MV3               | 0,110      | 0,071      | 0,106      | 0,273      | 0,217      | 0,156  |
| MV4               | 0,079      | 0,043      | 0,021      | 0,055      | 0,130      | 0,066  |
| MV5               | 0,079      | 0,031      | 0,021      | 0,018      | 0,043      | 0,038  |

- **Parámetro: Pendiente de la Vía**

**Tabla 63***Descriptor del parámetro pendiente de la vía*

| <b>Parámetro:</b> | <b>Pendiente de la Vía</b> | <b>Peso Ponderado:</b> | <b>0,110</b> |
|-------------------|----------------------------|------------------------|--------------|
| <b>Descriptor</b> | PV1                        | > 2°                   | PTT1 0,469   |
|                   | PV2                        | 1,5° - 2°              | PTT2 0,271   |
|                   | PV3                        | 1° - 1,5°              | PTT3 0,142   |
|                   | PV4                        | 0,5° - 1°              | PTT4 0,077   |
|                   | PV5                        | < 0,5°                 | PTT5 0,042   |

**Tabla 64***Matriz de comparación de pares – Pendiente de la vía*

| <b>Descriptor</b> | <b>PV1</b> | <b>PV2</b> | <b>PV3</b> | <b>PV4</b> | <b>PV5</b> |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| PV1               | 1          | 3          | 5          | 5          | 7          |
| PV2               | 1/3        | 1          | 3          | 5          | 7          |
| PV3               | 1/5        | 1/3        | 1          | 3          | 5          |
| PV4               | 1/5        | 1/5        | 1/3        | 1          | 3          |
| PV5               | 1/7        | 1/7        | 1/3        | 1/3        | 1          |

**Tabla 65***Matriz de normalización de pares – Pendiente de la vía*

| <b>Descriptor</b> | <b>PV1</b> | <b>PV2</b> | <b>PV3</b> | <b>PV4</b> | <b>PV5</b> | <b>Vector<br/>Priorización<br/>(Ponderación)</b> |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
| PV1               | 0,533      | 0,642      | 0,517      | 0,349      | 0,304      | 0,469  |
| PV2               | 0,178      | 0,214      | 0,310      | 0,349      | 0,304      | 0,271  |
| PV3               | 0,107      | 0,071      | 0,103      | 0,209      | 0,217      | 0,142  |
| PV4               | 0,107      | 0,043      | 0,034      | 0,070      | 0,130      | 0,077  |
| PV5               | 0,076      | 0,031      | 0,034      | 0,023      | 0,043      | 0,042  |

5.2.2.2.3. *Análisis de Resiliencia Económica*

- **Parámetro: Fondo de contingencia para respuesta a emergencias**

**Tabla 66**

*Descriptorios del parámetro fondo de contingencia respuesta a emergencias*

| <b>Parámetro:</b>    | <b>Fondo de Contingencia para Respuesta a Emergencias</b> | <b>Peso Ponderado:</b>            | <b>1,0</b> |       |
|----------------------|---|-----------------------------------|------------|-------|
| <b>Descriptorios</b> | FCRE1   | Cubre el 50% de las emergencias.  | PFCRE1     | 0,495 |
|                      | FCRE2   | Cubre el 60% de las emergencias.  | PFCRE2     | 0,254 |
|                      | FCRE3   | Cubre el 70% de las emergencias.  | PFCRE3     | 0,152 |
|                      | FCRE4   | Cubre el 90% de las emergencias.  | PFCRE4     | 0,064 |
|                      | FCRE5   | Cubre el 100% de las emergencias. | PFCRE5     | 0,034 |

**Tabla 67**

*Matriz de comparación de pares – Fondo de contingencia respuesta a emergencias*

| <b>Descriptorios</b> | <b>FCRE1</b> | <b>FCRE2</b> | <b>FCRE3</b> | <b>FCRE4</b> | <b>FCRE5</b> |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| FCRE1                | 1            | 3            | 5            | 7            | 9            |
| FCRE2                | 1/3          | 1            | 3            | 5            | 7            |
| FCRE3                | 1/5          | 1/3          | 1            | 5            | 5            |
| FCRE4                | 1/7          | 1/5          | 1/5          | 1            | 3            |
| FCRE5                | 1/9          | 1/7          | 1/5          | 1/3          | 1            |

**Tabla 68**

*Matriz de normalización de pares – Fondo de contingencia respuesta a emergencias*

| <b>Descriptor</b> | <b>FCRE1</b> | <b>FCRE2</b> | <b>FCRE3</b> | <b>FCRE4</b> | <b>FCRE5</b> | <b>Vector<br/>priorización<br/>(ponderación)</b> |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
| FCRE1             | 0,560        | 0,642        | 0,532        | 0,382        | 0,360        | 0,495  |
| FCRE2             | 0,187        | 0,214        | 0,319        | 0,273        | 0,280        | 0,254  |
| FCRE3             | 0,112        | 0,071        | 0,106        | 0,273        | 0,200        | 0,152  |
| FCRE4             | 0,080        | 0,043        | 0,021        | 0,055        | 0,120        | 0,064  |
| FCRE5             | 0,062        | 0,031        | 0,021        | 0,018        | 0,040        | 0,034  |

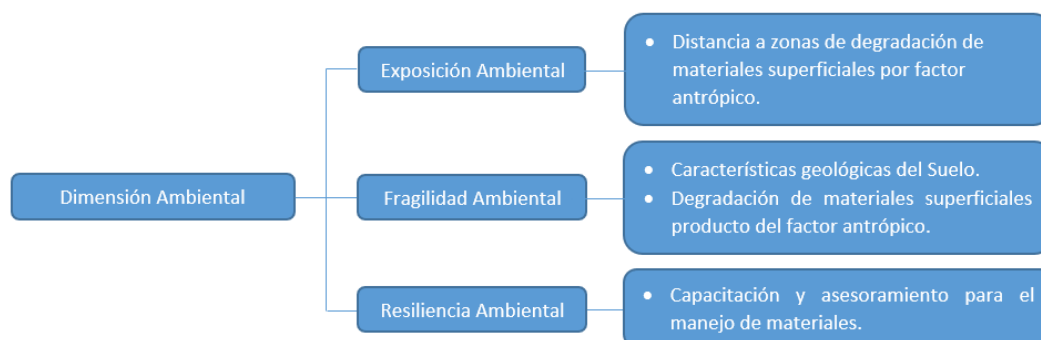
### **5.2.2.3. Análisis de Dimensión Ambiental**

En esta dimensión, se analizó la geología y la topografía entorno al área de estudio para poder entender como el deslizamiento podría afectar su entorno o como el entorno está contribuyendo a la desestabilización de la vía. En términos de exposición ambiental, se consideró la distancia a zonas de degradación de materiales superficiales por factor antrópico, es decir, las modificaciones del terreno, cortes y rellenos que está realizando el ser humano entorno al área de estudio. La fragilidad ambiental se evaluó caracterizando la geología del suelo y las prácticas de degradación de materiales superficiales por factor antrópico, que representan una desventaja en términos de modificación del equilibrio inicial de la resistencia de los materiales. En cuanto a la resiliencia económica, se valoró la capacidad y asesoramiento para el manejo de los materiales. En la figura 62, se

muestra un esquema de la dimensión ambiental y, desde la tabla 69 hasta la 83, se muestran los descriptores de cada parámetro, su matriz de comparación de pares y su ponderación del vector priorización.

**Figura 62**

*Esquema general del análisis de la dimensión social*



**Tabla 69**

*Dimensión ambiental*

| <b>Código</b> | <b>Parámetros</b>     | <b>Peso Ponderado</b> |
|---------------|-----------------------|-----------------------|
| E_Am          | Exposición Ambiental  | 0,539                 |
| F_Am          | Fragilidad Ambiental  | 0,297                 |
| R_Am          | Resiliencia Ambiental | 0,164                 |

**Tabla 70**

*Matriz de comparación de pares – Dimensión ambiental*

| <b>Parámetros</b> | <b>E_Am</b> | <b>F_Am</b> | <b>R_Am</b> |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| E_Am              | 1           | 2           | 3           |
| F_Am              | 1/2         | 1           | 2           |
| R_Am              | 1/3         | 1/2         | 1           |

**Tabla 71***Matriz de normalización de pares – Dimensión ambiental*

| <b>Parámetros</b> | <b>E_Am</b> | <b>F_Am</b> | <b>R_Am</b> | <b>Vector<br/>priorización<br/>(ponderación)</b> |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|--|
| E_Am              | 0,545       | 0,571       | 0,500       | 0,539  |
| F_Am              | 0,273       | 0,286       | 0,333       | 0,297  |
| R_Am              | 0,182       | 0,143       | 0,167       | 0,164  |

**5.2.2.3.1. Análisis de Exposición Ambiental**

- **Parámetro: Distancia a zonas de degradación de materiales superficiales por factor antrópico**

**Tabla 72**

*Descriptores del parámetro distancia a zonas de degradación de materiales superficiales por factor antrópico*

| <b>Parámetro</b>    | <b>Distancia a zonas de degradación de materiales superficiales por factor antrópico</b> |                  | <b>Peso ponderado: 1,0</b> |       |
|---------------------|--|------------------|----------------------------|-------|
| <b>Descriptores</b> | DZD1   | < 50 m           | PDZD1                      | 0,482 |
|                     | DZD2   | De 50 m a 100 m  | PDZD2                      | 0,259 |
|                     | DZD3   | De 100 m a 200 m | PDZD3                      | 0,156 |
|                     | DZD4   | De 200 m a 500 m | PDZD4                      | 0,066 |
|                     | DZD5   | > 500 m          | PDZD5                      | 0,038 |

**Tabla 73**

*Matriz de comparación de pares – Distancia a zonas de degradación de materiales superficiales por factor antrópico*

| <b>Descriptor</b> | <b>DMS1</b> | <b>DMS2</b> | <b>DMS3</b> | <b>DMS4</b> | <b>DMS5</b> |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| DMS1              | 1           | 2           | 5           | 7           | 7           |
| DMS2              | 1/2         | 1           | 3           | 5           | 7           |
| DMS3              | 1/5         | 1/3         | 1           | 5           | 5           |
| DMS4              | 1/7         | 1/5         | 1/5         | 1           | 3           |
| DMS5              | 1/9         | 1/7         | 1/5         | 1/3         | 1           |

**Tabla 74**

*Matriz de normalización de pares – Distancia a zonas de degradación de materiales superficiales por factor antrópico*

| <b>Descriptor</b> | <b>DMS1</b> | <b>DMS2</b> | <b>DMS3</b> | <b>DMS4</b> | <b>DMS5</b> | <b>Vector<br/>priorización<br/>(ponderación)</b> |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| DMS1              | 0,512       | 0,544       | 0,532       | 0,382       | 0,304       | 0,455  |
| DMS2              | 0,256       | 0,272       | 0,319       | 0,273       | 0,304       | 0,285  |
| DMS3              | 0,102       | 0,091       | 0,106       | 0,273       | 0,217       | 0,158  |
| DMS4              | 0,073       | 0,054       | 0,021       | 0,055       | 0,130       | 0,067  |
| DMS5              | 0,057       | 0,039       | 0,021       | 0,018       | 0,043       | 0,036  |

### 5.2.2.3.2. *Análisis de Fragilidad Ambiental*

- **Parámetro: Características geológicas del suelo**

**Tabla 75**

*Descriptorios del parámetro características geológicas del suelo*

| <b>Parámetro</b>     | <b>Características geológicas del suelo</b> | <b>Peso ponderado</b>   | <b>0,60</b> |       |
|----------------------|---|---|-------------|-------|
| <b>Descriptorios</b> | CGS1  | <p>Materiales aluviales inconsolidados, se caracterizan por presentar arenas mal gradadas con limo de consistencia media, presenta zonas con presencia de fallas pequeñas locales y plegamiento moderado visible en los estratos, además de agrietamientos sobre carpeta asfáltica.</p> | PCGS1       | 0,495 |
|                      | CGS2  | <p>Materiales aluviales inconsolidados, se caracterizan por presentar materiales de arenas y limo y arcillas de consistencia media, presenta zonas de fallas pequeñas locales.</p>  | PCGS2       | 0,254 |
|                      | CGS3  | <p>Materiales aluviales inconsolidados, se caracterizan por presentar arenas mal gradadas con limo y grava, medianamente compactas.</p>   | PCGS3       | 0,152 |
|                      | CGS4  | <p>Materiales aluviales inconsolidados, se caracterizan por presentar materiales de arenas, limo y gravas compactas.</p>  | PCGS4       | 0,064 |
|                      | CGS5  | <p>Materiales aluviales, se caracterizan por presentar arenas, limo y gravas entremezclados de consistencia compacta.</p>   | PCGS5       | 0,034 |

**Tabla 76***Matriz de comparación de pares – Características geológicas del suelo*

| <b>Descriptor</b> | <b>CGS1</b> | <b>CGS2</b> | <b>CGS3</b> | <b>CGS4</b> | <b>CGS5</b> |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| CGS1              | 1           | 3           | 5           | 7           | 9           |
| CGS2              | 1/3         | 1           | 3           | 5           | 7           |
| CGS3              | 1/5         | 1/3         | 1           | 5           | 5           |
| CGS4              | 1/7         | 1/5         | 1/5         | 1           | 3           |
| CGS5              | 1/9         | 1/7         | 1/5         | 1/3         | 1           |

**Tabla 77***Matriz de normalización de pares - Características geológicas del suelo*

| <b>Descriptor</b> | <b>CGS1</b> | <b>CGS2</b> | <b>CGS3</b> | <b>CGS4</b> | <b>CGS5</b> | <b>Vector priorización<br/>(ponderación)</b> |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| CGS1              | 0,560       | 0,642       | 0,532       | 0,382       | 0,360       | 0,495  |
| CGS2              | 0,187       | 0,214       | 0,319       | 0,273       | 0,280       | 0,254  |
| CGS3              | 0,112       | 0,071       | 0,106       | 0,273       | 0,200       | 0,152  |
| CGS4              | 0,080       | 0,043       | 0,021       | 0,055       | 0,120       | 0,064  |
| CGS5              | 0,062       | 0,031       | 0,021       | 0,018       | 0,040       | 0,034  |

- **Parámetro: Degradación de materiales superficiales producto del factor antrópico**

**Tabla 78**

*Descriptorios del parámetro degradación de materiales superficiales producto del factor antrópico*

| <b>Parámetro</b>     | <b>Degradación de materiales superficiales por factor antrópico</b> | <b>Peso ponderado</b>  | <b>0,40</b> |       |
|----------------------|---|--|-------------|-------|
| <b>Descriptorios</b> | DMS1  | Prácticas negligentes sin asesoramiento técnico, acarreo y cortes de material en zonas de terrazas, por debajo del nivel de la vía.            | PDMS1       | 0,455 |
|                      | DMS2  | Prácticas negligentes sin asesoramiento técnico, corte del material para terrenos de playa en zonas de terrazas, por debajo de la vía          | PDMS2       | 0,285 |
|                      | DMS3  | Poco conocimiento técnico de la modificación de la superficie de del terreno para accesos indiscriminados de vehículos hacia la zona de playa. | PDMS3       | 0,158 |
|                      | DMS4  | Accesos indiscriminados para cruce peatonal hacia la zona de playa.  | PDMS4       | 0,067 |
|                      | DMS5  | Sin mayores modificaciones de materiales superficiales.  | PDMS5       | 0,036 |

**Tabla 79**

*Matriz de comparación de pares - Degradación de materiales superficiales  
producto del factor antrópico*

| <b>Descriptores</b> | <b>DMS1</b> | <b>DMS2</b> | <b>DMS3</b> | <b>DMS4</b> | <b>DMS5</b> |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| DMS1                | 1           | 2           | 5           | 7           | 7           |
| DMS2                | 1/2         | 1           | 3           | 5           | 7           |
| DMS3                | 1/5         | 1/3         | 1           | 5           | 5           |
| DMS4                | 1/7         | 1/5         | 1/5         | 1           | 3           |
| DMS5                | 1/9         | 1/7         | 1/5         | 1/3         | 1           |

**Tabla 80**

*Matriz de Normalización de Pares - Degradación de materiales superficiales  
producto del factor antrópico*

| <b>Descriptores</b> | <b>DMS1</b> | <b>DMS2</b> | <b>DMS3</b> | <b>DMS4</b> | <b>DMS5</b> | <b>Vector<br/>priorización<br/>(ponderación)</b> |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| DMS1                | 0,512       | 0,544       | 0,532       | 0,382       | 0,304       | 0,455  |
| DMS2                | 0,256       | 0,272       | 0,319       | 0,273       | 0,304       | 0,285  |
| DMS3                | 0,102       | 0,091       | 0,106       | 0,273       | 0,217       | 0,158  |
| DMS4                | 0,073       | 0,054       | 0,021       | 0,055       | 0,130       | 0,067  |
| DMS5                | 0,057       | 0,039       | 0,021       | 0,018       | 0,043       | 0,036  |

*Nota.* Elaboración propia

5.2.2.3.3. *Análisis de Resiliencia Ambiental*

- **Parámetro: Capacitación y asesoramiento para el manejo de materiales.**

**Tabla 81**

*Descriptor del parámetro capacitación y asesoramiento para el manejo de materiales*

| <b>Parámetro</b>  | <b>Capacitación y asesoramiento para el manejo de materiales</b> | <b>Peso ponderado: 1,0</b>  |        |       |
|-------------------|--|---|--------|-------|
| <b>Descriptor</b> | CAMM1  | Las personas que incurren en este tipo de actividades están escasamente capacitadas y no cuentan con permisos para los trabajos.                            | PCAMM1 | 0,495 |
|                   | CAMM2  | Las personas que realizan estas actividades tienen un conocimiento empírico sobre este tipo de actividades, pero no cuentan con permisos para los trabajos. | PCAMM2 | 0,254 |
|                   | CAMM3  | Las personas que realizan estas actividades conocen de esta labor, pero no cuentan con todos los permisos respectivos.                                      | PCAMM3 | 0,152 |
|                   | CAMM4  | Las personas que realizan estas actividades están capacitadas y cuentan con los permisos respectivos.   | PCAMM4 | 0,064 |
|                   | CAMM5  | Las personas que incurren en este tipo de actividades tienen asesoramiento técnico y están debidamente capacitadas, y cuentan con los permisos respectivos. | PCAMM5 | 0,034 |

**Tabla 82**

*Matriz de comparación de pares - Capacitación y asesoramiento para el manejo de materiales*

| <b>Descriptores</b> | <b>CAMM1</b> | <b>CAMM2</b> | <b>CAMM3</b> | <b>CAMM4</b> | <b>CAMM5</b> |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| CAMM1               | 1            | 3            | 5            | 7            | 9            |
| CAMM3               | 1/3          | 1            | 3            | 5            | 7            |
| CAMM2               | 1/5          | 1/3          | 1            | 5            | 5            |
| CAMM4               | 1/7          | 1/5          | 1/5          | 1            | 3            |
| CAMM5               | 1/9          | 1/7          | 1/5          | 1/3          | 1            |

**Tabla 83**

*Matriz de normalización de pares - Capacitación y asesoramiento para el manejo de materiales*

| <b>Descriptores</b> | <b>CAMM1</b> | <b>CAMM2</b> | <b>CAMM3</b> | <b>CAMM4</b> | <b>CAMM5</b> | <b>Vector<br/>priorización<br/>(ponderación)</b> |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
| CAMM1               | 0,560        | 0,642        | 0,532        | 0,382        | 0,360        | 0,495  |
| CAMM3               | 0,187        | 0,214        | 0,319        | 0,273        | 0,280        | 0,254  |
| CAMM2               | 0,112        | 0,071        | 0,106        | 0,273        | 0,200        | 0,152  |
| CAMM4               | 0,080        | 0,043        | 0,021        | 0,055        | 0,120        | 0,064  |
| CAMM5               | 0,062        | 0,031        | 0,021        | 0,018        | 0,040        | 0,034  |

### ***5.2.3 Definición y Estratificación del Nivel de Vulnerabilidad***

Los niveles de vulnerabilidad del elemento expuesto resultaron del procesamiento de la información de cada una de las dimensiones: social, económica y ambiental, descritos y analizados en el ítem anterior. El resumen de estos análisis se puede observar en la tabla 84. Sobre esta base numérica, se realizó diferentes cálculos para llegar a determinar el rango del nivel de vulnerabilidad, tal como se observa en la tabla 85.

El tramo de la vía en estudio que es el elemento expuesto fue evaluado mediante subtramos. Los resultados se proyectaron en una base de datos de Excel que luego se pasaron a un sistema de información geográfica (SIG). Mediante el uso del Software Arcgis, se generó el mapa de vulnerabilidad. Finalmente, los niveles de vulnerabilidad que se determinaron son: muy alto, alto, medio y bajo, según se muestra en la tabla 86 y la estratificación por nivel de vulnerabilidad se muestra en la tabla 87, el mapa de vulnerabilidad del elemento expuesto se muestra en el anexo 14.

**Tabla 84**

*Resumen de los parámetros de vulnerabilidad*

| Dimensión |      | Factor             |       | Parámetro                        |      | Descriptor   |   |       |             |       |
|-----------|------|--------------------|-------|----------------------------------|------|--|---|-------|-------------|-------|
| Nombre    | Peso | Nombre             | Peso  | Nombre                           | Peso | Clasificación  | Peso  |       |             |       |
| Social    | 0,60 | Exposición social  | 0,648 | Demanda vehicular                | 1,00 | > 6 000 veh. / día   | 0,490   |       |             |       |
|           |      |                    |       |                                  |      | 4 001 – 6 000 veh. / día   | 0,264   |       |             |       |
|           |      |                    |       |                                  |      | 2 001 – 4 000 veh. / día   | 0,137   |       |             |       |
|           |      |                    |       |                                  |      | 4 00 – 2 000 veh. / día  | 0,070   |       |             |       |
|           |      |                    |       |                                  |      | < 400 veh. / día   | 0,039   |       |             |       |
|           |      | Fragilidad social  | 0,230 | Estado de conservación de la vía | 0,65 | 0,35   | Muy malo: La superficie de rodadura de la vía, presenta deterioros visibles sobre la carpeta de rodadura como asentamientos, grietas y fisuras transversales y longitudinales a la vía, además de ahuellamientos, piel de cocodrilo, parchados tanto en la calzada como en las bermas, la mayor parte del talud de la vía es inestable. | 0,503 |             |       |
|           |      |                    |       |                                  |      |  | Malo: La superficie de rodadura de la vía presenta grietas y fisuras que se proyectan en ambo lados de la calzada y berma y longitudinalmente son de gran tamaño, también presenta piel de cocodrilo, estrías en el asfalto, ahuellamientos, parchados de manera puntual, la mayor parte del talud de la vía es estable.                | 0,260 |             |       |
|           |      |                    |       |                                  |      |  | Regular: La superficie de rodadura de la vía presenta deterioro superficial poco apreciable como piel de cocodrilo, ahuellamientos, grietas, parchados en zonas puntuales tanto en la calzada como en las bermas laterales, sin embargo, la mayor parte del talud de la vía no se ve comprometido.                                      | 0,134 |             |       |
|           |      |                    |       |                                  |      |  | Bueno: La superficie de rodadura no presenta deterioro de consideración, en zonas puntuales se presenta pequeñas parchados, fisuras y/o ahuellamientos menores, el deterioro es debido al uso normal de la vía, sin embargo, el talud de la vía es aceptable o no hay indicios de inestabilidad.  | 0,068 |             |       |
|           |      |                    |       |                                  |      |  | Muy bueno: Superficie de rodadura sin defectos y con excelente regularidad superficial, el talud de la vía es estable.  | 0,035 |             |       |
|           |      |                    |       |                                  |      |  | Antigüedad de la vía  | 0,35  | > 12 años   | 0,475 |
|           |      |                    |       |                                  |      |  |   |       | 6 - 12 años | 0,258 |
|           |      |                    |       |                                  |      |  |   |       | 3 - 6 años  | 0,146 |
|           |      |                    |       |                                  |      |  |   |       | 1 - 3 años  | 0,079 |
|           |      |                    |       |                                  |      |  |   |       | < 1 año     | 0,042 |
|           |      | Resiliencia social | 0,122 | Respuesta a emergencias viales   | 1,00 | La respuesta ante emergencias son las 24 horas, los 365 días, le brindarán la ayuda únicamente en carretera, no contempla reparación mecánica o eléctrica no contempla el traslado de vehículos o vías auxiliares.   | 0,503   |       |             |       |
|           |      |                    |       |                                  |      | La respuesta ante emergencias son las 24 horas, los 365 días, le brindarán la ayuda únicamente en carretera, no contempla reparación mecánica o eléctrica.   | 0,260   |       |             |       |
|           |      |                    |       |                                  |      | Respuesta ante emergencias son las 24 horas, los 365 días, vigilancia y servicios higiénicos las 24 horas.   | 0,134   |       |             |       |
|           |      |                    |       |                                  |      | Respuesta ante emergencias son las 24 horas, los 365 días, vigilancia y servicios higiénicos las 24 horas, además se ofrece servicios gratuitos de grúas y ambulancia.   | 0,068   |       |             |       |
|           |      |                    |       |                                  |      | Respuesta ante emergencias son las 24 horas, los 365 días. Vigilancia y servicios higiénicos las 24 horas, además se ofrece servicios gratuitos de grúas y ambulancias, además de seguro contra accidentes, Hay teléfonos de emergencia gratuitos y equipados con sistema GSM o Satelital, ubicados en postes cada 10 kilómetros en toda la vía. | 0,035   |       |             |       |

| Dimensión             |                      | Factor                                      |                           | Parámetro                          |  | Descriptor                          |           |       |
|-----------------------|----------------------|---|---------------------------|------------------------------------|--|-------------------------------------|-----------|-------|
| Nombre                | Peso                 | Nombre                                      | Peso                      | Nombre                             | Peso   | Clasificación                       | Peso      |       |
| Económica             | 30 %                 | Exposición económica                        | 0,633                     | Servicios de Transporte expuestos  | 1,0  | > 75 % del transporte expuesto      | 0,495     |       |
|                       |                      |   |                           |                                    |  | 51 % a 75 % del transporte expuesto | 0,254     |       |
|                       |                      |   |                           |                                    |  | 26 % a 50 % del transporte expuesto | 0,152     |       |
|                       |                      |   |                           |                                    |  | 11 % a 25 % del transporte expuesto | 0,064     |       |
|                       |                      |   |                           |                                    |  | ≤ 10 % del transporte expuesto      | 0,034     |       |
|                       | Fragilidad económica | 0,260                                       | Tipo y estado del asfalto | 0,58                               | Pavimento flexible, la superficie de rodadura de la vía presenta grietas en zonas puntuales de forma longitudinal y transversal, que se proyectan en ambos carriles de la carpeta asfáltica, se observa también en las bermas laterales, así mismo se observa una deformación crítica en un sector de la vía, presenta ahuellamientos y desgaste superficial producto de la alta transitabilidad de vehículos. | 0,488                               |           |       |
|                       |                      |   |                           |                                    | Pavimento flexible, la superficie de rodadura de la vía presenta grietas longitudinales en zonas puntuales a lo largo de la carpeta asfáltica, así como en las bermas laterales, presenta ahuellamientos y desgaste superficial producto de la alta transitabilidad de vehículos.  | 0,240                               |           |       |
|                       |                      |   |                           |                                    | Pavimento flexible, la superficie de rodadura de la vía presenta algunas grietas longitudinales en zonas puntuales a lo largo de la carpeta asfáltica, los ahuellamientos y grietas han sido parchados, presenta poco desgaste superficial.  | 0,136                               |           |       |
|                       |                      |   |                           |                                    | Pavimento flexible, la superficie de rodadura de la vía se observa en buen estado, presenta algunas grietas longitudinales en zonas puntuales, los ahuellamientos y grietas han sido parchados, presenta poco desgaste superficial.  | 0,090                               |           |       |
|                       |                      |   |                           |                                    | Pavimento flexible, la superficie de rodadura de la vía presenta un buen estado sin defectos y con buena regularidad superficial.  | 0,046                               |           |       |
|                       |                      |   |                           |                                    | Rehabilitación, implica intervenciones más significativas que buscan restaurar la capacidad estructural y funcional del pavimento, como recapado donde se aplica una nueva capa de asfalto sobre el pavimento existente cada cierto tiempo, en especial entre el km 171 al Km 172 producto del asentamiento diferencial.   | 0,482                               |           |       |
|                       |                      |   |                           |                                    | Mantenimiento rutinario, trabajos menores pero frecuentes para preservar la condición superficial y funcional de la infraestructura vial como, sellado de fisuras y grietas, parchado superficial y profundo tanto en la calzada como en berma, conservación de señales, elementos de seguridad y pintados   | 0,259                               |           |       |
|                       |                      |   |                           |                                    | Mantenimiento preventivo, son reparaciones menores y muy frecuentes, como sellado de grietas y fisuras, sellado de superficies, puede evitar que los problemas empeoren y extender la vida útil del asfalto.   | 0,156                               |           |       |
|                       |                      |   |                           |                                    | Mantenimiento periódico, son trabajos de menor frecuencia bajo una programación o en respuesta a ciertas condiciones como, tratamiento o renovación de la superficie de rodadura, reparaciones o mejoras en zonas específicas de la infraestructura vial, esto involucra también bermas, señalizaciones y perfilado de taludes.  | 0,066                               |           |       |
|                       |                      |   |                           |                                    | Mantenimiento de emergencias son trabajos ocasionales, pero extraordinario para recuperar y transitabilidad a la infraestructura vial durante un tiempo limitado como: limpieza de calzada por derrumbes y habilitación de desvíos.  | 0,038                               |           |       |
|                       |                      |   |                           |                                    | Pendiente de la vía  | 0,11                                | > 2°      | 0,469 |
|                       |                      |   |                           |                                    |  |                                     | 1.5° - 2° | 0,271 |
|                       |                      |   |                           |                                    |  |                                     | 1° - 1.5° | 0,142 |
|                       |                      |   |                           |                                    |  |                                     | 0.5° - 1° | 0,077 |
|                       |                      |   |                           |                                    |  |                                     | < 0.5°    | 0,042 |
| Resiliencia económica | 0,106                | Fondo de contingencia respuesta emergencias | 1,0                       | Cubre el 50 % de las emergencias.  | 0,495  |                                     |           |       |
|                       |                      |   |                           | Cubre el 60 % de las emergencias.  | 0,254  |                                     |           |       |
|                       |                      |   |                           | Cubre el 70 % de las emergencias.  | 0,152  |                                     |           |       |
|                       |                      |   |                           | Cubre el 90 % de las emergencias.  | 0,064  |                                     |           |       |
|                       |                      |   |                           | Cubre el 100 % de las emergencias. | 0,034  |                                     |           |       |

| Dimensión |      | Factor                |       | Parámetro   |      | Descriptor   |       |  |       |
|-----------|------|-----------------------|-------|---|------|--|-------|--|-------|
| Nombre    | Peso | Nombre                | Peso  | Nombre  | Peso | Clasificación  | Peso  |  |       |
| Ambiental | 10%  | Exposición ambiental  | 0,539 | Distancia a zonas de degradación de materiales superficiales por factor antrópico | 1,0  | < 50 m   | 0,482 |  |       |
|           |      |                       |       |   |      | De 50 m a 100 m  | 0,259 |  |       |
|           |      |                       |       |   |      | De 100 m a 200 m   | 0,156 |  |       |
|           |      |                       |       |   |      | De 200 m a 500 m   | 0,066 |  |       |
|           |      |                       |       |   |      | > 500 m  | 0,038 |  |       |
|           |      | Fragilidad ambiental  | 0,297 | Características Geológicas del Suelo  | 0,6  | Materiales aluviales inconsolidados, se caracterizan por presentar arenas mal gradadas con limo de consistencia media, presenta zonas con presencia de fallas pequeñas locales y plegamiento moderado visible en los estratos, además de agrietamientos sobre carpeta asfáltica. | 0,495 |  |       |
|           |      |                       |       |   |      | Materiales aluviales inconsolidados, se caracterizan por presentar materiales de arenas y limo y arcillas de consistencia media, presenta zonas de fallas pequeñas locales.  | 0,254 |  |       |
|           |      |                       |       |   |      | Materiales aluviales inconsolidados, se caracterizan por presentar arenas mal gradadas con limo y grava, medianamente compactas.   | 0,152 |  |       |
|           |      |                       |       |   |      | Materiales aluviales inconsolidados, se caracterizan por presentar materiales de arenas, limo y gravas compactas.  | 0,064 |  |       |
|           |      |                       |       |   |      | Materiales aluviales, se caracterizan por presentar arenas, limo y gravas entremezclados de consistencia compacta.   | 0,034 |  |       |
|           |      |                       |       |   |      | Degradación de materiales superficiales producto del factor antrópico  | 0,4   | Prácticas negligentes sin asesoramiento técnico, acarreo y cortes de material en zonas de terrazas, por debajo del nivel de la vía.            | 0,455 |
|           |      |                       |       |   |      |  |       | Prácticas negligentes sin asesoramiento técnico, corte del material para terrenos de playa en zonas de terrazas, por debajo de la vía          | 0,285 |
|           |      |                       |       |   |      |  |       | Poco conocimiento técnico de la modificación de la superficie de del terreno para accesos indiscriminados de vehículos hacia la zona de playa. | 0,158 |
|           |      |                       |       |   |      |  |       | Accesos indiscriminados para cruce peatonal hacia la zona de playa.  | 0,067 |
|           |      |                       |       |   |      |  |       | Sin mayores modificaciones de materiales superficiales.  | 0,036 |
|           |      | Resiliencia ambiental | 0,164 | Capacitación y asesoramiento para el manejo de materiales.                        | 1,0  | Las personas que incurren en este tipo de actividades están escasamente capacitadas y no cuentan con permisos para los trabajos.   | 0,495 |  |       |
|           |      |                       |       |   |      | Las personas que realizan estas actividades tienen un conocimiento empírico sobre este tipo de actividades, pero no cuentan con permisos para los trabajos.  | 0,254 |  |       |
|           |      |                       |       |   |      | Las personas que realizan estas actividades conocen de esta labor, pero no cuentan con todos los permisos respectivos.   | 0,152 |  |       |
|           |      |                       |       |   |      | Las personas que realizan estas actividades están capacitadas y cuentan con los permisos respectivos.  | 0,064 |  |       |
|           |      |                       |       |   |      | Las personas que incurren en este tipo de actividades tienen asesoramiento técnico y están debidamente capacitadas, y cuentan con los permisos respectivos.  | 0,034 |  |       |

**Tabla 85**

*Cálculo de la vulnerabilidad*

| DIMENSIÓN SOCIAL  |                         |                        |                                  |                      |                         |                        |                                |                         |                        |       | VALOR DIMENSIÓN SOCIAL | PESO DIMENSIÓN SOCIAL |
|-------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------------|-------|------------------------|-----------------------|
| Exposición        |                         |                        | Fragilidad                       |                      |                         |                        | Resiliencia                    |                         |                        |       |                        |                       |
| Demanda vehicular | Valor Exposición Social | Peso Exposición Social | Estado de conservación de la vía | Antigüedad de la vía | Valor Exposición Social | Peso Exposición Social | Respuesta a emergencias viales | Valor Exposición Social | Peso Exposición Social |       |                        |                       |
| [P_Desc x P_Par]  | ∑[P_Desc x P_Par]       | P_Factor               | [P_Desc x P_Par]                 | [P_Desc x P_Par]     | ∑[P_Desc x P_Par]       | P_Factor               | [P_Desc x P_Par]               | ∑[P_Desc x P_Par]       | P_Factor               |       |                        |                       |
| 0.490             | 0.490                   | 0.648                  | 0.327                            | 0.166                | 0.493                   | 0.230                  | 0.303                          | 0.503                   | 0.122                  | 0.492 | 0.60                   |                       |
| 0.264             | 0.264                   | 0.648                  | 0.169                            | 0.090                | 0.259                   | 0.230                  | 0.260                          | 0.260                   | 0.122                  | 0.263 | 0.60                   |                       |
| 0.137             | 0.137                   | 0.648                  | 0.087                            | 0.051                | 0.138                   | 0.230                  | 0.134                          | 0.134                   | 0.122                  | 0.137 | 0.60                   |                       |
| 0.070             | 0.070                   | 0.648                  | 0.044                            | 0.028                | 0.072                   | 0.230                  | 0.068                          | 0.068                   | 0.122                  | 0.070 | 0.60                   |                       |
| 0.039             | 0.039                   | 0.648                  | 0.023                            | 0.015                | 0.037                   | 0.230                  | 0.035                          | 0.035                   | 0.122                  | 0.038 | 0.60                   |                       |

(a)

| DIMENSIÓN ECONÓMICA               |                           |                           |                      |                        |                            |                           |   |                           |       |      | VALOR DIMENSIÓN ECONÓMICA | PESO DIMENSIÓN ECONÓMICA |
|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------|---|---------------------------|-------|------|---------------------------|--------------------------|
| Exposición                        |                           | Fragilidad                |                      |                        |                            | Resiliencia               |   |                           |       |      |                           |                          |
| Servicios de Transporte expuestos |                           | Tipo y Estado del Asfalto | Mantenimiento de Vía | Topografía del Terreno | Valor Exposición Económico | Peso Exposición Económico | Fondo de Contingencia para Respuesta ante |                           |       |      |                           |                          |
| Valor Exposición Económico        | Peso Exposición Económico |                           |                      |                        |                            |                           | Valor Exposición Económico                | Peso Exposición Económico |       |      |                           |                          |
| [P_Desc x P_Par]                  | P_Factor                  | [P_Desc x P_Par]          | [P_Desc x P_Par]     | [P_Desc x P_Par]       | ∑[P_Desc x P_Par]          | P_Factor                  | [P_Desc x P_Par]                          | P_Factor                  |       |      |                           |                          |
| 0.495                             | 0.633                     | 0.284                     | 0.149                | 0.051                  | 0.484                      | 0.260                     | 0.495                                     | 0.106                     | 0.492 | 0.30 |                           |                          |
| 0.254                             | 0.633                     | 0.139                     | 0.080                | 0.030                  | 0.249                      | 0.260                     | 0.254                                     | 0.106                     | 0.253 | 0.30 |                           |                          |
| 0.152                             | 0.633                     | 0.079                     | 0.048                | 0.016                  | 0.143                      | 0.260                     | 0.152                                     | 0.106                     | 0.150 | 0.30 |                           |                          |
| 0.064                             | 0.633                     | 0.052                     | 0.020                | 0.008                  | 0.081                      | 0.260                     | 0.064                                     | 0.106                     | 0.068 | 0.30 |                           |                          |
| 0.034                             | 0.633                     | 0.027                     | 0.012                | 0.005                  | 0.043                      | 0.260                     | 0.034                                     | 0.106                     | 0.037 | 0.30 |                           |                          |

(b)

| DIMENSIÓN AMBIENTAL                 |                           |                                      |   |  |                            |                           |  |                           |       |      | VALOR DIMENSIÓN AMBIENTAL | PESO DIMENSIÓN AMBIENTAL |
|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---|--|----------------------------|---------------------------|--|---------------------------|-------|------|---------------------------|--------------------------|
| Exposición                          |                           | Fragilidad                           |   |  |                            | Resiliencia               |  |                           |       |      |                           |                          |
| Distancia a Zonas de Degradación de |                           | Características Geológicas del Suelo | Degradación de materiales superficiales producto del factor antropico |  | Valor Exposición Ambiental | Peso Exposición Ambiental | Capacitación y asesoramiento para el manejo de materiales. |                           |       |      |                           |                          |
| Valor Exposición Ambiental          | Peso Exposición Ambiental |                                      |   |  |                            |                           | Valor Exposición Ambiental                                 | Peso Exposición Ambiental |       |      |                           |                          |
| [P_Desc x P_Par]                    | P_Factor                  | [P_Desc x P_Par]                     | [P_Desc x P_Par]  |  | ∑[P_Desc x P_Par]          | P_Factor                  | [P_Desc x P_Par]   | P_Factor                  |       |      |                           |                          |
| 0.482                               | 0.539                     | 0.297                                | 0.182   |  | 0.479                      | 0.297                     | 0.495  | 0.164                     | 0.483 | 0.10 |                           |                          |
| 0.259                               | 0.539                     | 0.153                                | 0.114   |  | 0.267                      | 0.297                     | 0.254  | 0.164                     | 0.260 | 0.10 |                           |                          |
| 0.156                               | 0.539                     | 0.091                                | 0.063   |  | 0.155                      | 0.297                     | 0.152  | 0.164                     | 0.155 | 0.10 |                           |                          |
| 0.066                               | 0.539                     | 0.038                                | 0.027   |  | 0.065                      | 0.297                     | 0.064  | 0.164                     | 0.065 | 0.10 |                           |                          |
| 0.038                               | 0.539                     | 0.021                                | 0.014   |  | 0.035                      | 0.297                     | 0.034  | 0.164                     | 0.037 | 0.10 |                           |                          |

(c)

VALOR DE LA VULNERABILIDAD

0.491  
0.260  
0.143  
0.069  
0.037 (d)

Nota. Cálculo de la vulnerabilidad (a) Dimensión social, (b) Dimensión económica, (c) Dimensión ambiental, (d) Valor de la vulnerabilidad.

**Tabla 86***Nivel de vulnerabilidad*

| <b>Nivel de vulnerabilidad</b> | <b>Rango</b>      |
|--------------------------------|-------------------|
| <b>Muy Alto</b>                | 0,260 < V ≤ 0,491 |
| <b>Alto</b>                    | 0,143 < V ≤ 0,260 |
| <b>Medio</b>                   | 0,069 < V ≤ 0,143 |
| <b>Bajo</b>                    | 0,037 < V ≤ 0,069 |

**Tabla 87***Estratificación del nivel de vulnerabilidad*

| <b>Nivel</b>    | <b>Descripción</b>  | <b>Rango</b>                |
|-----------------|---|-----------------------------|
| <b>Muy Alto</b> | Presenta una demanda vehicular mayor a 6 000 veh. / día, el estado de conservación de la vía es muy malo, la superficie de rodadura de la vía, presenta deterioros visibles sobre la carpeta de rodadura como asentamientos, grietas y fisuras transversales y longitudinales a la vía, además de ahuellamientos, piel de cocodrilo, parchados tanto en la calzada como en las bermas, la mayor parte del talud de la vía es inestable. La antigüedad de la vía es mayor a 12 años, la respuesta ante emergencias son las 24 horas, los 365 días, le brindarán la ayuda únicamente en carretera, no contempla reparación mecánica o eléctrica no contempla el traslado de vehículos o vías auxiliares. El servicio del transporte expuesto representa mayor a 75 %, presenta un tipo de asfalto flexible, donde la superficie de rodadura de la vía presenta grietas en zonas puntuales de forma longitudinal y transversal, que se proyectan en ambos carriles de la carpeta asfáltica, se observa también en las bermas laterales, así mismo se observa una deformación crítica en un sector de la vía, presenta ahuellamientos y desgaste superficial producto de la alta transitabilidad de vehículos, respecto al mantenimiento de la vía se realiza rehabilitación el cual implica intervenciones más significativas que buscan restaurar la capacidad estructural y funcional del pavimento, como recapado | <b>0,260 &lt; V ≤ 0,491</b> |

|                    |  |                                    |
|--------------------|--|------------------------------------|
|                    | <p>donde se aplicar una nueva capa de asfalto sobre el pavimento existente cada cierto tiempo, en especial entre el km 171 al Km 172 producto del asentamiento diferencial, la pendiente de la vía es mayor a 2°, tienen un fondo de contingencia que cubren el 50 % de las emergencias, la distancia a zonas de degradación de materiales superficiales por factor antrópico son menos de 50 m, presenta materiales aluviales inconsolidados, se caracterizan por presentar arenas mal gradadas con limo de consistencia media, presenta zonas con presencia de fallas pequeñas locales y plegamiento moderado visible en los estratos, además de agrietamientos sobre carpeta asfáltica, se realizan prácticas negligentes sin asesoramiento técnico, acarreo y cortes de material en zonas de terrazas, por debajo del nivel de la vía. Las personas que incurren en este tipo de actividades están escasamente capacitadas y no cuentan con permisos para los trabajos.</p>  |                                    |
| <p><b>Alto</b></p> | <p>Presenta una demanda vehicular entre 4 001 – 6 000 veh. / día, el estado de conservación de la vía es malo: La superficie de rodadura de la vía presenta grietas y fisuras que se proyectan en ambos lados de la calzada y berma y longitudinalmente son de gran tamaño, también presenta piel de cocodrilo, estrías en el asfalto, ahuellamientos, parchados de manera puntual, la mayor parte del talud de la vía es estable. La antigüedad de la vía esta entre 6 - 12 años, la respuesta ante emergencias son las 24 horas, los 365 días, le brindarán la ayuda únicamente en carretera, no contempla reparación mecánica o eléctrica. El servicio del transporte expuesto representa entre 51 % a 75 %, presenta un tipo de asfalto flexible, la superficie de rodadura de la vía presenta grietas longitudinales en zonas puntuales a lo largo de la carpeta asfáltica, así como en las bermas laterales, presenta ahuellamientos y desgaste superficial producto de la alta transitabilidad de vehículos, respecto al mantenimiento de la vía se realiza mantenimiento rutinario, trabajos menores pero frecuentes para preservar la condición superficial y funcional de la infraestructura vial como, sellado de fisuras y grietas, parchado superficial y profundo tanto en la calzada como en berma, conservación de señales, elementos de seguridad y pintados, la pendiente de la vía está entre 1,5° - 2°, tienen un fondo de contingencia que cubren el 60 % de las emergencias, la distancia a zonas de degradación de materiales superficiales por factor antrópico esta entre 50 m a 100 m, presenta materiales</p> | <p><b>0,143 &lt; V ≤ 0,260</b></p> |

|                     |   |                                    |
|---------------------|---|------------------------------------|
|                     | <p>aluviales inconsolidados, se caracterizan por presentar suelos de arenas y limo y arcillas de consistencia media, presenta zonas de fallas pequeñas locales. Se realiza prácticas negligentes sin asesoramiento técnico, corte del material para terrenos de playa en zonas de terrazas, por debajo de la vía. Las personas que realizan estas actividades tienen un conocimiento empírico sobre este tipo de actividades, pero no cuentan con permisos para los trabajos.</p>   |                                    |
| <p><b>Medio</b></p> | <p>Presenta una demanda vehicular entre 2 001 – 4 000 veh. / día, el estado de conservación de la vía es regular; la superficie de rodadura de la vía presenta deterioro superficial poco apreciable como piel de cocodrilo, ahuellamientos, grietas, parchados en zonas puntuales tanto en la calzada como en las bermas laterales, sin embargo, la mayor parte del talud de la vía no se ve comprometido. La antigüedad de la vía esta entre 3 - 6 años, la respuesta ante emergencias son las 24 horas, los 365 días, vigilancia y servicios higiénicos las 24 horas. El servicio del transporte expuesto representa entre 26 % a 50 % presenta un tipo de asfalto flexible, la superficie de rodadura de la vía presenta algunas grietas longitudinales en zonas puntuales a lo largo de la carpeta asfáltica, los ahuellamientos y grietas han sido parchados, presenta poco desgaste superficial. Respecto al mantenimiento de la vía se realiza mantenimiento preventivo, son reparaciones menores y muy frecuentes, como sellado de grietas y fisuras, sellado de superficies, puede evitar que los problemas empeoren y extender la vida útil del asfalto, la pendiente de la vía es está entre 1° - 1.5°, tienen un fondo de contingencia que cubren el 70 % de las emergencias, la distancia a zonas de degradación de materiales superficiales por factor antrópico esta entre 100 m a 200 m, presenta materiales aluviales inconsolidados, se caracterizan por presentar arenas mal gradadas con limo y grava, medianamente compactas. Se realiza prácticas con poco conocimiento técnico para la modificación de la superficie del terreno para accesos indiscriminados de vehículos hacia la zona de playa. Las personas que realizan estas actividades conocen de esta labor, pero no cuentan con todos los permisos respectivos.</p> | <p><b>0,069 &lt; V ≤ 0,143</b></p> |

|                    |  |                                    |
|--------------------|--|------------------------------------|
| <p><b>Bajo</b></p> | <p>Presenta una demanda vehicular menor a 2000 veh. / día, el estado de conservación de la vía es bueno, la superficie de rodadura no presenta deterioro de consideración, en zonas puntuales se presenta pequeñas parchados, fisuras y/o ahuellamientos menores, el deterioro es debido al uso normal de la vía; sin embargo, el talud de la vía es aceptable o no hay indicios de inestabilidad. La antigüedad de la vía es menor a 3 años. La respuesta ante emergencias son las 24 horas, los 365 días, vigilancia y servicios higiénicos las 24 horas, además se ofrece servicios gratuitos de grúas y ambulancia. El servicio del transporte expuesto es menor a 25 % presenta un tipo de asfalto flexible, la superficie de rodadura de la vía se observa en buen estado, presenta algunas grietas longitudinales en zonas puntuales, los ahuellamientos y grietas han sido parchados, presenta poco desgaste superficial. Respecto al mantenimiento de la vía, se realiza mantenimiento periódico, son trabajos de menor frecuencia bajo una programación o en respuesta a ciertas condiciones como, tratamiento o renovación de la superficie de rodadura, reparaciones o mejoras en zonas específicas de la infraestructura vial, esto involucra también bermas, señalizaciones y perfilado de taludes. La pendiente de la vía es menor a 1°, tienen un fondo de contingencia que cubren mayor al 90 % de las emergencias, la distancia a zonas de degradación de materiales superficiales por factor antrópico esta menor a 200 m, presenta materiales aluviales inconsolidados, se caracterizan por presentar materiales de arenas, limo y gravas compactas. Se realiza prácticas con poco conocimiento técnico para la modificación de la superficie del terreno para accesos indiscriminados para cruce peatonal hacia la zona de playa. Las personas que realizan estas actividades están capacitadas y cuentan con los permisos respectivos.</p> | <p><b>0,037 &lt; V ≤ 0,069</b></p> |
|--------------------|--|------------------------------------|

### 5.3. EVALUACIÓN DEL RIESGO

#### 5.3.1 Definición y Determinación de los Niveles de Riesgo

Una vez identificado y analizado el peligro al que está expuesto el tramo de la vía y realizado el respectivo análisis de los componentes que inciden en la vulnerabilidad y la identificación del sector potencialmente vulnerable, se procedió a la conjunción de estos para calcular el nivel de riesgo del tramo de la vía en estudio. El cálculo se muestra en la tabla 88, mientras que, en la tabla 89, se muestra el nivel de riesgo que presenta el elemento expuesto. La estratificación de los niveles de riesgo se muestra en la tabla 90. Finalmente, el mapa de riesgo se muestra en el anexo 15.

**Tabla 88**

*Cálculo del nivel de riesgo*

|            |       |              |              |              |              |
|------------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>PMA</b> | 0,472 | 0,033        | 0,067        | 0,123        | <b>0,232</b> |
| <b>PA</b>  | 0,293 | 0,020        | 0,042        | <b>0,076</b> | 0,144        |
| <b>PM</b>  | 0,196 | 0,014        | <b>0,028</b> | 0,051        | 0,096        |
| <b>PB</b>  | 0,147 | <b>0,010</b> | 0,021        | 0,038        | 0,072        |
|            |       | 0,069        | 0,143        | 0,260        | 0,491        |
|            |       | <b>VB</b>    | <b>VM</b>    | <b>VA</b>    | <b>VMA</b>   |

**Tabla 89***Niveles de riesgo*

| <b>Nivel de Riesgo</b> | <b>Rango</b>      |
|------------------------|-------------------|
| <b>Muy Alto</b>        | 0,076 < R ≤ 0,232 |
| <b>Alto</b>            | 0,028 < R ≤ 0,076 |
| <b>Medio</b>           | 0,010 < R ≤ 0,028 |
| <b>Bajo</b>            | 0,001 < R ≤ 0,010 |

**Tabla 90***Estratificación del nivel de riesgo*

| <b>Nivel</b>    | <b>Descripción</b>  | <b>Rango</b>                |
|-----------------|---|-----------------------------|
| <b>Muy Alto</b> | <p>Este nivel de peligro se encuentra condicionado geológicamente con depósitos eólicos de buen espesor poco compactos, geomorfológicamente son zonas de terrazas aluviales y laderas empinadas con pendientes mayores a 35°, todos ellos desencadenados por la alta sismicidad considerando un movimiento sísmico mayor a 8 Mw de magnitud, originando deslizamientos de suelos con volumen mayores a 1 000 000 m<sup>3</sup>.</p> <p>Presenta una demanda Vehicular mayor a 6 000 veh. / día, el estado de conservación de la vía es muy malo, la superficie de rodadura de la vía, presenta deterioros visibles sobre la carpeta de rodadura como asentamientos, grietas y fisuras transversales y longitudinales a la vía, además de ahuellamientos, piel de cocodrilo, parchados tanto en la calzada como en las bermas, la mayor parte del talud de la vía es inestable. La antigüedad de la vía es mayor a 12 años, la respuesta ante emergencias son las 24 horas, los 365 días, le brindarán la ayuda únicamente en carretera, no contempla reparación mecánica o eléctrica no contempla el traslado de vehículos o vías auxiliares. El servicio del transporte expuesto representa mayor a 75 %, presenta un tipo de asfalto flexible, donde la superficie de rodadura de la vía presenta grietas en zonas puntuales de</p> | <b>0,076 &lt; R ≤ 0,232</b> |

|                    |   |                                    |
|--------------------|---|------------------------------------|
|                    | <p>forma longitudinal y transversal, que se proyectan en ambos carriles de la carpeta asfáltica, se observa también en las bermas laterales, así mismo se observa una deformación crítica en un sector de la vía, presenta ahuellamientos y desgaste superficial producto de la alta transitabilidad de vehículos, respecto al mantenimiento de la vía se realiza rehabilitación el cual implica intervenciones más significativas que buscan restaurar la capacidad estructural y funcional del pavimento, como recapado donde se aplica una nueva capa de asfalto sobre el pavimento existente cada cierto tiempo, en especial entre el km 171 al Km 172 producto del asentamiento diferencial, la pendiente de la vía es mayor a 2°, tienen un fondo de contingencia que cubren el 50 % de las emergencias, la distancia a zonas de degradación de materiales superficiales por factor antrópico son menos de 50 m, presenta materiales aluviales inconsolidados, se caracterizan por presentar arenas mal gradadas con limo de consistencia media, presenta zonas con presencia de fallas pequeñas locales y plegamiento moderado visible en los estratos, además de agrietamientos sobre carpeta asfáltica, se realizan prácticas negligentes sin asesoramiento técnico, acarreo y cortes de material en zonas de terrazas, por debajo del nivel de la vía. Las personas que incurren en este tipo de actividades están escasamente capacitadas y no cuentan con permisos para los trabajos.</p> |                                    |
| <p><b>Alto</b></p> | <p>Este nivel de peligro se encuentra condicionado geológicamente con depósitos tectógenos compuestos de arenas limosas con gravas pobremente gradadas, geomorfológicamente presenta promontorios de materiales aluviales descubiertos expuestos a la erosión marina, así también se presenta estructuras antrópicas, cortes y rellenos que modificaron parte del relieve, con pendientes altas de 20°-35°, desencadenado por movimiento sísmico entre 6 Mw a 7,0 Mw de magnitud, originando deslizamientos de suelos con volúmenes aproximados entre 250 000 - 1 000 000 m<sup>3</sup>.<br/>Presenta una demanda vehicular entre 4 001 – 6 000 veh. / día, el estado de conservación de la vía es malo: La</p>   | <p><b>0,028 &lt; R ≤ 0,076</b></p> |

|                     |  |                                    |
|---------------------|--|------------------------------------|
|                     | <p>superficie de rodadura de la vía presenta grietas y fisuras que se proyectan en ambo lados de la calzada y berma y longitudinalmente son de gran tamaño, también presenta piel de cocodrilo, estrías en el asfalto, ahuellamientos, parchados de manera puntual, la mayor parte del talud de la vía es estable. La antigüedad de la vía esta entre 6 - 12 años, la respuesta ante emergencias son las 24 horas, los 365 días, le brindarán la ayuda únicamente en carretera, no contempla reparación mecánica o eléctrica. El servicio del transporte expuesto representa entre 51 % a 75 %, presenta un tipo de asfalto flexible, la superficie de rodadura de la vía presenta grietas longitudinales en zonas puntuales a lo largo de la carpeta asfáltica, así como en las bermas laterales, presenta ahuellamientos y desgaste superficial producto de la alta transitabilidad de vehículos, respecto al mantenimiento de la vía se realiza mantenimiento rutinario, trabajos menores pero frecuentes para preservar la condición superficial y funcional de la infraestructura vial como, sellado de fisuras y grietas, parchado superficial y profundo tanto en la calzada como en berma, conservación de señales, elementos de seguridad y pintados, la pendiente de la vía está entre 1.5° - 2°, tienen un fondo de contingencia que cubren el 60% de las emergencias, la distancia a zonas de degradación de materiales superficiales por factor antrópico esta entre 50 m a 100 m, presenta materiales aluviales inconsolidados, se caracterizan por presentar suelos de arenas y limo y arcillas de consistencia media, presenta zonas de fallas pequeñas locales. Se realiza prácticas negligentes sin asesoramiento técnico, corte del material para terrenos de playa en zonas de terrazas, por debajo de la vía. Las personas que realizan estas actividades tienen un conocimiento empírico sobre este tipo de actividades, pero no cuentan con permisos para los trabajos.</p> |                                    |
| <p><b>Medio</b></p> | <p>Este nivel de peligro se encuentra condicionado geológicamente por depósitos areno limosos, geomorfológicamente presenta lomadas y cauces secos, con pendientes medianamente empinadas de 10°-20°, desencadenados por movimiento sísmico entre 4,5 Mw a 5,9 Mw de magnitud, originando deslizamientos de suelos</p>   | <p><b>0,010 &lt; R ≤ 0,028</b></p> |

|                    |  |                                    |
|--------------------|--|------------------------------------|
|                    | <p>con volúmenes aproximados entre 50 000 - 250 000 m<sup>3</sup>.<br/> Presenta una demanda vehicular entre 2 001 – 4 000 veh. / día, el estado de conservación de la vía es Regular, La superficie de rodadura de la vía presenta deterioro superficial poco apreciable como piel de cocodrilo, ahuellamientos, grietas, parchados en zonas puntuales tanto en la calzada como en las bermas laterales, sin embargo, la mayor parte del talud de la vía no se ve comprometido. La antigüedad de la vía esta entre 3 - 6 años, la respuesta ante emergencias son las 24 horas, los 365 días, vigilancia y servicios higiénicos las 24 horas. El servicio del transporte expuesto representa entre 26 % a 50 % presenta un tipo de asfalto flexible, la superficie de rodadura de la vía presenta algunas grietas longitudinales en zonas puntuales a lo largo de la carpeta asfáltica, los ahuellamientos y grietas han sido parchados, presenta poco desgaste superficial. Respecto al mantenimiento de la vía se realiza mantenimiento preventivo, son reparaciones menores y muy frecuentes, como sellado de grietas y fisuras, sellado de superficies, puede evitar que los problemas empeoren y extender la vida útil del asfalto, la pendiente de la vía es está entre 1° - 1.5°, tienen un fondo de contingencia que cubren el 70 % de las emergencias, la distancia a zonas de degradación de materiales superficiales por factor antrópico esta entre 100 m a 200 m, presenta materiales aluviales inconsolidados, se caracterizan por presentar arenas mal gradadas con limo y grava, medianamente compactas. Se realiza prácticas con poco conocimiento técnico para la modificación de la superficie del terreno para accesos indiscriminados de vehículos hacia la zona de playa. Las personas que realizan estas actividades conocen de esta labor, pero no cuentan con todos los permisos respectivos.</p> |                                    |
| <p><b>Bajo</b></p> | <p>Este nivel de peligro se encuentra condicionado geológicamente por depósitos marinos, depósitos aluviales y formación cañete, geomorfológicamente presenta planicie aluvial, playa y mantos de arena, con pendientes menores a 10°, desencadenado por movimiento sísmico igual o menor a 4,4 Mw de magnitud, originando deslizamientos de suelos con volúmenes menores a 50 000</p>   | <p><b>0,001 &lt; R ≤ 0,010</b></p> |

m3.

Presenta una demanda vehicular menor a 2 000 veh. / día, el estado de conservación de la vía es bueno, la superficie de rodadura no presenta deterioro de consideración, en zonas puntuales se presenta pequeñas parchados, fisuras y/o ahuellamientos menores, el deterioro es debido al uso normal de la vía, sin embargo, el talud de la vía es aceptable o no hay indicios de inestabilidad. La antigüedad de la vía es menor a 3 años. La respuesta ante emergencias son las 24 horas, los 365 días, vigilancia y servicios higiénicos las 24 horas, además se ofrece servicios gratuitos de grúas y ambulancia. El servicio del transporte expuesto es menor a 25 % presenta un tipo de asfalto flexible, la superficie de rodadura de la vía se observa en buen estado, presenta algunas grietas longitudinales en zonas puntuales, los ahuellamientos y grietas han sido parchados, presenta poco desgaste superficial. Respecto al mantenimiento de la vía se realiza mantenimiento periódico, son trabajos de menor frecuencia bajo una programación o en respuesta a ciertas condiciones como, tratamiento o renovación de la superficie de rodadura, reparaciones o mejoras en zonas específicas de la infraestructura vial, esto involucra también bermas, señalizaciones y perfilado de taludes. La pendiente de la vía es menor a 1°, tienen un fondo de contingencia que cubren mayor al 90 % de las emergencias, la distancia a zonas de degradación de materiales superficiales por factor antrópico esta menor a 200 m, presenta materiales aluviales inconsolidados, se caracterizan por presentar materiales de arenas, limo y gravas compactas. Se realiza prácticas con poco conocimiento técnico para la modificación de la superficie del terreno para accesos indiscriminados para cruce peatonal hacia la zona de playa. Las personas que realizan estas actividades están capacitadas y cuentan con los permisos respectivos.

## **CAPÍTULO VI**

### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

#### **6.1. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1**

Se planteó la hipótesis específica 1 de que los factores condicionantes que predisponen la generación de las grietas y asentamiento diferencial son el aspecto geológico, la sismicidad, y la alta demanda vehicular.

La evaluación geológica de la zona de estudio, detallada en el Ítem 4.4, está compuesta por materiales detríticos como: arenas, limos, arcillas, cantos rodados y gravas, que se han acumulado formando estratos de edades geológicas recientes, en cuanto a la geomorfología presenta altas pendientes que se distribuyen por lo largo del escarpe de más de 4km de longitud. Además, se han identificado procesos neotectónicos que han originado grietas, leves plegamientos y fallas localizadas debido a levantamientos recientes del terreno.

Estos procesos han provocado fracturas y pequeñas fallas en los estratos de la terraza, sugiriendo que los agrietamientos observados en el asfalto de la vía se deben en gran medida a estos factores geoestructurales, ya que la carpeta asfáltica se ha agrietado sobre zonas con fracturas preexistentes, afectando tanto el material de relleno como el asfalto. Las grietas en la carpeta asfáltica parecen coincidir con fracturas preexistentes, afectando tanto el material de relleno como el pavimento.

La exploración geofísica descrita en el Ítem 4.6.1, permitió evaluar el posible desarrollo de las grietas a profundidad. Los resultados del ensayo de tomografía eléctrica concluyeron que las grietas 1, 2, 3, según se muestra en la Figura 49, presentan profundidades mayores a 35 m, mientras que la grieta 4, según se muestra en la Figura 50, presenta una profundidad de hasta 18m, en cuanto a su longitud visible en la superficie del terreno las grietas 1, 2 y 3 bordean de 100 a 110 m, y la grieta 4 alcanzó una longitud de hasta 80m, respecto a su abertura, las grietas 1, 2 y 3 se midieron entre 5 cm hasta 10 cm, mientras que la grieta 4 alcanzó hasta 0.5 cm. Por otro lado, los resultados del ensayo geofísico MAM, mostraron 4 estratos claramente definidos por debajo de la grieta 1 (grieta principal), el primer estrato presenta velocidades de corte entre 200 m/s a 300 m/s, y se trataría de un suelo medianamente rígido, es en esta zona donde se está presentando los asentamientos diferenciales. La segunda capa tiene velocidad de corte ( $V_s$ ) entre 300 m/s a 445 m/s y se trataría de suelo rígido a suelo muy denso. La tercera capa presenta velocidad de corte ( $V_s$ ) entre 445 m/s a 525 m/s, y se trataría de suelo muy denso y/o roca blanda, es en este estrato donde se aprecia una anomalía como disturbación del material, especialmente bajo la proyección de la grieta 1, esta característica sugiere una continuidad de la grieta 1 a profundidad y esto es significativo porque indicaría que la grieta no es superficial, sino que tiene un impacto profundo que podría influir en la estabilidad del terreno durante

un movimiento sísmico. La cuarta capa presenta velocidades entre 525 m/s a 600 m/s, y se trataría de roca. Finalmente, el contacto entre suelo y roca se encontraría por debajo de los 90 m desde la superficie del terreno.

De los registros de asentamiento, desarrollado con mayor detalle en el Ítem 4.6.2, se observa que, en el carril de Sur a Norte, los asentamientos verticales han registrado hasta 32 mm, sin embargo, en el carril de Norte a Sur, el asentamiento registrado ha llegado hasta 156 mm, este asentamiento crítico se ha registrado cerca a la grieta 1. Para mantener las características planialtimétricas de la carpeta de rodadura la concesionaria realiza reparaciones en la vía cada cierto tiempo para cubrir las grietas, y no afectar la transitabilidad de los vehículos. Según el Informe de Desempeño 2022 de la concesionaria Vial, solo en el 2014 y 2015, año en que se monitorearon los asentamientos, transitaron entre 2 759 352 a 3 277 982 de vehículos anuales, de los cuales 1 538 994 a 1 640 886 eran de carga pesada. En el año 2022, el número de vehículos ha aumentado hasta 4 732 952 de los cuales 1 989 034 son de carga pesada, este incremento en el tráfico pesado ha contribuido significativamente a las vibraciones en la vía, generando mayor agrietamiento y asentamientos diferenciales, este efecto es particularmente notable en el carril de Norte a Sur, donde se han registrado los mayores asentamientos.

Por otro lado, la sismicidad descrita en el Ítem 4.5, juega un papel clave en la evolución de las grietas. Durante el sismo del 28 de octubre de 2011, la grieta 2

experimentó una abertura de hasta 50 mm y la grieta 1 registró un asentamiento diferencial de hasta 30 mm. Estos eventos demuestran la relación directa entre la actividad sísmica y la evolución de la grieta, la que refuerza la hipótesis de que los sismos agravan el agrietamiento en la vía. La magnitud de estos sismos y su influencia en la respuesta del terreno indican que futuros eventos sísmicos probablemente empeoren el problema.

En resumen, los resultados respaldan la hipótesis inicial de que los factores geológicos, la sismicidad y la alta demanda vehicular condicionan a la generación de las grietas y los asentamientos diferenciales. Estos resultados proporcionan una base sólida para la evaluación del nivel de riesgo de este tramo en estudio, tema que se abordará en los siguientes ítems.

Sin embargo, aunque los resultados son consistentes con la hipótesis, es importante mencionar algunas limitaciones en el análisis. Por ejemplo, en cuanto a la resolución y alcance de los ensayos geofísicos, podría mejorarse en estudios futuros mediante la ejecución de calicatas profundas y perforaciones, que permitirían validar los datos obtenidos y ofrecer un perfil más detallado de las grietas. Además, sería recomendable realizar estudios complementarios sobre el impacto a largo plazo del tráfico pesado, así como la implementación de tecnologías de monitoreo en tiempo real para observar la evolución de las grietas de manera continua y proactiva.

## **6.2. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2**

Se planteó la hipótesis específica 2 que el factor desencadenante que puede materializar el riesgo por deslizamiento de talud es el sismo.

La evaluación de la sismicidad en la zona de estudio, basada en el análisis de datos históricos, revela una alta actividad sísmica. Desde el año 1961 hasta setiembre del 2023, se ha registrado 2906 eventos sísmicos, con magnitudes que varían de 4,0 a 8,0 Mw; de los cuales, 33 sismos tuvieron magnitudes iguales o superiores a 6,0 Mw, siendo el más destacado el sismo del 15 de agosto del 2007, conocido como “el sismo de Pisco”, con una magnitud de momento sísmico de 8,0 Mw, y un epicentro ubicado a 60 km al oeste de la ciudad de Pisco, en la zona de convergencia de placas tectónicas.

Desde la aparición de las grietas en la carpeta asfáltica, en el año 2011 hasta setiembre del 2023, se ha registrado un total de 1005 sismos. Los eventos más frecuentes corresponden a sismos con magnitudes de entre 4,5 y 5,9 Mw, seguidos por sismos de 3,5 a 4,4 Mw (ver Figura 46). El evento sísmico de mayor impacto ocurrió el 28 de octubre de 2011, con una magnitud de 6,8 Mw y un epicentro ubicado a 63 km al suroeste de las ciudades de Ica y Pisco, a una profundidad de 35 km. Este sismo provocó un derrumbe localizado en el talud del lado izquierdo, en dirección sur a norte, y generó asentamientos y aperturas en las grietas de la vía: la grieta 1 presentó un asentamiento de hasta 30 mm, mientras

que la grieta 2 mostró una apertura de hasta 50 mm. Estos fenómenos demuestran el impacto significativo del sismo del 28 de octubre de 2011 en las grietas y asentamientos de la vía, confirmando que los sismos son un factor clave en el desencadenamiento de daños estructurales.

El análisis de los 1,005 sismos registrados entre 2011 y 2023, con magnitudes predominantes entre 4,5 y 5,9 Mw, evidencia la recurrencia de eventos sísmicos moderados en la zona. Esto sugiere que el suelo está sometido a tensiones recurrentes que agravan la inestabilidad del talud de la vía. Además, refuerza la idea de que el agrietamiento y los asentamientos diferenciales en la vía constituyen un fenómeno en evolución que probablemente continuará en el futuro.

Mediante un análisis de estabilidad, descrito en el ítem 4.7.2, se evaluó el factor de seguridad (F.S.) del tramo crítico del talud que sostiene la vía y el talud superior. En condiciones estáticas, el F.S. del talud de la vía varió entre 1,338 y 1,478, mientras que el F.S. del talud superior osciló entre 1,0 y 1,210. Estos valores son inferiores a los mínimos permisibles establecidos por normativas como la NTP E020 (2008), Osoreo (2020) y AASHTO (2012), lo que indica que los taludes analizados son inestables en condiciones estáticas.

Asimismo, se evaluó el F.S. en condiciones pseudoestáticas, utilizando un coeficiente sísmico de 0,23. Los resultados mostraron que el F.S. del talud de la vía varió entre 0,807 y 0,890, mientras que el talud superior presentó valores entre

0,618 y 0,776. Estos valores indican una alta probabilidad de falla en condiciones sísmicas, lo que sugiere que cualquier sismo significativo podría desencadenar un deslizamiento, tal como ocurrió durante el sismo de 2011. Esto refuerza la conclusión de que los sismos son una amenaza seria para la estabilidad de los taludes en este tramo de la vía.

Aunque el análisis de estabilidad proporciona información valiosa, es importante señalar que el uso de un coeficiente sísmico de 0,23 podría no reflejar completamente el impacto de eventos sísmicos de mayor magnitud en la zona. Futuros estudios podrían beneficiarse de análisis dinámicos más detallados, que consideren diferentes magnitudes y características de vibración.

En conclusión, los resultados de esta evaluación confirman que el sismo es un factor desencadenante clave que puede materializar el riesgo de deslizamiento de talud en el tramo de la vía estudiado, respaldando nuestra hipótesis inicial.

### **6.3. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3**

Se planteó la hipótesis específica 3 de que las zonas con riesgo por deslizamiento de talud en el área de estudio son los cortes y rellenos.

Para identificar estas áreas de riesgo, se elaboró un mapa de peligro mediante la estimación del parámetro de evaluación y la determinación de la susceptibilidad del peligro.

El parámetro principal de evaluación fue el volumen de deslizamiento de suelos en metros cúbicos ( $m^3$ ). Los resultados indicaron que el talud de la vía presenta un volumen de deslizamiento de  $20\,750,50\ m^3$  y para el talud superior  $391\,758,66\ m^3$ , haciendo un total de  $412\,509,16\ m^3$ . El volumen total estimado de deslizamiento, refleja un riesgo significativo, especialmente en las zonas del talud superior ( $391\,758,66\ m^3$ ); que representa más del 90 % del volumen total. Un deslizamiento de esta magnitud podría tener un impacto grave en la infraestructura vial y comprometer la seguridad de las personas, especialmente en caso de un sismo.

Para la evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento, se identificaron como factores condicionantes a la pendiente del terreno, la geomorfología y la geología y, como factor desencadenante el sismo, cada uno de estos parámetros se clasificó en cinco categorías. Además, se definió un escenario crítico al encontrarse el tramo en estudio en una zona de alta sismicidad, se asumió una magnitud sísmica superior a 8 Mw, con volúmenes de deslizamiento que superarían los  $400\,000\ m^3$ . Este escenario crítico está influenciado por unidades geológicas frágiles, como depósitos eólicos inconsistentes, y geomorfológicas, como laderas empinadas y terrazas aluviales erosionadas, con pendientes superiores a los  $35^\circ$ .

La metodología utilizada para evaluar estos factores fue el proceso de análisis jerárquico, descrito en el ítem 2.6.4, lo cual permitió asignar valores numéricos a cada parámetro y sus descriptores, como se detalla en la tabla 32. Se establecieron cuatro niveles de peligro: peligro bajo (0,122 – 0,147); peligro medio (0,147 – 0,196); peligro alto (0,196 – 0,293) y peligro muy alto (0,293 – 0,472). Estos resultados se representaron en un mapa de peligros, disponible en el anexo 13.

El mapa de peligros destaca las zonas con mayor riesgo de deslizamiento, especialmente aquellas donde convergen unidades geomorfológicas y geológicas críticas, como las laderas de pendiente fuerte y terrazas aluviales. Esta condición del terreno ya presenta una predisposición considerable para sufrir deslizamientos. Estas áreas, combinadas con la alta sismicidad, son particularmente vulnerables.

En conclusión, el mapa de peligros muestra que las zonas con mayor riesgo de deslizamiento de talud no se limitan solo a las áreas de corte y relleno, sino que también incluyen laderas naturales con pendientes pronunciadas, apoyando parcialmente la hipótesis planteada.

#### **6.4. RESULTADOS Y DISCUSIONES DE HIPÓTESIS GENERAL**

Se planteó la hipótesis general de que el nivel de riesgo geológico por deslizamiento de talud en el tramo crítico comprendido entre las progresivas km 171+330 al km 172+130 de la Panamericana Sur es alto.

El cálculo del nivel de riesgo procede del análisis del peligro y la vulnerabilidad. El análisis del peligro descrito en el ítem anterior está basado en la susceptibilidad del terreno y los factores desencadenantes. Este análisis ha sido fundamental para identificar las zonas más propensas a deslizamientos. El peligro alto identificado en las áreas de mayor pendiente y cortes sugiere que el talud en el tramo crítico está sometido a condiciones que lo predisponen a fallar. Este resultado no solo destaca la importancia de la geomorfología local, sino también el papel crucial de los eventos sísmicos como principal factor desencadenante de los deslizamientos.

El análisis de los componentes que influyen en la vulnerabilidad del tramo de la Vía Nacional Panamericana Sur, desde el Km 169+775 hasta 174+150, fueron analizadas desde las dimensiones social, económica y ambiental. Para evaluar estos criterios cualitativos, se utilizó el proceso de análisis jerárquico descrito en el ítem 2.6.4, que permitió asignar un valor ponderado a cada parámetro, tal como se muestra en la tabla 86. Con base en estos cálculos, se establecieron cuatro niveles de vulnerabilidad con sus respectivos rangos

numéricos: vulnerabilidad baja entre 0,037 y 0,069; vulnerabilidad media entre 0,069 y 0,143; vulnerabilidad alta entre 0,143 y 0,260 y vulnerabilidad muy alta entre 0,260 y 0,491. Estos resultados fueron representados en un mapa de vulnerabilidad (ver anexo 14).

El mapa de vulnerabilidad muestra que el tramo evaluado presenta un nivel de vulnerabilidad muy alto, principalmente debido a la importancia socioeconómica de la Panamericana Sur como arteria vital para el transporte y el comercio en la región, lo que amplifica el impacto potencial de un deslizamiento en términos de interrupciones y pérdidas económicas.

Finalmente, el cálculo del riesgo se obtuvo al relacionar los análisis de peligro y vulnerabilidad, resultando en cuatro niveles de riesgo con sus respectivos rangos: riesgo bajo entre 0,001 y 0,010; riesgo medio entre 0,010 y 0,028; riesgo alto entre 0,028 y 0,076; y riesgo muy alto entre 0,076 y 0,232. Estos resultados fueron plasmados en un mapa de riesgo (ver anexo 15).

El mapa de riesgo revela que el tramo crítico presenta un nivel de riesgo alto. Este resultado es significativo, ya que refleja la interacción entre un terreno geológicamente susceptible y un elemento expuesto (la vía) con una muy alta vulnerabilidad en todas sus dimensiones. Esto confirma que el riesgo geológico no solo depende del peligro inherente del terreno, sino también de la importancia estratégica y la vulnerabilidad del elemento afectado.

Aunque los resultados son sólidos, es importante señalar algunas limitaciones en el análisis. Por ejemplo, la evaluación de la vulnerabilidad se realizó utilizando parámetros cualitativos. Una mejora para futuros estudios sería incorporar análisis cuantitativos más detallados, que incluyan la cuantificación del costo de un deslizamiento, no solo en términos de reparación de la vía, sino también en las pérdidas económicas por la interrupción del tránsito.

En resumen, los resultados del riesgo indican que nuestro tramo en evaluación progresiva km 171+330 al km 172+130 de la Panamericana Sur presenta un “Riesgo Alto”, lo que confirma nuestra hipótesis general.

## CONCLUSIONES

1. Según la hipótesis general planteada, se concluye que el nivel de riesgo geológico por deslizamiento de talud en el tramo crítico comprendido entre las progresivas del km 171+330 al km 172+130 de la Panamericana Sur es de “riesgo alto”. Sus factores condicionantes como la geología y geomorfología del área, su estructura, la pendiente del terreno y su ubicación geográfica contribuyen significativamente a la susceptibilidad del área al deslizamiento de taludes. Además, al considerar el análisis de sus dimensiones social, económica y ambiental, este tramo de la vía se vuelve altamente vulnerable a los deslizamientos, lo que refuerza la necesidad de implementar medidas preventivas y de mitigación en el área de estudio.
2. El factor principal que predispone la generación de grietas y asentamientos en la vía son los aspectos geológicos, la sismicidad y la alta demanda vehicular. La evaluación geológica ha identificado fracturas provocadas por levantamientos neotectónicos, las cuales coinciden con las grietas observadas en el asfalto. Para determinar la profundidad y la extensión de estas grietas, se emplearon métodos de tomografía eléctrica (TE) y microtrepidaciones en arreglos multicanal (MAM), que revelaron su relación con los estratos geológicos subyacentes y las anomalías presentes bajo la grieta principal. Los asentamientos verticales presentaron variaciones significativas entre los carriles de la vía, siendo más pronunciados en el carril con dirección norte-sur,

donde alcanzaron un asentamiento de hasta 156 mm. Además, la alta transitabilidad de vehículos pesados y el intenso tráfico vehicular incrementan las vibraciones, lo que contribuye a la aparición de grietas y al asentamiento diferencial en el pavimento.

3. El factor desencadenante que puede materializar el riesgo por deslizamiento de talud es el sismo. Se identificó que eventos sísmicos históricos, como el sismo del 28 de octubre de 2011, han causado deslizamientos importantes y han agravado el agrietamiento y asentamiento de la vía. Los análisis pseudoestáticos mostraron que el talud presenta una alta probabilidad de falla en caso de un evento sísmico significativo. Los resultados confirman que los sismos pueden desencadenar deslizamientos en el área de estudio.
4. Las zonas con mayor riesgo por deslizamiento de talud en el área de estudio son los cortes, rellenos y laderas naturales con pendientes pronunciadas. El análisis del peligro reveló que estas áreas presentan un riesgo significativo de deslizamiento, debido a la geomorfología y la presencia de suelos inestables. Además, la actividad sísmica agrava este riesgo.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda un monitoreo geotécnico, como inclinómetros o estaciones sísmicas en puntos estratégicos del talud para monitorear la actividad del suelo y la respuesta ante eventos sísmicos para detectar movimientos o deformaciones del talud antes de que ocurran deslizamientos mayores.
2. Se recomienda capacitar a la población cercana y usuarios de la vía para enfrentar posibles emergencias ante sismos y deslizamientos.
3. Se recomienda para el talud superior adyacente a la vía, en especial en pendientes muy pronunciadas, la construcción de banquetas de estabilización para evitar la acumulación de material en la parte superior del talud y redistribuir los esfuerzos. Esta alternativa amerita estudios geotécnicos complementarios.
4. Se recomienda en el talud de la vía, en especial la zona impactada por asentamiento diferencial, el reforzamiento del suelo de cimentación de la vía con geomallas o geotextiles. Esta alternativa también amerita estudios complementarios para el componente correctivo. Dicha medida estructural es temporal.
5. Se recomienda evaluar la factibilidad de un cambio de trazado de la vía como una alternativa viable para reducir riesgos a largo plazo. Se sugiere realizar un análisis detallado de alternativas de trazado, un análisis de costos y la evaluación del impacto socioeconómico. Este cambio de

trazado podría mitigar de manera significativa los riesgos asociados con los deslizamientos de taludes y garantizaría la seguridad de la vía y de los usuarios.

## BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (2012). AASHTO LRFD bridge design specifications, 6th Ed., American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC
- Aguarón, J. and Moreno-Jiménez, J. M., (2003). *The geometric consistency index: Approximated thresholds*. European Journal of Operational Research 147 (1), 137–145.
- Almandoz, V. (2009). Verdades a Medias. <http://verdades-a-medias.blogspot.com/2009/04/que-son-las-placas-tectonicas-el.html>.
- Ayala Carcedo, F. (1992), “*Introducción a los Riesgos Geológicos*”, en Riesgos Geológicos. Serie Geología Ambiental. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, pp. 3-19.
- A&E Grex. (2011). *Evaluación geológica-geotécnica de grietas transversales entre los progresivos km 171+336 al km 171+485 y grieta longitudinal entre los progresivos km 172+050 al km 172 + 130, vía autopista Cerro Azul – Ica, red vial N° 6*”, Departamento de Ica, Perú, 80 p.
- Bellido Hanco, C. (2018). *Evaluación de peligros geológicos en el distrito de Tiabaya*. Arequipa – Perú.

- Bishop A. W. (1955). “The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes”. *Geotechnique*. Vol 5.
- Carreño M. L., Cardona O.D. y Barbat A. H. (2005). Sistema de indicadores para la evaluación de riesgos. Colección de Monografías. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería – CIMNE, Barcelona, España.
- CENEPRED, Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales* [MERFN], 2da Edición, 243 p.
- COVIPERU, Concesionaria Vial del Perú. (2014 – 2015). Datos de Desplazamiento Vertical entorno a la Grieta 1, 2 y 3.
- Fell, R. (1994). “*Landslide risk assessment and acceptable risk*”. *Canadian Geotechnical Journal* 31, p. 261-272.
- Fidel, L.; Zavala, B; Núñez, S. y Valenzuela, G. (2006). Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja No.4. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 29, 383 p.
- García Reyna, O. (2018). *Modelación del riesgo a deslizamientos de laderas inducidas por sismos en áreas vulnerables de la ciudad de Chilpancingo, Gro* (Master's thesis, Universidad Autónoma de Guerrero (México).
- GEOCATMIN, INGEMMET, (2021). Geomorfología.  
<https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>

- Geotomo Software (2003). Manual de RES2DINV ver 3.53, 159 p.
- Gonzales de Vallejo et al (2002). “*Ingeniería Geológica*” Prentice Hall - Pearson Educacion, 750 pp.
- Google earth (2023). Imágenes Satelitales.
- Hauser, A., (1997). *Los aluviones del 18 de junio de 1991 en Antofagasta: Un análisis crítico a cinco años del desastre*. Boletín N° 49. Servicio Nacional de Geología y Minería.
- HGS Engineering, (2023). *Estudio Geofísico Mediante Ensayos de Refracción Sísmica, Tomografía Eléctrica, MASW/MAM y Microtremors*, Proyecto: Ingeniería de Detalle Recrecimiento Depósito de Relaves El Porvenir 4070”. Distrito de Yuruscaayán, Cerro de Pasco.
- IAEG Commission on Landslides (1990). “*Suggested nomenclature for landslides*”. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, No. 41, pp.13-16.
- Instituto Geofísico del Perú (IGP), Sismos históricos, periodo 1960 al 2022.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI, (2017). *Censos Nacionales XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas, 22 de octubre del 2017*, Perú: Resultados Definitivos, Tomo I, Lima.

- INGEMMET, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, (1993): *Geología de los Cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chincha, Tantara, y Catrovirreyna*. Carta Geológica Nacional, Boletín N° 44, p. 96.
- INGEMMET, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, (2003). Mapa *Geológico del Cuadrángulo de Chincha 27k*. Base geológica actualizada.
- Janbú N. (1954). “Stability Analysis of Slopes with Dimensionless parameters”. Harvard Soil Mechanics Series No. 46.
- Loke, M. (1994) “*The inversion of two-dimensional resistivity data*”. Unpubl. PhD thesis, Un. of Birmingham.
- Louie, J. N. (2001). *Faster, better: shear-wave velocity to 100 meters depth from refraction microtremor arrays*, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 91, 347–364.
- Luque, G.; Rosado, M.; Pari, W.; Peña, F. y Huamán, M. (2020) - *Peligro geológico en la región Lima*. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica, 76, 298 p., 9 mapas.
- Ministerio del Ambiente, MINAM (2011). *Memoria descriptiva del Mapa de Vulnerabilidad Física del Perú: Herramienta para la Gestión del Riesgo*, 67 p.
- Morgenstern N., Price V. (1965). “*The Analysis of the Stability of General Slip Surfaces*”, *Geotechnique* Vol 15, March.

- Municipalidad de Cusco. (2022). *Evaluación del riesgo de desastres por deslizamiento de suelos en la quebrada Saqramayo, región Cusco, Perú.*
- Municipalidad de Cusco (2022). *Informe de evaluación de riesgo de desastres por caída de suelos, zona “ZRESS13”, región Cusco, Perú.*
- Norma técnica Peruana NTP E0.20, (2008). “Cargas”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú.
- Norma Técnica Peruana NTP E.030. (2019). “Diseño Sismoresistente” Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: Diario el peruano.
- Oliva González, A. O., y Gallardo Amaya, R. J. (2018). *Evaluación del riesgo por deslizamiento de una ladera en la ciudad de Tijuana, México. Tecnura, 22(55), 34-50.*
- Opazo Castro, E. (2014). *Evaluación y zonificación de peligro de remociones en masa en la Ruta A-16, vía de acceso principal a la ciudad de Iquique (región de Tarapacá).* Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/116876>
- OSITRAN, Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (2022). *Informe de desempeño 2022: Concesión de la Red Vial N° 6: Tramo Puente Pucusana – Cerro azul – Ica.*

- Osores, T. y Belén, A. (2020). *Optimización del grado de inclinación de taludes provisionales sin sostenimiento en el conglomerado de Lima mediante la técnica de retroanálisis basado en el método de equilibrio límite.*
- Pincay Baque, M. A. (2023). *Estimación de riesgo por deslizamiento en la parroquia Noboa, 24 de mayo, Manabí.* UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria, 7(1), 103-118.
- Park, C., Miller, R. y Xía, J. (1999). *Multichannel analysis of surface waves.* Geophysics. Vol. 64. N° 3. p: 800-808.
- Popescu, M. E., (2002). *Landslide Causal Factors and Landslide Remedial Options.* Keynote Lecture, Proceedings 3rd International Conference on Landslides, Slope Stability and Safety of Infra-Structures, Singapore, p. 61-81.
- Sánchez, M. (2002). *Modelo para el pronóstico de la amenaza por deslizamientos en tiempo real.* Simposio Latinoamericano de control de erosión. Colombia.
- Spencer, E. (1967), “*A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel inter-slice forces*”. Geotechnique, Vol 17 pp 11-26.
- Suarez, J. (2012). *Deslizamientos – Análisis Geotécnico*, Volumen I. 582 p.
- Storz, H., Storz, W. y Jacobs, F. (2000). *Geophysical Prospecting*, 48, 455-471.

Thomas L. Saaty (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill. New York.

Torres Chung, C. (2020). *Evaluación de riesgo de deslizamientos y propuesta geotécnica de la trocha Ayash-Huaripampa tramo km 3+260 al km 3+300*.

United States Geological Survey (USGS, 2014),  
<http://pubs.usgs.gov/of/2014/1040/>

USACE, US Army Corps of Engineers (1989). *Engineering and design of retaining and flood walls*. EM 1110-2-2502; 1989.

Varnes D. J. (1978). “*Slope movement types and processes*”. Special report 176: Landslides: Analysis and control (R.L. Schuster and R.J. Krizek, eds.), TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp.11-33.

Varnes, D. J. (1984). *Landslide hazard zonation: A review of principles and practice*. Unesco.

Vásquez Chávez, N. (2022). *Estimación del riesgo por deslizamiento de tierras en el distrito de Japelacio – Moyobamba – San Martín, 2020*.

# **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

| PROBLEMA  | OBJETIVO  | HIPÓTESIS   | VARIABLE  | INDICADORES  |
|---|---|---|---|--|
| <p><b>Problema general</b></p> <p>¿Cuál es el nivel de riesgo geológico por deslizamiento de talud en el tramo crítico comprendido entre las progresivas km 171+330 al km 172+130 de la Panamericano Sur?</p> | <p><b>Objetivo general</b></p> <p>Determinar el nivel de riesgo geológico por deslizamiento de talud en el tramo crítico comprendido entre las progresivas km 171+330 al km 172+130 de la Panamericano Sur.</p> | <p><b>Hipótesis general</b></p> <p>La evaluación del riesgo geológico por deslizamiento de talud en el tramo crítico comprendido entre las progresivas km 171+330 al km 172+130 de la Panamericana Sur, es nivel de riesgo alto.</p>  | <p><b>Variable independiente 1</b></p> <p>Factor desencadenante del deslizamiento del talud</p> <p><b>Variable independiente 2</b></p> <p>Zonas susceptibles a deslizamiento de talud</p> <p><b>Variable dependiente 1</b></p> <p>Grietas y asentamiento diferencial en tramo crítico</p> <p><b>Variable dependiente 2</b></p> <p>Nivel de riesgo</p> | <p>Sismo (magnitud), factores de susceptibilidad, parámetro de evaluación, ensayo de TE y MAM, monitoreo de asentamiento diferencial, zonas susceptibles a deslizamiento, definición y estratificación del peligro, dimensión social, dimensión económica, dimensión ambiental, definición y estratificación de la vulnerabilidad, calculo del riesgo, definición y estratificación del riesgo</p> |
| <p><b>Problema específico 1</b></p> <p>¿Cuáles son los factores condicionantes que predisponen la generación de las grietas y asentamiento diferencial?</p>   | <p><b>Objetivo específico 1</b></p> <p>Identificar en el área de estudio los factores condicionantes que predisponen la generación de las grietas y asentamiento diferencial.</p>                               | <p><b>Hipótesis específica 1</b></p> <p>La caracterización del área de estudio permite determinar que los factores condicionantes que predisponen la generación de las grietas y asentamiento diferencial son los aspectos geológicos - geomorfológicos, la sismicidad y la alta demanda vehicular.</p> | <p><b>Variable independiente 1</b></p> <p>Caracterización geológica - geomorfológica</p> <p><b>Variable independiente 2</b></p> <p>Sismicidad del área de estudio</p> <p><b>Variable independiente 3</b></p> <p>Demanda vehicular</p> <p><b>Variable dependiente 1</b></p> <p>Generación de grietas y asentamiento diferencial en tramo crítico</p>   | <p>Pendiente, unidades geomorfológicas, unidades geológicas, aspecto estructural, sismos históricos en los últimos 50 años, coeficiente sísmico, demanda vehicular por año, ensayo de TE y MAM, monitoreo de asentamiento diferencial.</p>   |

|  |   |   |  |   |
|--|---|---|--|---|
| <p><b>Problema específico 2</b></p> <p>¿Cuál es el factor desencadenante que podría materializar el riesgo por deslizamiento de talud?</p> | <p><b>Objetivo específico 2</b></p> <p>Identificar en el área de estudio el factor desencadenante que podría materializar el riesgo por deslizamiento de talud.</p> | <p><b>Hipótesis específica 2</b></p> <p>El factor desencadenante que puede materializar el riesgo por deslizamiento de talud es el sismo.</p>                                       | <p><b>Variable independiente 1</b></p> <p>Sismicidad del área de estudio</p> <p><b>Variable dependiente 1</b></p> <p>Factor desencadenante del riesgo por deslizamiento</p>  | <p>Sismos históricos en los últimos 50 años, coeficiente sísmico, sismo (magnitud).</p>   |
| <p><b>Problema específico 3</b></p> <p>¿Cuáles son las zonas con riesgo por deslizamiento de talud en la zona de estudio?</p>              | <p><b>Objetivo específico 3</b></p> <p>Identificar las zonas con riesgo por deslizamientos de talud en la zona de estudio.</p>                                      | <p><b>Hipótesis específica 3</b></p> <p>Las zonas con riesgo por deslizamiento son los cortes y rellenos, cuya modificación ha desestabilizado el equilibrio inicial del suelo.</p> | <p><b>Variable independiente 1</b></p> <p>Factores de la susceptibilidad</p> <p><b>Variable independiente 2</b></p> <p>Parámetro de evaluación</p> <p><b>Variable dependiente 1</b></p> <p>Zonas susceptibles a deslizamiento de talud</p> | <p>Factores condicionantes, Factor desencadenante, Unidades del suelo, Análisis de estabilidad, Calculo del volumen de deslizamiento, Unidades del suelo, Análisis de estabilidad, Calculo del volumen de deslizamiento Factores de susceptibilidad, Parámetro de evaluación.</p> |

**ANEXO 2**  
**OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

| VARIABLE  | DEFINICIÓN DE LA VARIABLE  | DEFINICIÓN OPERACIONAL  | DIMENSIONES   | INDICADORES   | INSTRUMENTOS  |
|---|--|---|---|---|---|
| <b>Variable independiente 1</b><br><br>Caracterización geológica - geomorfológica | La caracterización geológico-geomorfológica es un proceso integral que se utiliza para describir y analizar las <b>características geológicas, características geomorfológicas, aspectos estructurales</b> , entre otros de una región o zona en específica.   | Medido a través de la revisión bibliográfica y visitas a campo haciendo logueo y plasmando sobre un plano las observaciones de campo. | Caracterización geomorfológica<br><br>Caracterización geológica<br><br>Aspectos estructurales | Pendiente<br><br>Unidades geomorfológicas<br><br>Unidades geológicas<br><br>Aspecto estructural | Guía de observación, cuaderno de campo, mapas temáticos |
| <b>Variable independiente 2</b><br><br>Sismicidad del área de estudio             | La sismicidad se refiere a la ocurrencia, distribución y frecuencia de los terremotos en una región específica a lo largo del tiempo ( <b>sismos históricos</b> ). Estudia los patrones y las características de los sismos, como su magnitud, profundidad y localización, para entender mejor el comportamiento de la actividad sísmica en la Tierra ( <b>zonificación sísmica</b> ). | Medido a través de la revisión y análisis de los datos del IGP.   | Sismos históricos<br><br>Zonificación sísmica   | Sismos históricos en los últimos 50 años<br><br>Coeficiente sísmico                             | Cuadro de registros                                     |
| <b>Variable independiente 3</b><br><br>Demanda Vehicular                          | La <b>demanda vehicular</b> se refiere a la cantidad de vehículos que utilizan una infraestructura vial, en un período de tiempo específico. Este concepto es crucial en la planificación y gestión del tráfico.   | Medido a través de la información bibliográfica del último "Informe de desempeño vehicular 2022" de la Concesionaria Vial del Perú.   | Demanda vehicular   | Demanda vehicular por año   | Cuadro de registros                                     |
| <b>Variable independiente 4</b><br><br>Factores de susceptibilidad                | La <b>susceptibilidad</b> se refiere a la predisposición de una zona o elemento a ser afectado por un tipo específico de peligro natural o antropogénico. Esta susceptibilidad se determina en función de una serie de factores condicionantes y desencadenantes que pueden influir en la probabilidad y severidad de los impactos del peligro.  | Medido a través del análisis de los datos de campo y de los datos del IGP.  | Susceptibilidad   | Factores condicionantes<br><br>Factor desencadenante  | Matriz de Análisis                                      |

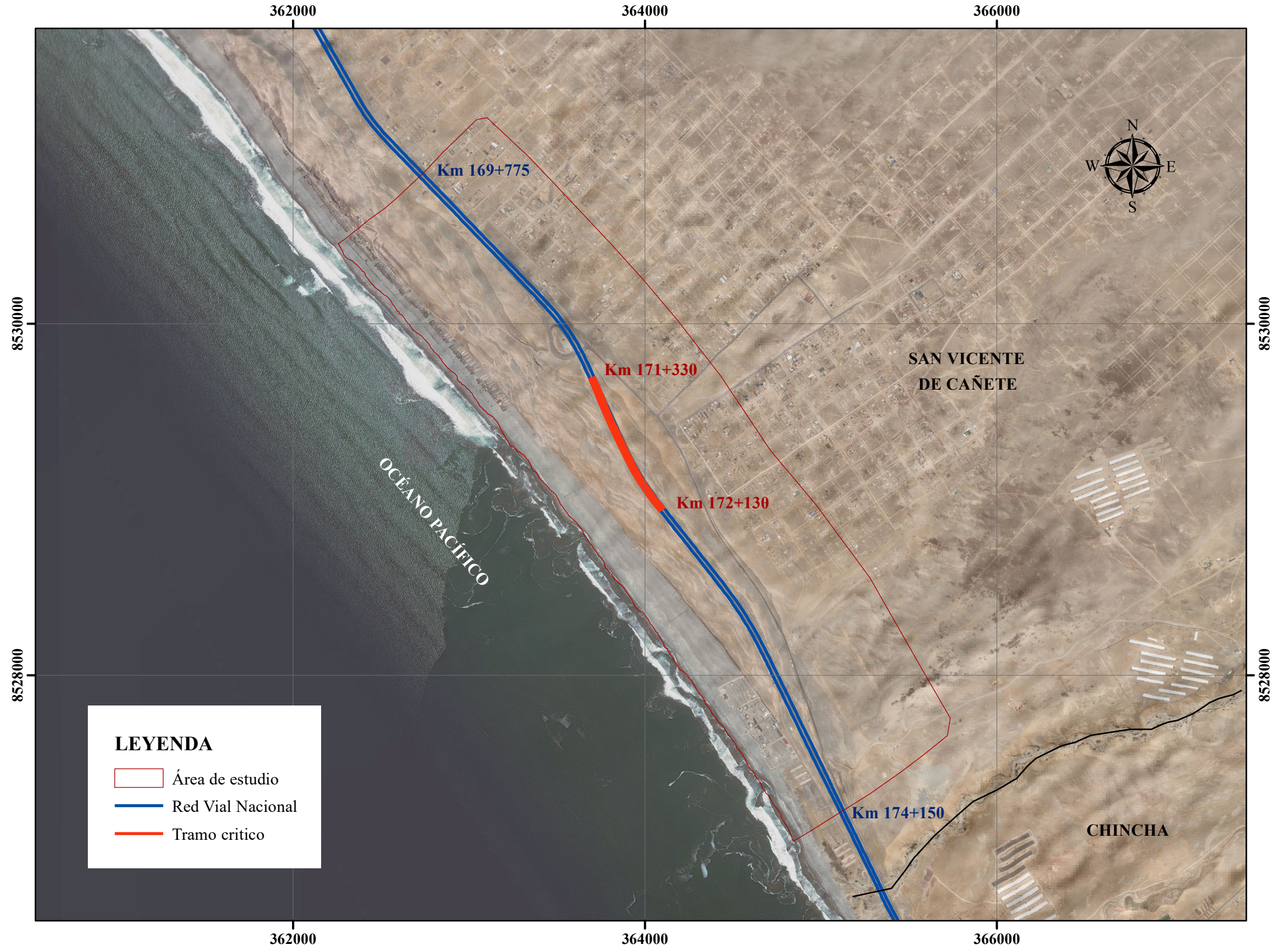
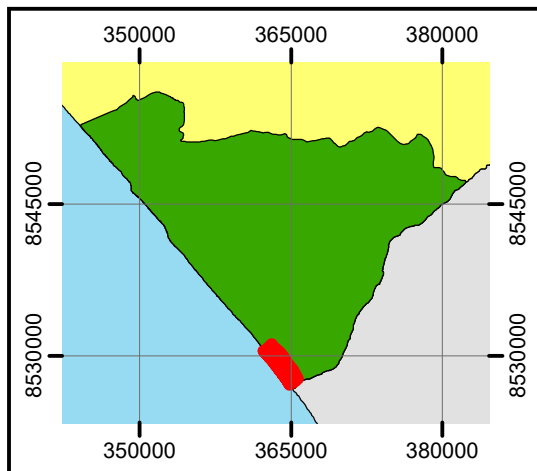
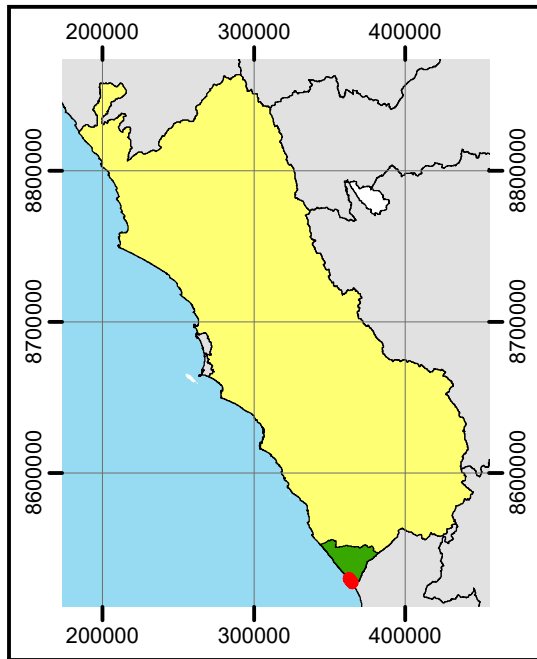
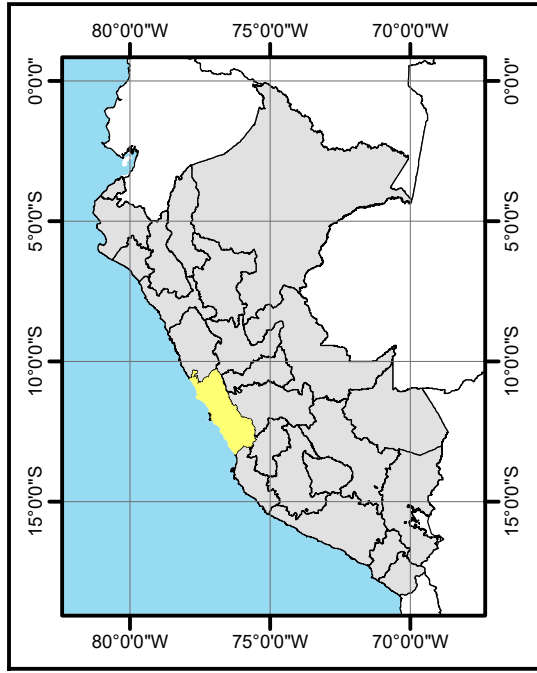
|  |   |   |                                  |  |                             |
|--|---|---|----------------------------------|--|-----------------------------|
| <p><b>Variable independiente 5</b></p>                     | <p>El parámetro de evaluación por deslizamiento de talud se refiere a los criterios y métricas específicas utilizadas para identificar, cuantificar y analizar los riesgos. Para conocer la inestabilidad del talud puede desarrollarse una <b>evaluación geotécnica</b> para poder identificar los tipos de suelo y realizar un análisis de estabilidad, y para determinar el potencial que puede tener el deslizamiento de causar consecuencias indeseables, se puede analizar su <b>parámetro de evaluación</b>.</p>   | <p>Medido a través del factor de seguridad, aplicando métodos simples de análisis y cálculos de volumen de deslizamiento.</p> | <p>Evaluación geotécnica</p>     | <p>Unidades del suelo</p>                    | <p>Cuadro de registros,</p> |
| <p>Parámetro de evaluación</p>                             |   |   | <p>Parámetro de evaluación</p>   | <p>Análisis de estabilidad</p>               |                             |
|  |   |   |                                  | <p>Cálculo del volumen de deslizamiento</p>  |                             |
| <p><b>Variable dependiente 1</b></p>                       | <p>Las grietas geológicas son fisuras o fracturas que se forman en el terreno debido a procesos geológicos. Estas grietas pueden variar en tamaño y profundidad y pueden tener diversas causas naturales, una alternativa de evaluación de forma indirecta son los <b>ensayos geofísicos</b>. El asentamiento diferencial se refiere a la desigualdad en el hundimiento del terreno. Esto ocurre cuando diferentes partes de la estructura se asientan a diferentes velocidades o en diferentes magnitudes, para poder conocer estos asentamientos se puede realizar un <b>monitoreo de asentamiento</b>.</p> | <p>Medido a través de la revisión y análisis de la información del trabajo de campo y monitoreo.</p>                          | <p>Ensayo geofísico</p>          | <p>Ensayo de TE y MAM</p>                    | <p>Cuadro de registros</p>  |
| <p>Grietas y asentamiento diferencial en tramo crítico</p> |   |   | <p>Monitoreo de Asentamiento</p> | <p>Monitoreo de asentamiento diferencial</p> |                             |
| <p><b>Variable dependiente 2</b></p>                       | <p>El "factor desencadenante" se refiere a cualquier evento o condición que actúa como catalizador para la ocurrencia de un desastre o una situación peligrosa. Estos <b>factores</b> pueden ser <b>naturales</b> o causados por actividades humanas y pueden agravar los riesgos existentes, transformándolos en peligros concretos.</p>   | <p>Medido a través de la revisión y análisis de los datos del IGP.</p>  | <p>Sismicidad</p>                | <p>Sismo (magnitud)</p>                      | <p>Cuadro de registro</p>   |
| <p>Factor desencadenante del deslizamiento del talud</p>   |   |   |                                  |  |                             |

|                               |   |   |  |  |  |
|-------------------------------|---|---|--|--|--|
| <b>Variable dependiente 3</b> | <p>El riesgo se evalúa a partir de la susceptibilidad (peligro) correspondiente a un determinado proceso (causa) y de los efectos del mismo sobre los elementos expuestos al peligro (consecuencias). Para evaluar la peligrosidad es importante conocer los <b>factores de susceptibilidad</b>, y el <b>parámetro de evaluación del peligro</b>.</p>   | <p>Medido a través de la revisión y análisis de los factores de susceptibilidad y parámetro de evaluación del peligro, bajo un escenario crítico.</p>   | <p>Peligro por deslizamiento</p>                             | <p>Factores de la susceptibilidad</p> <hr/> <p>Parámetro de evaluación</p>   | <p>Cuadro de registros, mapa temático</p>                      |
| <b>Variable dependiente 4</b> | <p>El riesgo está en función del Peligro y la Vulnerabilidad de los elementos expuestos. El nivel de riesgo es la probabilidad de que ocurra los eventos previstos, y también el impacto que pueda tener sobre el elemento expuesto y esto se puede <b>definir</b> a través de la <b>estratificación de los niveles de riesgo</b> (riesgo muy alto, riesgo alto, riesgo medio y riesgo bajo).</p> | <p>Medido a través del análisis del peligro y la vulnerabilidad, aplicando el método (PAJ) para incorporar criterios de valores ponderados, en la intersección de ambos valores, se calcula el nivel de riesgo.</p> | <p>Evaluación del peligro</p>                                | <p>Zonas susceptibles a deslizamiento de talud</p> <hr/> <p>Definición y estratificación del peligro</p> <hr/> <p>Dimensión social</p> <hr/> <p>Dimensión económica</p> <hr/> <p>Dimensión ambiental</p> <hr/> <p>Definición y estratificación de la vulnerabilidad</p> <hr/> <p>Cálculo del riesgo</p> <hr/> <p>Definición y estratificación del riesgo</p> | <p>Cuadro de registros, matriz de análisis, mapa temático.</p> |
| <p>Nivel de riesgo</p>        |   |   | <p>Evaluación de la vulnerabilidad del elemento expuesto</p> |  |  |
|                               |   |   | <p>Evaluación del riesgo</p>                                 |  |  |

### **ANEXO 3**

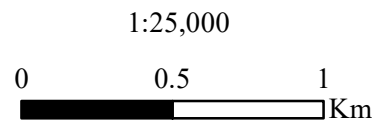
#### **MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO**

# UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO



**LEYENDA**

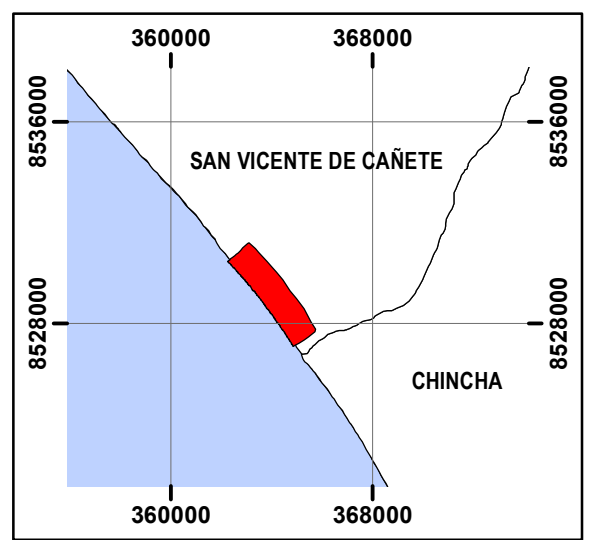
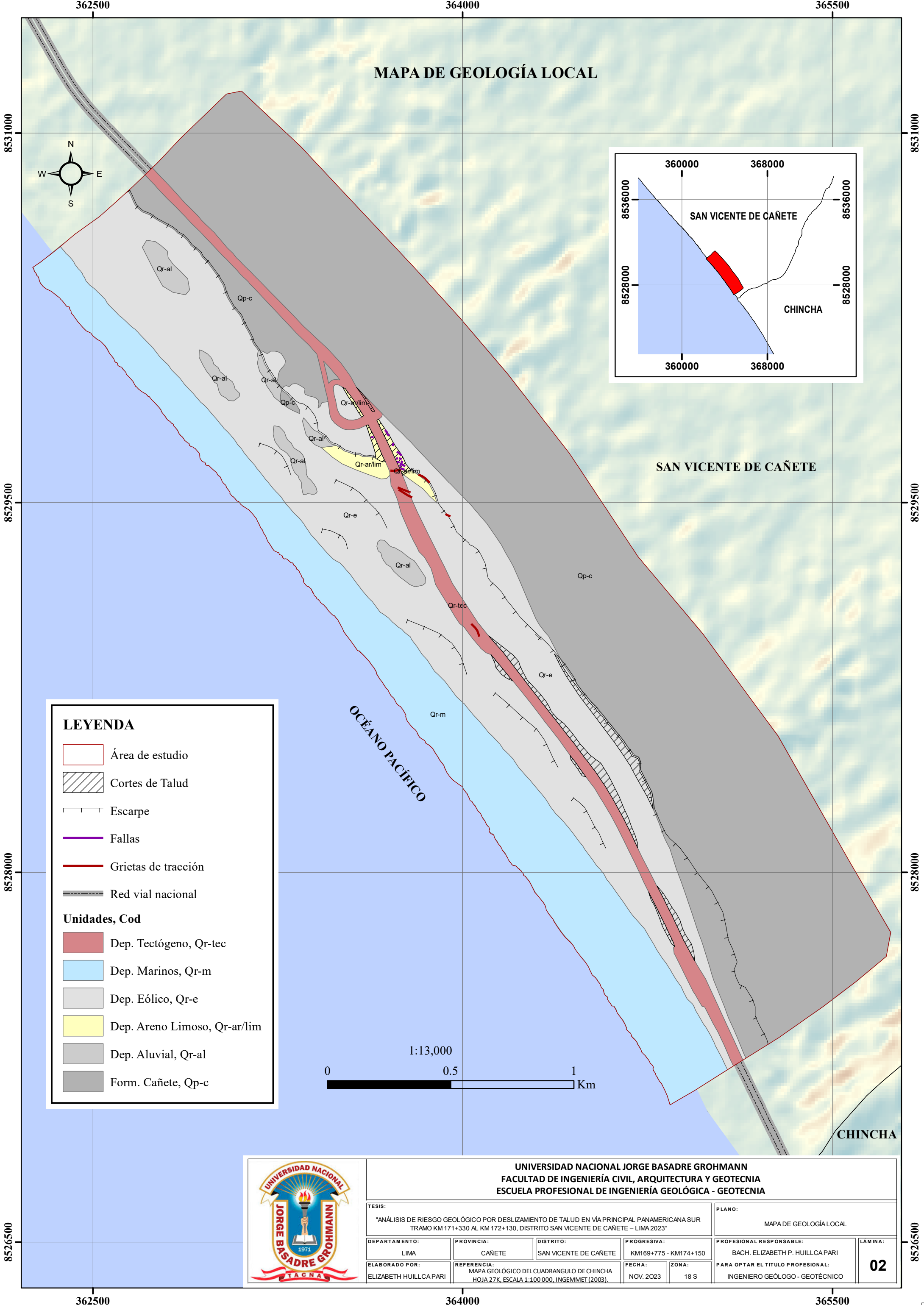
- Área de estudio
- Red Vial Nacional
- Tramo critico



|  |                      |                                    |   |   |               |
|--|----------------------|------------------------------------|---|---|---------------|
| <b>UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN</b>   |                      |                                    |   |   |               |
| <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA</b>  |                      |                                    |   |   |               |
| <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA</b>   |                      |                                    |   |   |               |
| TESIS:<br>"ANÁLISIS DE RIESGO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO DE TALUD EN VÍA PRINCIPAL PANAMERICANA SUR TRAMO KM 171+330 AL KM 172+130, DISTRITO SAN VICENTE DE CAÑETE - LIMA 2023" |                      |                                    | PLANO:<br>UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO |   |               |
| DEPARTAMENTO:<br>LIMA  | PROVINCIA:<br>CAÑETE | DISTRITO:<br>SAN VICENTE DE CAÑETE | PROGRESIVA:<br>KM169+775 - KM174+150      | PROFESIONAL RESPONSABLE:<br>BACH. ELIZABETH P. HUILLCA PARI         | LAMINA:<br>01 |
| ELABORADO POR:<br>ELIZABETH HUILLCA PARI   | ESCALA:<br>1:25,000  | FECHA:<br>OCTUBRE 2023             | ZONA:<br>18 S                             | PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL:<br>INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO |               |

**ANEXO 4**  
**MAPA DE GEOLOGÍA LOCAL**

# MAPA DE GEOLOGÍA LOCAL

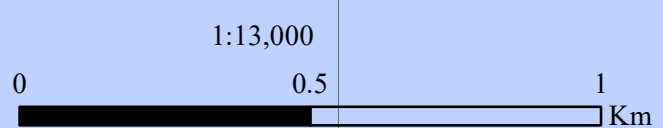


**LEYENDA**

- Área de estudio
- Cortes de Talud
- Escarpe
- Fallas
- Grietas de tracción
- Red vial nacional

**Unidades, Cod**

- Dep. Tectógeno, Qr-tec
- Dep. Marinos, Qr-m
- Dep. Eólico, Qr-e
- Dep. Arenos Limoso, Qr-ar/lim
- Dep. Aluvial, Qr-al
- Form. Cañete, Qp-c

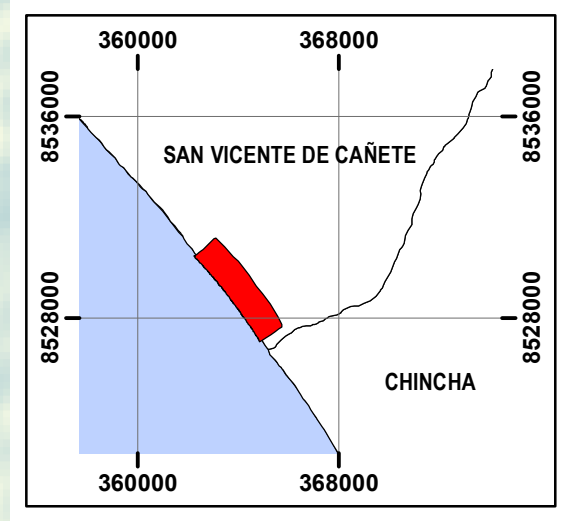
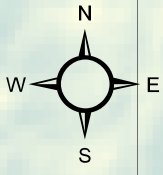


|  |   |                                    |                                      |   |                      |
|--|---|------------------------------------|--------------------------------------|---|----------------------|
|  <p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN</b><br/> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA</b><br/> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA</b></p> |   |                                    |                                      |   |                      |
| TESIS:<br>"ANÁLISIS DE RIESGO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO DE TALUD EN VÍA PRINCIPAL PANAMERICANA SUR TRAMO KM 171+330 AL KM 172+130, DISTRITO SAN VICENTE DE CAÑETE - LIMA 2023"   |   |                                    | PLANO:<br>MAPA DE GEOLOGÍA LOCAL     |   |                      |
| DEPARTAMENTO:<br>LIMA  | PROVINCIA:<br>CAÑETE  | DISTRITO:<br>SAN VICENTE DE CAÑETE | PROGRESIVA:<br>KM169+775 - KM174+150 | PROFESIONAL RESPONSABLE:<br>BACH. ELIZABETH P. HUILLCA PARI         | LAMINA:<br><b>02</b> |
| ELABORADO POR:<br>ELIZABETH HUILLCA PARI   | REFERENCIA:<br>MAPA GEOLÓGICO DEL CUADRANGULO DE CHINCHA HOJA 27K, ESCALA 1:100 000, INGEMMET (2003). | FECHA:<br>NOV. 2023                | ZONA:<br>18 S                        | PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL:<br>INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO |                      |

## **ANEXO 5**

### **MAPA DE GEOMORFOLOGÍA LOCAL**

# MAPA DE GEOMORFOLOGÍA LOCAL



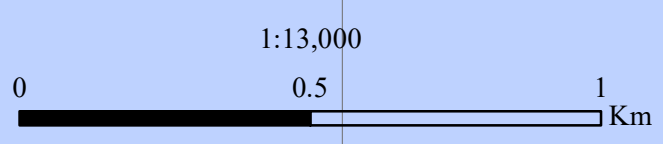
**LEYENDA**

- Área de estudio
- Cortes de Talud
- Escarpe
- Fallas
- Grietas de tracción
- Red vial nacional

**Map\_Geomorfología**

**Name, Cod**

- Cauce Seco, C\_se
- Estructura Antropica, E\_an
- Ladera, Ld
- Lomada, Lmd
- Manto de Arena, M-a
- Planicie Aluvial, Pl-a
- Playa, Ply
- Promontorio, Pmt
- Terraza Aluvial, Ta



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

|  |   |                                    |                                      |   |   |
|--|---|------------------------------------|--------------------------------------|---|---|
| TESIS:<br>"ANÁLISIS DE RIESGO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO DE TALUD EN VÍA PRINCIPAL PANAMERICANA SUR TRAMO KM 171+330 AL KM 172+130, DISTRITO SAN VICENTE DE CAÑETE - LIMA 2023" |   |                                    |                                      | PLANO:<br>MAPA DE GEOMORFOLOGÍA LOCAL                       |   |
| DEPARTAMENTO:<br>LIMA  | PROVINCIA:<br>CAÑETE  | DISTRITO:<br>SAN VICENTE DE CAÑETE | PROGRESIVA:<br>KM169+775 - KM174+150 | PROFESIONAL RESPONSABLE:<br>BACH. ELIZABETH P. HUILLCA PARI | LÁMINA:<br><b>03</b>  |
| ELABORADO POR:<br>ELIZABETH HUILLCA PARI   | REFERENCIA:<br>INFORMACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL GEOCATMIN, INGENMET (2021). |                                    | FECHA:<br>NOV. 2023                  | ZONA:<br>18 S   | PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL:<br>INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO |

362500

364000

365500

8526500

8526500

8528000

8528000

8529500

8529500

8531000

8531000

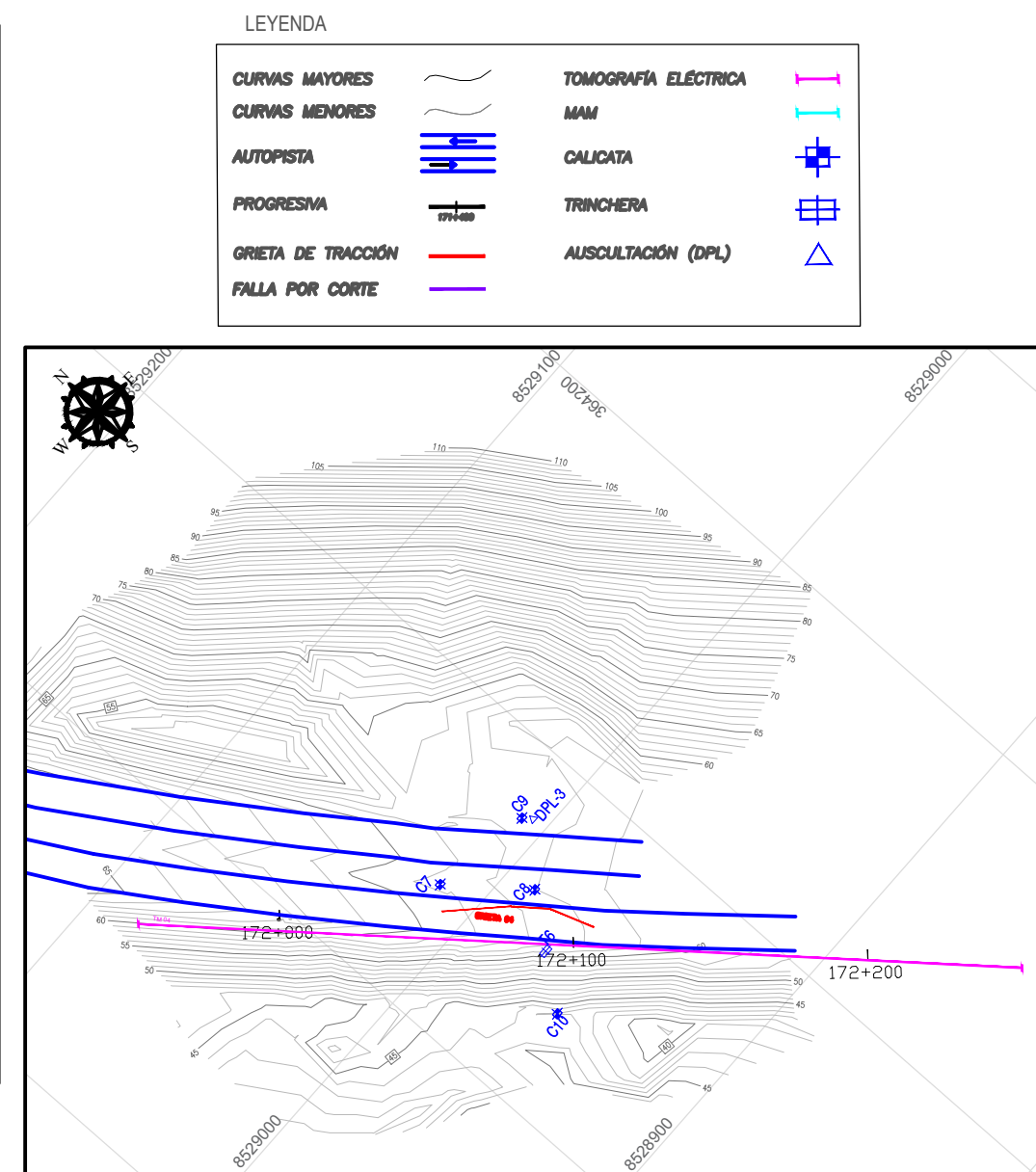
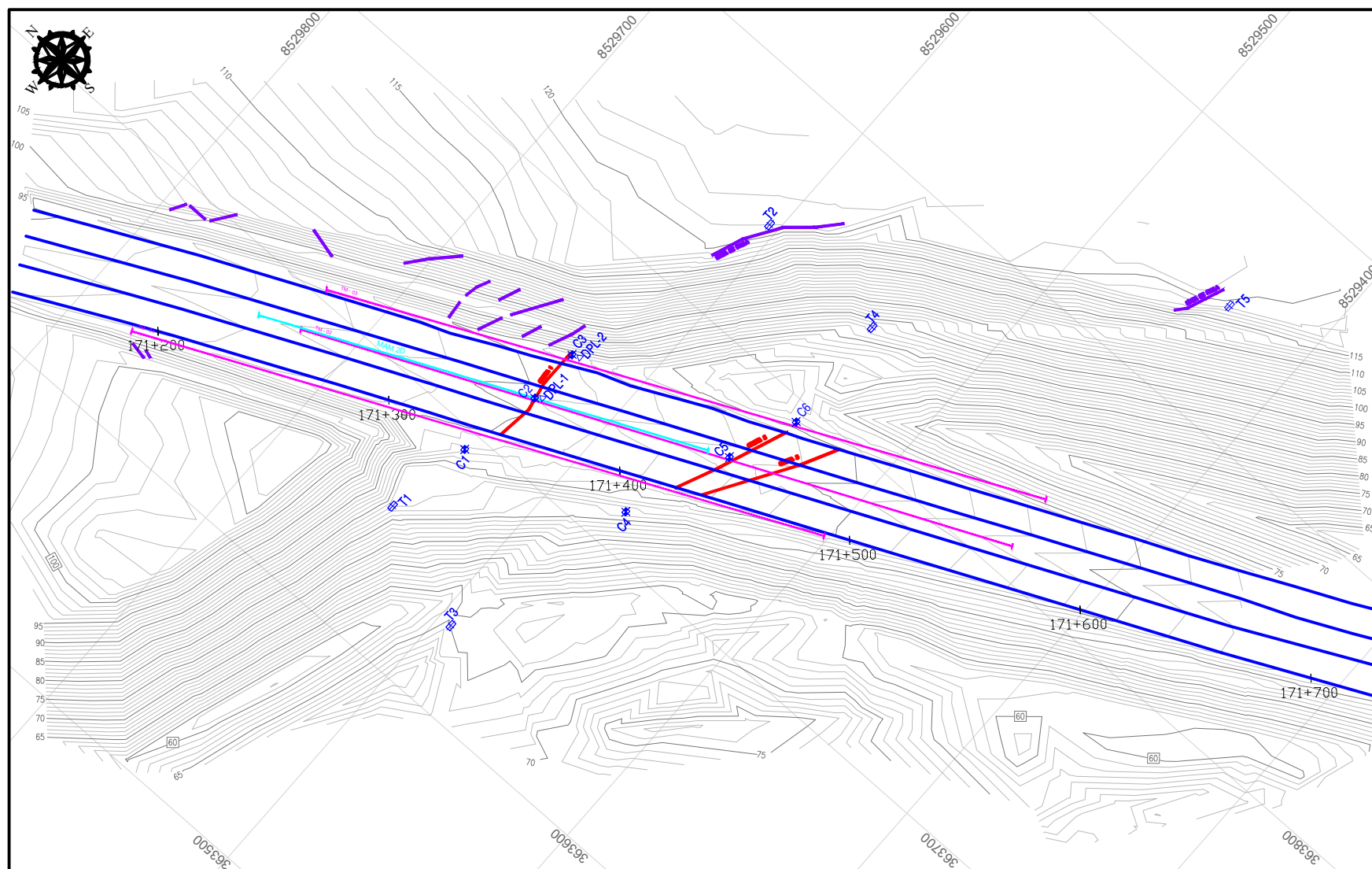
**ANEXO 6**  
**MAPA DE PENDIENTE**



## **ANEXO 7**

### **MAPA DE UBICACIÓN DE INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS**

# UBICACIÓN DE INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS



| CUADRO DE COORDENADAS DE CALICATAS |             |         |                           |
|------------------------------------|-------------|---------|---------------------------|
| CALICATA                           | COORDENADAS |         | PROFUNDIDAD ALCANZADA (m) |
|                                    | ESTE        | NORTE   |                           |
| C1                                 | 363692      | 8529638 | 6                         |
| C2                                 | 363728      | 8529630 | 3.5                       |
| C3                                 | 363751      | 8529630 | 3.5                       |
| C4                                 | 363717      | 8529570 | 6                         |
| C5                                 | 363762      | 8529553 | 3.8                       |
| C6                                 | 363792      | 8529542 | 4                         |
| C7                                 | 364041      | 8529014 | 4.5                       |
| C8                                 | 363061      | 8529989 | 5                         |
| C9                                 | 363076      | 8529009 | 4.5                       |
| C10                                | 363034      | 8529956 | 1.5                       |

| CUADRO DE COORDENADAS DE TRINCHERAS |             |         |                           |
|-------------------------------------|-------------|---------|---------------------------|
| TRINCHERA                           | COORDENADAS |         | PROFUNDIDAD ALCANZADA (m) |
|                                     | ESTE        | NORTE   |                           |
| T1                                  | 363655      | 8529645 | 3                         |
| T2                                  | 363846      | 8529604 | 3                         |
| T3                                  | 363634      | 8529594 | 2                         |
| T4                                  | 363842      | 8529544 | 3                         |
| T5                                  | 363947      | 8529438 | 1.5                       |
| T6                                  | 364048      | 8528973 | 2.8                       |

| CUADRO DE COORDENADAS DE DPL |             |         |                           |
|------------------------------|-------------|---------|---------------------------|
| DPL                          | COORDENADAS |         | PROFUNDIDAD ALCANZADA (m) |
|                              | ESTE        | NORTE   |                           |
| DPL 1                        | 363730      | 8529627 |                           |
| DPL 2                        | 363753      | 8529626 |                           |
| DPL 3                        | 364078      | 8529005 |                           |



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

|  |                      |                                    |  |   |                      |
|--|----------------------|------------------------------------|--|---|----------------------|
| TESIS:<br>"ANÁLISIS DE RIESGO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO DE TALUD EN VÍA PRINCIPAL PANAMERICANA SUR TRAMO KM 171+330 AL KM 172+130, DISTRITO SAN VICENTE DE CAÑETE - LIMA 2023" |                      |                                    | PLANO:<br>UBICACIÓN DE INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS |   |                      |
| DEPARTAMENTO:<br>LIMA  | PROVINCIA:<br>CAÑETE | DISTRITO:<br>SAN VICENTE DE CAÑETE | PROGRESIVA:<br>KM169+775 - KM174+150               | PROFESIONAL RESPONSABLE:<br>BACH. ELIZABETH P. HUILLCA PARI         | LAMINA:<br><b>05</b> |
| ELABORADO POR:<br>ELIZABETH HUILLCA PARI   | ESCALA:<br>1:6,000   | FECHA:<br>ENERO 2024               | ZONA:<br>18 S                                      | PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL:<br>INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO |                      |

**ANEXO 8**  
MONITOREO DE ASENTAMIENTO

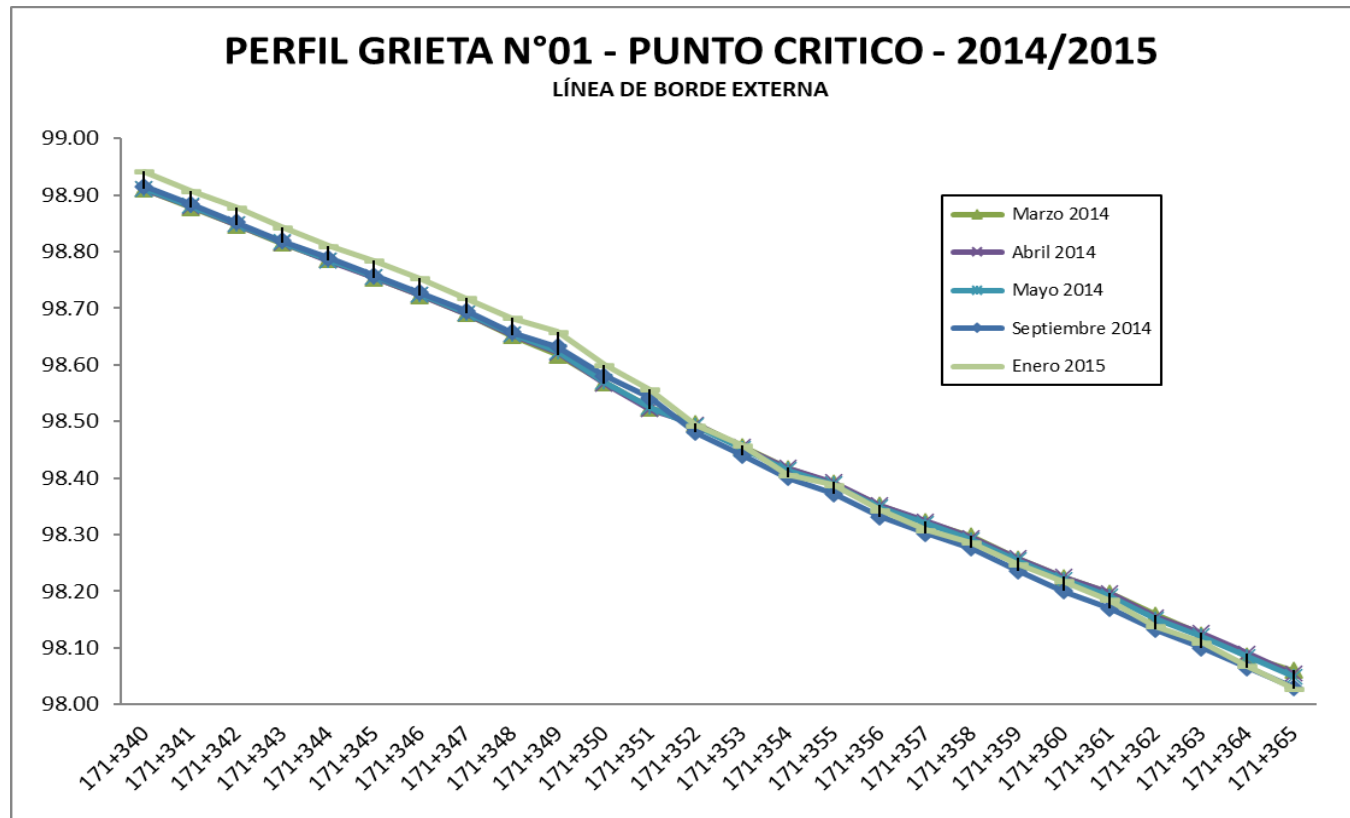
CARRIL NORTE A SUR

**Tabla 1:** Grieta 01 - Datos topográficos / desplazamiento vertical externa, N – S.

| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+340</b> | <b>171+341</b> | <b>171+342</b> | <b>171+343</b> | <b>171+344</b> | <b>171+345</b> | <b>171+346</b> | <b>171+347</b> | <b>171+348</b> |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Marzo 2014               | 98.910         | 98.878         | 98.847         | 98.815         | 98.786         | 98.754         | 98.723         | 98.691         | 98.652         |
| Abril 2014               | 98.910         | 98.880         | 98.848         | 98.816         | 98.784         | 98.755         | 98.724         | 98.691         | 98.654         |
| Mayo 2014                | 98.911         | 98.881         | 98.849         | 98.817         | 98.785         | 98.756         | 98.725         | 98.692         | 98.655         |
| Setiembre 2014           | 98.915         | 98.884         | 98.852         | 98.819         | 98.789         | 98.758         | 98.727         | 98.695         | 98.657         |
| Enero 2015               | 98.941         | 98.907         | 98.878         | 98.843         | 98.810         | 98.784         | 98.753         | 98.718         | 98.683         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+349</b> | <b>171+350</b> | <b>171+351</b> | <b>171+352</b> | <b>171+353</b> | <b>171+354</b> | <b>171+355</b> | <b>171+356</b> | <b>171+357</b> |
| Marzo 2014               | 98.618         | 98.569         | 98.524         | 98.496         | 98.456         | 98.417         | 98.391         | 98.352         | 98.323         |
| Abril 2014               | 98.621         | 98.567         | 98.521         | 98.495         | 98.455         | 98.418         | 98.393         | 98.352         | 98.324         |
| Mayo 2014                | 98.623         | 98.570         | 98.525         | 98.492         | 98.452         | 98.415         | 98.389         | 98.348         | 98.320         |
| Setiembre 2014           | 98.632         | 98.581         | 98.542         | 98.480         | 98.441         | 98.401         | 98.372         | 98.332         | 98.302         |
| Enero 2015               | 98.658         | 98.600         | 98.556         | 98.493         | 98.458         | 98.406         | 98.388         | 98.343         | 98.308         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+358</b> | <b>171+359</b> | <b>171+360</b> | <b>171+361</b> | <b>171+362</b> | <b>171+363</b> | <b>171+364</b> | <b>171+365</b> |                |
| Marzo 2014               | 98.298         | 98.258         | 98.225         | 98.197         | 98.158         | 98.123         | 98.086         | 98.060         |                |
| Abril 2014               | 98.295         | 98.259         | 98.226         | 98.197         | 98.155         | 98.126         | 98.090         | 98.054         |                |
| Mayo 2014                | 98.291         | 98.254         | 98.221         | 98.192         | 98.150         | 98.121         | 98.085         | 98.049         |                |
| Setiembre 2014           | 98.276         | 98.236         | 98.200         | 98.170         | 98.132         | 98.100         | 98.065         | 98.030         |                |
| Enero 2015               | 98.286         | 98.248         | 98.218         | 98.185         | 98.138         | 98.110         | 98.068         | 98.028         |                |

*Nota.* Datos proporcionados por COVIPERÚ.

**Figura 1:** Grieta 01 - Datos topográficos / desplazamiento vertical externa, N – S.



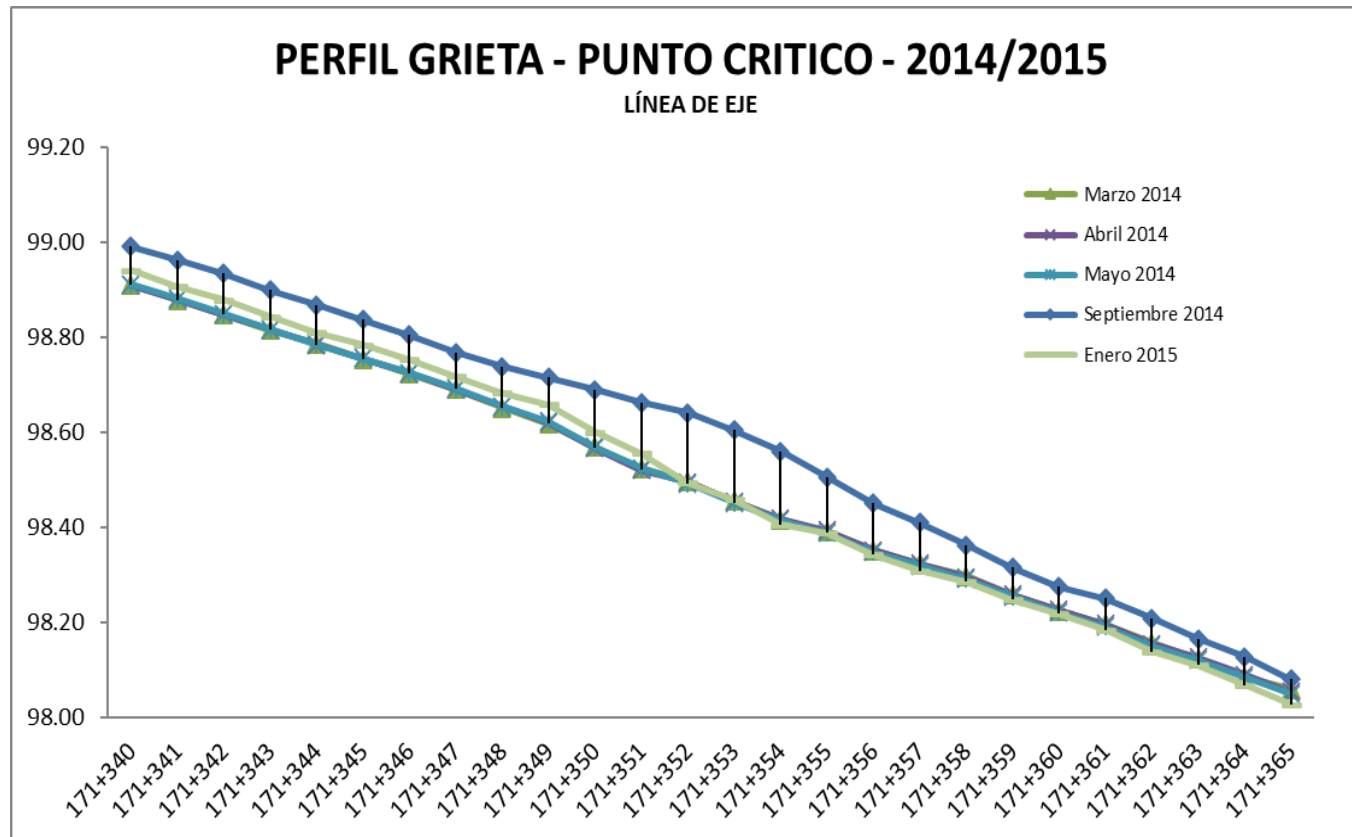
*Nota.* Imagen proporcionada por COVIPERÚ.

**Tabla 2:** Grieta 01 - Datos topográficos / desplazamiento vertical centro, N – S.

| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+340</b> | <b>171+341</b> | <b>171+342</b> | <b>171+343</b> | <b>171+344</b> | <b>171+345</b> | <b>171+346</b> | <b>171+347</b> | <b>171+348</b> |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Marzo 2014               | 98.988         | 98.958         | 98.928         | 98.896         | 98.864         | 98.834         | 98.799         | 98.764         | 98.733         |
| Abril 2014               | 98.988         | 98.959         | 98.929         | 98.896         | 98.865         | 98.833         | 98.798         | 98.765         | 98.734         |
| Mayo 2014                | 98.989         | 98.960         | 98.930         | 98.897         | 98.866         | 98.834         | 98.799         | 98.766         | 98.735         |
| Setiembre 2014           | 98.991         | 98.962         | 98.934         | 98.899         | 98.868         | 98.837         | 98.804         | 98.768         | 98.738         |
| Enero 2015               | 98.994         | 98.959         | 98.934         | 98.896         | 98.864         | 98.839         | 98.799         | 98.772         | 98.736         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+349</b> | <b>171+350</b> | <b>171+351</b> | <b>171+352</b> | <b>171+353</b> | <b>171+354</b> | <b>171+355</b> | <b>171+356</b> | <b>171+357</b> |
| Marzo 2014               | 98.710         | 98.683         | 98.658         | 98.632         | 98.598         | 98.564         | 98.518         | 98.476         | 98.441         |
| Abril 2014               | 98.712         | 98.686         | 98.661         | 98.635         | 98.596         | 98.557         | 98.515         | 98.473         | 98.433         |
| Mayo 2014                | 98.713         | 98.687         | 98.661         | 98.636         | 98.598         | 98.558         | 98.513         | 98.469         | 98.428         |
| Setiembre 2014           | 98.715         | 98.690         | 98.663         | 98.641         | 98.604         | 98.560         | 98.506         | 98.451         | 98.410         |
| Enero 2015               | 98.716         | 98.694         | 98.663         | 98.644         | 98.604         | 98.559         | 98.509         | 98.459         | 98.404         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+358</b> | <b>171+359</b> | <b>171+360</b> | <b>171+361</b> | <b>171+362</b> | <b>171+363</b> | <b>171+364</b> | <b>171+365</b> |                |
| Marzo 2014               | 98.389         | 98.344         | 98.308         | 98.276         | 98.236         | 98.195         | 98.154         | 98.105         |                |
| Abril 2014               | 98.391         | 98.346         | 98.307         | 98.274         | 98.230         | 98.193         | 98.155         | 98.104         |                |
| Mayo 2014                | 98.385         | 98.340         | 98.301         | 98.269         | 98.226         | 98.187         | 98.150         | 98.099         |                |
| Setiembre 2014           | 98.362         | 98.315         | 98.275         | 98.250         | 98.208         | 98.165         | 98.128         | 98.080         |                |
| Enero 2015               | 98.354         | 98.314         | 98.254         | 98.214         | 98.149         | 98.125         | 98.082         | 98.044         |                |

*Nota.* Datos proporcionados por COVIPERÚ.

**Figura 2:** Grieta 01 - Datos topográficos / desplazamiento vertical centro, N – S.



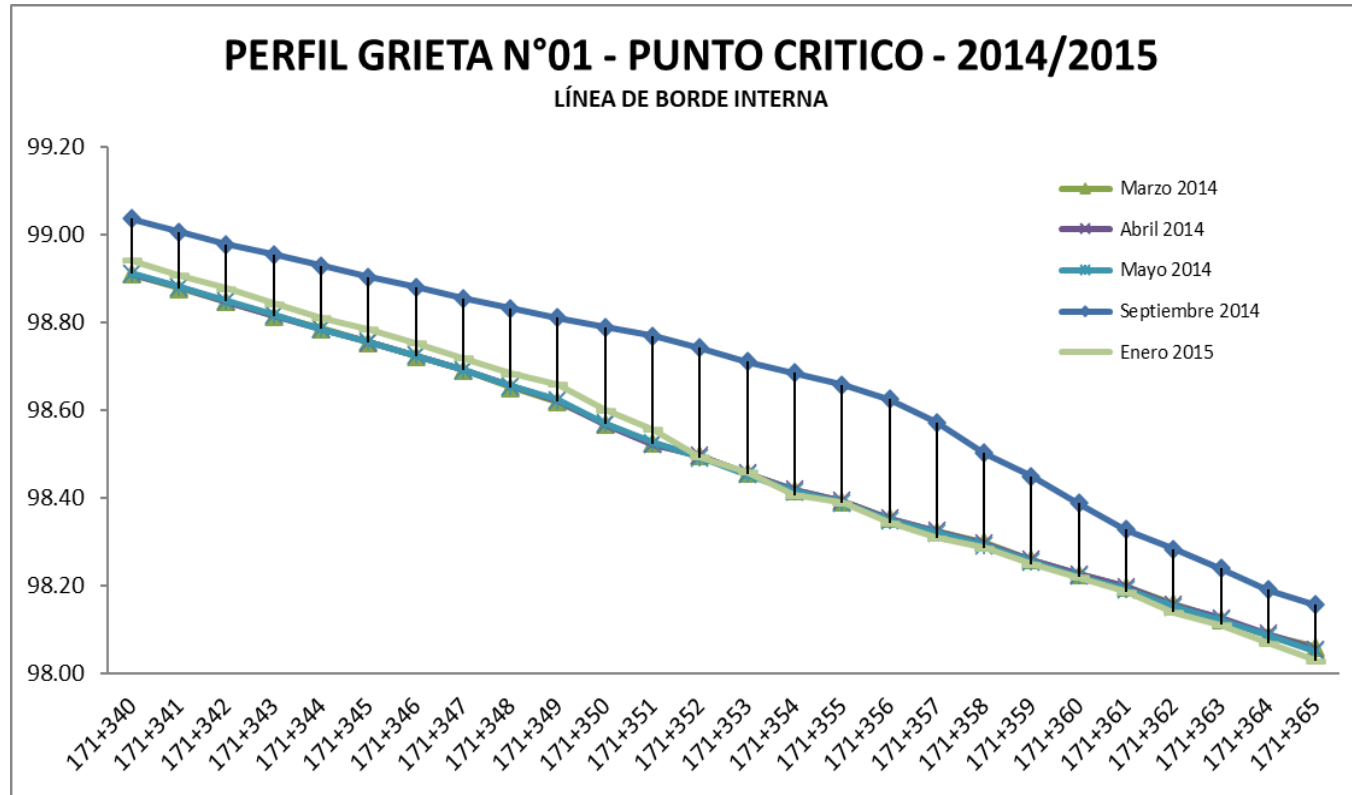
*Nota.* Imagen proporcionada por COVIPERÚ.

**Tabla 3:** Grieta 01 - Datos topográficos / desplazamiento vertical interna, N – S.

| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+340</b> | <b>171+341</b> | <b>171+342</b> | <b>171+343</b> | <b>171+344</b> | <b>171+345</b> | <b>171+346</b> | <b>171+347</b> | <b>171+348</b> |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Marzo 2014               | 99.029         | 99.001         | 98.972         | 98.949         | 98.922         | 98.899         | 98.874         | 98.850         | 98.826         |
| Abril 2014               | 99.032         | 99.003         | 98.975         | 98.951         | 98.926         | 98.901         | 98.876         | 98.852         | 98.831         |
| Mayo 2014                | 99.032         | 99.003         | 98.975         | 98.951         | 98.926         | 98.901         | 98.876         | 98.852         | 98.831         |
| Setiembre 2014           | 99.036         | 99.006         | 98.978         | 98.955         | 98.929         | 98.903         | 98.880         | 98.855         | 98.832         |
| Enero 2015               | 99.197         | 99.162         | 99.127         | 99.107         | 99.077         | 99.050         | 99.026         | 99.005         | 98.982         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+349</b> | <b>171+350</b> | <b>171+351</b> | <b>171+352</b> | <b>171+353</b> | <b>171+354</b> | <b>171+355</b> | <b>171+356</b> | <b>171+357</b> |
| Marzo 2014               | 98.805         | 98.785         | 98.762         | 98.736         | 98.706         | 98.678         | 98.647         | 98.618         | 98.563         |
| Abril 2014               | 98.808         | 98.787         | 98.765         | 98.737         | 98.708         | 98.679         | 98.650         | 98.615         | 98.562         |
| Mayo 2014                | 98.808         | 98.787         | 98.765         | 98.737         | 98.708         | 98.679         | 98.650         | 98.615         | 98.562         |
| Setiembre 2014           | 98.810         | 98.789         | 98.769         | 98.741         | 98.710         | 98.684         | 98.657         | 98.625         | 98.571         |
| Enero 2015               | 98.962         | 98.940         | 98.917         | 98.887         | 98.862         | 98.832         | 98.797         | 98.757         | 98.702         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+358</b> | <b>171+359</b> | <b>171+360</b> | <b>171+361</b> | <b>171+362</b> | <b>171+363</b> | <b>171+364</b> | <b>171+365</b> |                |
| Marzo 2014               | 98.508         | 98.454         | 98.406         | 98.350         | 98.307         | 98.263         | 98.216         | 98.178         |                |
| Abril 2014               | 98.506         | 98.450         | 98.404         | 98.349         | 98.307         | 98.261         | 98.212         | 98.175         |                |
| Mayo 2014                | 98.506         | 98.450         | 98.404         | 98.349         | 98.307         | 98.261         | 98.212         | 98.175         |                |
| Setiembre 2014           | 98.502         | 98.448         | 98.387         | 98.327         | 98.283         | 98.238         | 98.190         | 98.155         |                |
| Enero 2015               | 98.631         | 98.582         | 98.542         | 98.477         | 98.432         | 98.387         | 98.337         | 98.287         |                |

*Nota.* Datos proporcionados por COVIPERÚ.

**Figura 3:** Grieta 01 - Datos topográficos / desplazamiento vertical interno, N – S.



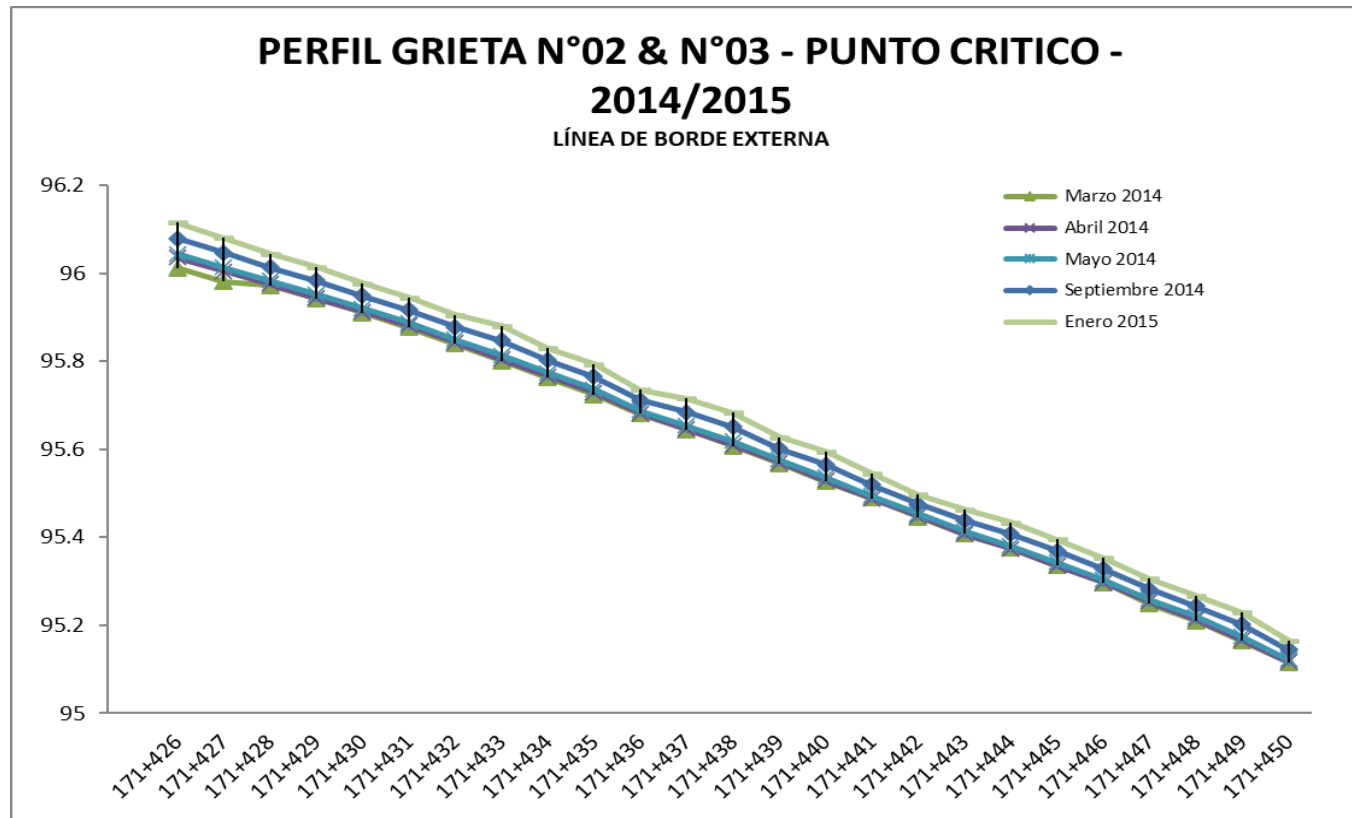
*Nota.* Imagen proporcionada por COVIPERÚ.

**Tabla 4:** Grieta 02 y 03 - Datos topográficos / desplazamiento vertical externa, N-S.

| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+426</b> | <b>171+427</b> | <b>171+428</b> | <b>171+429</b> | <b>171+430</b> | <b>171+431</b> | <b>171+432</b> | <b>171+433</b> | <b>171+434</b> |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Marzo 2014               | 96.012         | 95.981         | 95.972         | 95.942         | 95.910         | 95.877         | 95.839         | 95.801         | 95.763         |
| Abril 2014               | 96.035         | 96.005         | 95.976         | 95.944         | 95.913         | 95.881         | 95.843         | 95.805         | 95.766         |
| Mayo 2014                | 96.044         | 96.013         | 95.984         | 95.952         | 95.920         | 95.888         | 95.850         | 95.813         | 95.773         |
| Setiembre 2014           | 96.079         | 96.047         | 96.014         | 95.983         | 95.949         | 95.917         | 95.877         | 95.847         | 95.802         |
| Enero 2015               | 96.115         | 96.080         | 96.044         | 96.014         | 95.977         | 95.945         | 95.905         | 95.880         | 95.830         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+435</b> | <b>171+436</b> | <b>171+437</b> | <b>171+438</b> | <b>171+439</b> | <b>171+440</b> | <b>171+441</b> | <b>171+442</b> | <b>171+443</b> |
| Marzo 2014               | 95.724         | 95.681         | 95.645         | 95.607         | 95.568         | 95.526         | 95.489         | 95.446         | 95.407         |
| Abril 2014               | 95.729         | 95.682         | 95.646         | 95.610         | 95.570         | 95.529         | 95.488         | 95.448         | 95.408         |
| Mayo 2014                | 95.736         | 95.688         | 95.654         | 95.618         | 95.576         | 95.536         | 95.494         | 95.453         | 95.414         |
| Setiembre 2014           | 95.765         | 95.711         | 95.684         | 95.651         | 95.602         | 95.566         | 95.520         | 95.475         | 95.439         |
| Enero 2015               | 95.794         | 95.735         | 95.715         | 95.683         | 95.627         | 95.595         | 95.545         | 95.497         | 95.463         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+444</b> | <b>171+445</b> | <b>171+446</b> | <b>171+447</b> | <b>171+448</b> | <b>171+449</b> | <b>171+450</b> |                |                |
| Marzo 2014               | 95.375         | 95.335         | 95.297         | 95.249         | 95.210         | 95.164         | 95.116         |                |                |
| Abril 2014               | 95.374         | 95.336         | 95.297         | 95.253         | 95.214         | 95.167         | 95.117         |                |                |
| Mayo 2014                | 95.381         | 95.343         | 95.303         | 95.259         | 95.220         | 95.174         | 95.122         |                |                |
| Setiembre 2014           | 95.407         | 95.369         | 95.328         | 95.282         | 95.243         | 95.201         | 95.144         |                |                |
| Enero 2015               | 95.433         | 95.395         | 95.353         | 95.305         | 95.267         | 95.229         | 95.165         |                |                |

*Nota.* Datos proporcionados por COVIPERÚ.

**Figura 4:** Grieta 02 y 03, Datos topográficos / desplazamiento vertical externa, N-S



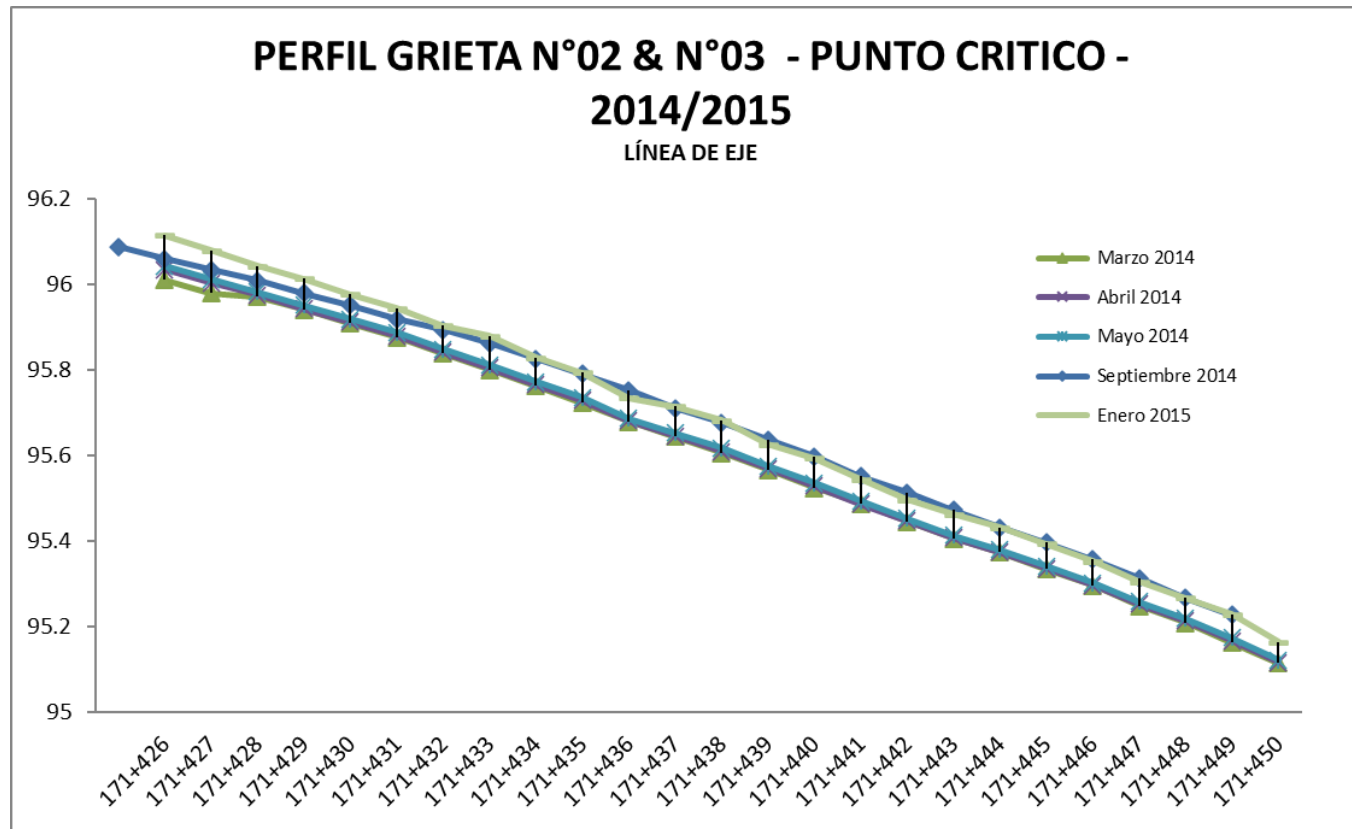
*Nota.* Imagen proporcionada por COVIPERÚ.

**Tabla 5:** Grieta 02 y 03 - Datos topográficos / desplazamiento vertical centro, N-S.

| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+426</b> | <b>171+427</b> | <b>171+428</b> | <b>171+429</b> | <b>171+430</b> | <b>171+431</b> | <b>171+432</b> | <b>171+433</b> | <b>171+434</b> |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Marzo 2014               | 96.058         | 96.032         | 96.004         | 95.961         | 95.926         | 95.905         | 95.889         | 95.863         | 95.828         |
| Abril 2014               | 96.056         | 96.028         | 96.004         | 95.975         | 95.945         | 95.914         | 95.886         | 95.859         | 95.825         |
| Mayo 2014                | 96.062         | 96.034         | 96.010         | 95.982         | 95.952         | 95.922         | 95.893         | 95.866         | 95.833         |
| Setiembre 2014           | 96.088         | 96.060         | 96.036         | 96.011         | 95.981         | 95.953         | 95.919         | 95.894         | 95.863         |
| Enero 2015               | 96.114         | 96.086         | 96.061         | 96.039         | 96.009         | 95.984         | 95.946         | 95.922         | 95.894         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+435</b> | <b>171+436</b> | <b>171+437</b> | <b>171+438</b> | <b>171+439</b> | <b>171+440</b> | <b>171+441</b> | <b>171+442</b> | <b>171+443</b> |
| Marzo 2014               | 95.794         | 95.757         | 95.720         | 95.678         | 95.642         | 95.604         | 95.568         | 95.523         | 95.486         |
| Abril 2014               | 95.790         | 95.753         | 95.715         | 95.673         | 95.639         | 95.602         | 95.566         | 95.520         | 95.482         |
| Mayo 2014                | 95.797         | 95.761         | 95.723         | 95.681         | 95.647         | 95.609         | 95.572         | 95.527         | 95.488         |
| Setiembre 2014           | 95.827         | 95.791         | 95.753         | 95.711         | 95.678         | 95.638         | 95.598         | 95.553         | 95.514         |
| Enero 2015               | 95.857         | 95.822         | 95.784         | 95.742         | 95.709         | 95.667         | 95.624         | 95.579         | 95.539         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+444</b> | <b>171+445</b> | <b>171+446</b> | <b>171+447</b> | <b>171+448</b> | <b>171+449</b> | <b>171+450</b> |                |                |
| Marzo 2014               | 95.445         | 95.405         | 95.367         | 95.328         | 95.288         | 95.241         | 95.198         |                |                |
| Abril 2014               | 95.442         | 95.401         | 95.364         | 95.324         | 95.282         | 95.234         | 95.195         |                |                |
| Mayo 2014                | 95.448         | 95.407         | 95.371         | 95.331         | 95.288         | 95.241         | 95.202         |                |                |
| Setiembre 2014           | 95.474         | 95.432         | 95.397         | 95.357         | 95.314         | 95.267         | 95.228         |                |                |
| Enero 2015               | 95.499         | 95.457         | 95.424         | 95.384         | 95.339         | 95.294         | 95.254         |                |                |

*Nota.* Datos proporcionados por COVIPERÚ.

**Figura 5:** Grieta 02 y 03, Datos topográficos / desplazamiento vertical centro, N-S



*Nota.* Imagen proporcionada por COVIPERÚ.

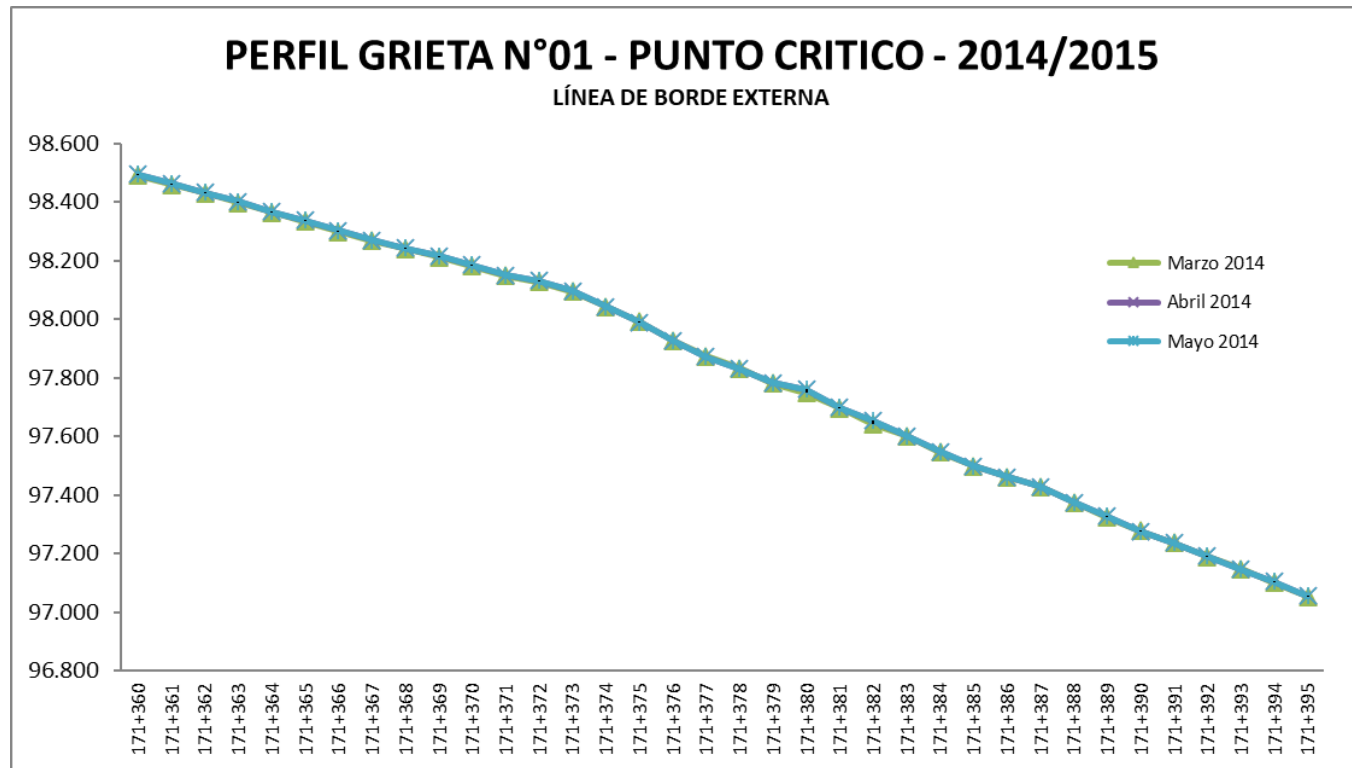
CARRIL SUR A NORTE

**Tabla 6:** Grieta 01 - Datos topográficos / desplazamiento vertical externa, S – N.

| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+360</b> | <b>171+361</b> | <b>171+362</b> | <b>171+363</b> | <b>171+364</b> | <b>171+365</b> | <b>171+366</b> | <b>171+367</b> | <b>171+368</b> | <b>171+369</b> | <b>171+370</b> | <b>171+371</b> |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Marzo 2014               | 98.491         | 98.460         | 98.431         | 98.399         | 98.365         | 98.335         | 98.300         | 98.269         | 98.241         | 98.212         | 98.182         | 98.149         |
| Abril 2014               | 98.495         | 98.465         | 98.434         | 98.402         | 98.368         | 98.338         | 98.303         | 98.271         | 98.243         | 98.216         | 98.185         | 98.151         |
| Mayo 2014                | 98.495         | 98.465         | 98.434         | 98.402         | 98.368         | 98.338         | 98.303         | 98.271         | 98.243         | 98.216         | 98.185         | 98.151         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+372</b> | <b>171+373</b> | <b>171+374</b> | <b>171+375</b> | <b>171+376</b> | <b>171+377</b> | <b>171+378</b> | <b>171+379</b> | <b>171+380</b> | <b>171+381</b> | <b>171+382</b> | <b>171+383</b> |
| Marzo 2014               | 98.129         | 98.096         | 98.043         | 97.992         | 97.928         | 97.874         | 97.832         | 97.782         | 97.749         | 97.696         | 97.641         | 97.602         |
| Abril 2014               | 98.132         | 98.098         | 98.044         | 97.989         | 97.927         | 97.873         | 97.831         | 97.784         | 97.760         | 97.698         | 97.653         | 97.603         |
| Mayo 2014                | 98.132         | 98.098         | 98.044         | 97.989         | 97.927         | 97.873         | 97.831         | 97.784         | 97.760         | 97.698         | 97.653         | 97.603         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+384</b> | <b>171+385</b> | <b>171+386</b> | <b>171+387</b> | <b>171+388</b> | <b>171+389</b> | <b>171+390</b> | <b>171+391</b> | <b>171+392</b> | <b>171+393</b> | <b>171+394</b> | <b>171+395</b> |
| Marzo 2014               | 97.547         | 97.498         | 97.461         | 97.428         | 97.376         | 97.323         | 97.279         | 97.237         | 97.190         | 97.148         | 97.101         | 97.054         |
| Abril 2014               | 97.549         | 97.499         | 97.461         | 97.429         | 97.375         | 97.327         | 97.276         | 97.236         | 97.191         | 97.147         | 97.104         | 97.055         |
| Mayo 2014                | 97.549         | 97.499         | 97.461         | 97.429         | 97.375         | 97.327         | 97.276         | 97.236         | 97.191         | 97.147         | 97.104         | 97.055         |

*Nota.* Datos proporcionados por COVIPERÚ.

**Figura 6:** Grieta 01 - Datos topográficos / desplazamiento vertical externa, S – N.



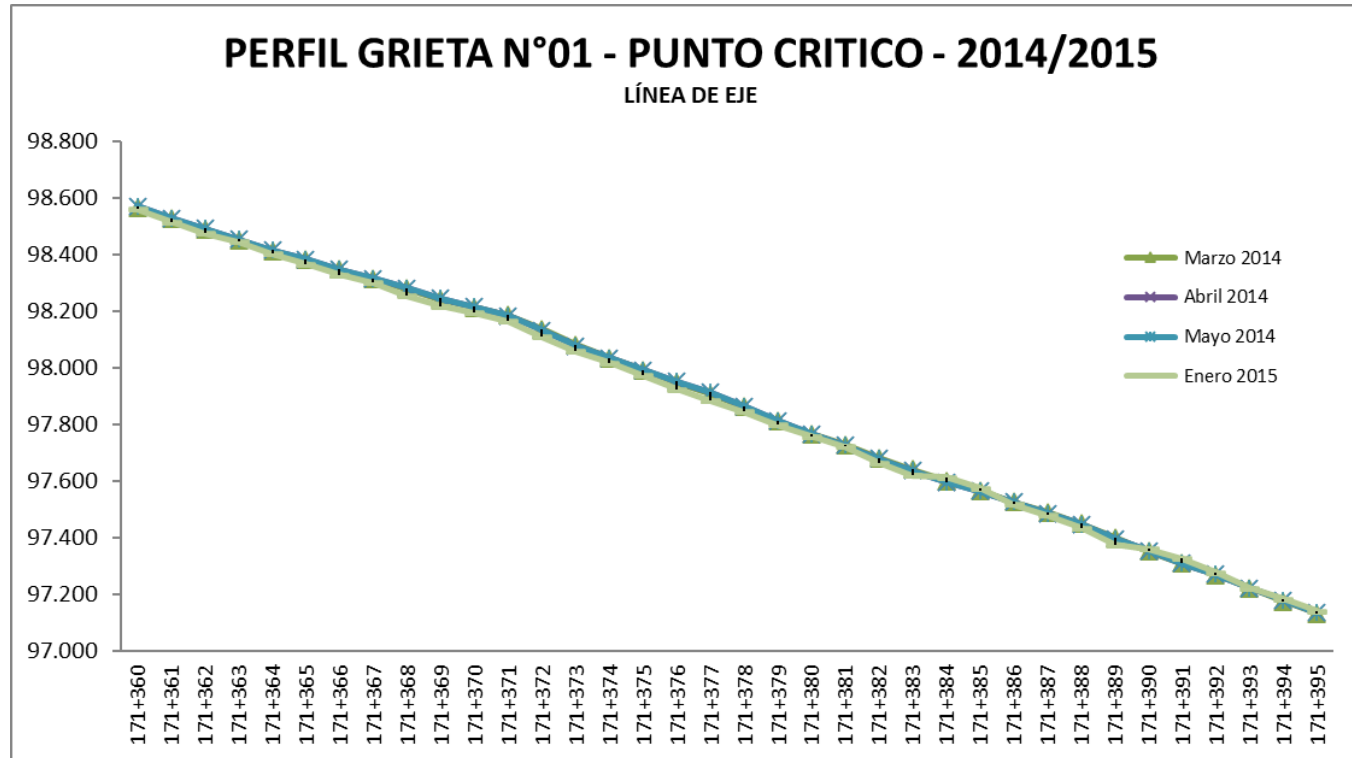
*Nota.* Imagen proporcionada por COVIPERÚ.

**Tabla 7:** Grieta 01 - Datos topográficos / desplazamiento vertical centro, S – N.

| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+360</b> | <b>171+361</b> | <b>171+362</b> | <b>171+363</b> | <b>171+364</b> | <b>171+365</b> | <b>171+366</b> | <b>171+367</b> | <b>171+368</b> | <b>171+369</b> | <b>171+370</b> | <b>171+371</b> |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Marzo 2014               | 98.567         | 98.527         | 98.489         | 98.450         | 98.413         | 98.382         | 98.347         | 98.313         | 98.279         | 98.242         | 98.213         | 98.185         |
| Abril 2014               | 98.570         | 98.529         | 98.492         | 98.453         | 98.416         | 98.384         | 98.347         | 98.316         | 98.282         | 98.246         | 98.215         | 98.183         |
| Mayo 2014                | 98.570         | 98.529         | 98.492         | 98.453         | 98.416         | 98.384         | 98.347         | 98.316         | 98.282         | 98.246         | 98.215         | 98.183         |
| Enero 2015               | 98.560         | 98.516         | 98.476         | 98.445         | 98.402         | 98.367         | 98.328         | 98.300         | 98.255         | 98.218         | 98.194         | 98.165         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+372</b> | <b>171+373</b> | <b>171+374</b> | <b>171+375</b> | <b>171+376</b> | <b>171+377</b> | <b>171+378</b> | <b>171+379</b> | <b>171+380</b> | <b>171+381</b> | <b>171+382</b> | <b>171+383</b> |
| Marzo 2014               | 98.136         | 98.082         | 98.036         | 97.993         | 97.948         | 97.908         | 97.863         | 97.812         | 97.767         | 97.729         | 97.683         | 97.642         |
| Abril 2014               | 98.133         | 98.078         | 98.036         | 97.993         | 97.952         | 97.913         | 97.865         | 97.814         | 97.767         | 97.726         | 97.681         | 97.637         |
| Mayo 2014                | 98.133         | 98.078         | 98.036         | 97.993         | 97.952         | 97.913         | 97.865         | 97.814         | 97.767         | 97.726         | 97.681         | 97.637         |
| Enero 2015               | 98.110         | 98.058         | 98.018         | 97.973         | 97.925         | 97.885         | 97.845         | 97.798         | 97.759         | 97.723         | 97.665         | 97.620         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+384</b> | <b>171+385</b> | <b>171+386</b> | <b>171+387</b> | <b>171+388</b> | <b>171+389</b> | <b>171+390</b> | <b>171+391</b> | <b>171+392</b> | <b>171+393</b> | <b>171+394</b> | <b>171+395</b> |
| Marzo 2014               | 97.601         | 97.568         | 97.527         | 97.490         | 97.450         | 97.401         | 97.353         | 97.311         | 97.270         | 97.222         | 97.177         | 97.133         |
| Abril 2014               | 97.598         | 97.565         | 97.527         | 97.487         | 97.448         | 97.397         | 97.355         | 97.311         | 97.271         | 97.223         | 97.181         | 97.135         |
| Mayo 2014                | 97.598         | 97.565         | 97.527         | 97.487         | 97.448         | 97.397         | 97.355         | 97.311         | 97.271         | 97.223         | 97.181         | 97.135         |
| Enero 2015               | 97.613         | 97.577         | 97.518         | 97.480         | 97.435         | 97.375         | 97.361         | 97.327         | 97.278         | 97.223         | 97.184         | 97.143         |

*Nota.* Datos proporcionados por COVIPERÚ.

**Figura 7:** Grieta 01 - Datos topográficos / desplazamiento vertical centro, S – N.



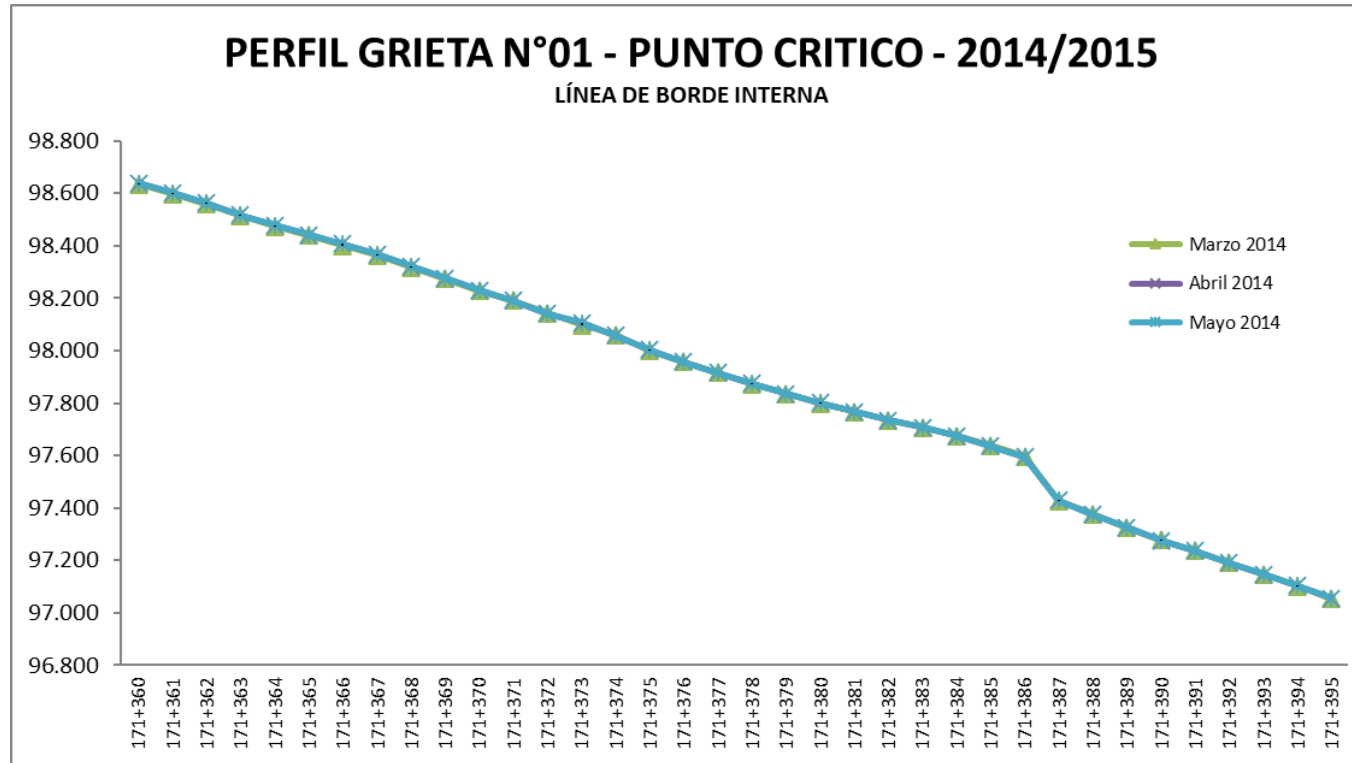
*Nota.* Imagen proporcionada por COVIPERÚ.

**Tabla 8:** Grieta 01 - Datos topográficos / desplazamiento vertical interno, S – N.

| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+360</b> | <b>171+361</b> | <b>171+362</b> | <b>171+363</b> | <b>171+364</b> | <b>171+365</b> | <b>171+366</b> | <b>171+367</b> | <b>171+368</b> | <b>171+369</b> | <b>171+370</b> | <b>171+371</b> |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Marzo 2014               | 98.633         | 98.598         | 98.558         | 98.514         | 98.474         | 98.438         | 98.401         | 98.363         | 98.318         | 98.274         | 98.227         | 98.192         |
| Abril 2014               | 98.638         | 98.602         | 98.562         | 98.518         | 98.478         | 98.442         | 98.406         | 98.367         | 98.323         | 98.277         | 98.230         | 98.191         |
| Mayo 2014                | 98.638         | 98.602         | 98.562         | 98.518         | 98.478         | 98.442         | 98.406         | 98.367         | 98.323         | 98.277         | 98.230         | 98.191         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+372</b> | <b>171+373</b> | <b>171+374</b> | <b>171+375</b> | <b>171+376</b> | <b>171+377</b> | <b>171+378</b> | <b>171+379</b> | <b>171+380</b> | <b>171+381</b> | <b>171+382</b> | <b>171+383</b> |
| Marzo 2014               | 98.143         | 98.098         | 98.060         | 97.998         | 97.957         | 97.915         | 97.873         | 97.836         | 97.800         | 97.766         | 97.734         | 97.707         |
| Abril 2014               | 98.141         | 98.106         | 98.058         | 98.002         | 97.957         | 97.916         | 97.874         | 97.836         | 97.801         | 97.766         | 97.735         | 97.706         |
| Mayo 2014                | 98.141         | 98.106         | 98.058         | 98.002         | 97.957         | 97.916         | 97.874         | 97.836         | 97.801         | 97.766         | 97.735         | 97.706         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+384</b> | <b>171+385</b> | <b>171+386</b> | <b>171+387</b> | <b>171+388</b> | <b>171+389</b> | <b>171+390</b> | <b>171+391</b> | <b>171+392</b> | <b>171+393</b> | <b>171+394</b> | <b>171+395</b> |
| Marzo 2014               | 97.676         | 97.639         | 97.597         | 97.428         | 97.376         | 97.323         | 97.279         | 97.237         | 97.190         | 97.148         | 97.101         | 97.054         |
| Abril 2014               | 97.676         | 97.636         | 97.595         | 97.429         | 97.375         | 97.327         | 97.276         | 97.236         | 97.191         | 97.147         | 97.104         | 97.055         |
| Mayo 2014                | 97.676         | 97.636         | 97.595         | 97.429         | 97.375         | 97.327         | 97.276         | 97.236         | 97.191         | 97.147         | 97.104         | 97.055         |

*Nota.* Datos proporcionados por COVIPERÚ.

**Figura 8:** Grieta 01 - Datos topográficos / desplazamiento vertical interno, S – N.



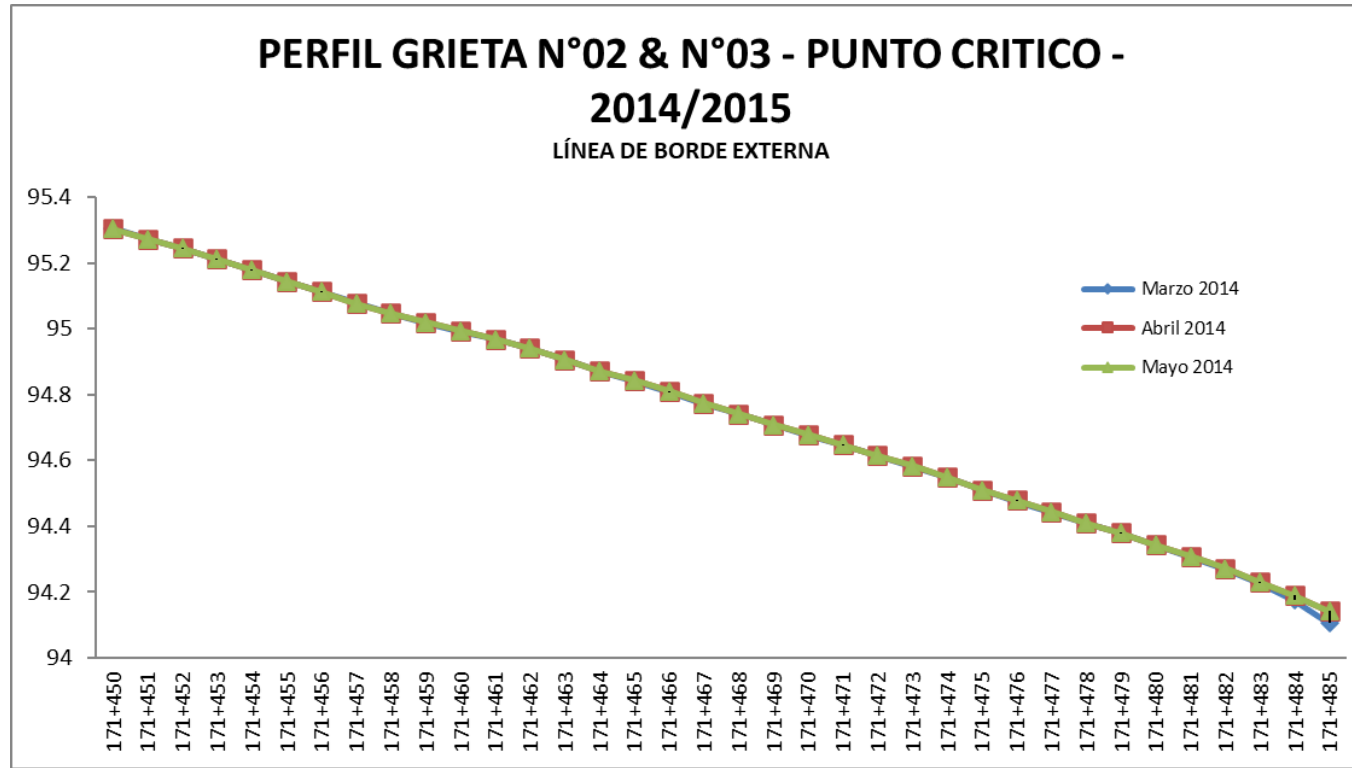
*Nota.* Imagen proporcionada por COVIPERÚ.

**Tabla 9:** Grieta 02 y 03 - Datos topográficos / desplazamiento vertical externo, S-N.

| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+450</b> | <b>171+451</b> | <b>171+452</b> | <b>171+453</b> | <b>171+454</b> | <b>171+455</b> | <b>171+456</b> | <b>171+457</b> | <b>171+458</b> | <b>171+459</b> | <b>171+460</b> | <b>171+461</b> |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Marzo 2014               | 95.306         | 95.273         | 95.243         | 95.211         | 95.178         | 95.144         | 95.112         | 95.079         | 95.047         | 95.019         | 94.993         | 94.968         |
| Abril 2014               | 95.304         | 95.273         | 95.245         | 95.212         | 95.179         | 95.144         | 95.113         | 95.077         | 95.047         | 95.020         | 94.995         | 94.968         |
| Mayo 2014                | 95.304         | 95.273         | 95.245         | 95.212         | 95.179         | 95.144         | 95.113         | 95.077         | 95.047         | 95.020         | 94.995         | 94.968         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+462</b> | <b>171+463</b> | <b>171+464</b> | <b>171+465</b> | <b>171+466</b> | <b>171+467</b> | <b>171+468</b> | <b>171+469</b> | <b>171+470</b> | <b>171+471</b> | <b>171+472</b> | <b>171+473</b> |
| Marzo 2014               | 94.941         | 94.906         | 94.871         | 94.842         | 94.807         | 94.772         | 94.741         | 94.709         | 94.678         | 94.646         | 94.615         | 94.582         |
| Abril 2014               | 94.942         | 94.907         | 94.871         | 94.844         | 94.811         | 94.775         | 94.741         | 94.709         | 94.679         | 94.648         | 94.614         | 94.584         |
| Mayo 2014                | 94.942         | 94.907         | 94.871         | 94.844         | 94.811         | 94.775         | 94.741         | 94.709         | 94.679         | 94.648         | 94.614         | 94.584         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+474</b> | <b>171+475</b> | <b>171+476</b> | <b>171+477</b> | <b>171+478</b> | <b>171+479</b> | <b>171+480</b> | <b>171+481</b> | <b>171+482</b> | <b>171+483</b> | <b>171+484</b> | <b>171+485</b> |
| Marzo 2014               | 94.549         | 94.511         | 94.476         | 94.442         | 94.410         | 94.379         | 94.343         | 94.307         | 94.271         | 94.226         | 94.175         | 94.105         |
| Abril 2014               | 94.549         | 94.511         | 94.479         | 94.444         | 94.409         | 94.380         | 94.344         | 94.309         | 94.272         | 94.229         | 94.189         | 94.142         |
| Mayo 2014                | 94.549         | 94.511         | 94.479         | 94.444         | 94.409         | 94.380         | 94.344         | 94.309         | 94.272         | 94.229         | 94.189         | 94.142         |

*Nota.* Datos proporcionados por COVIPERÚ.

**Figura 9:** Grieta 02 y 03 - Datos topográficos / desplazamiento vertical externo, S-N.



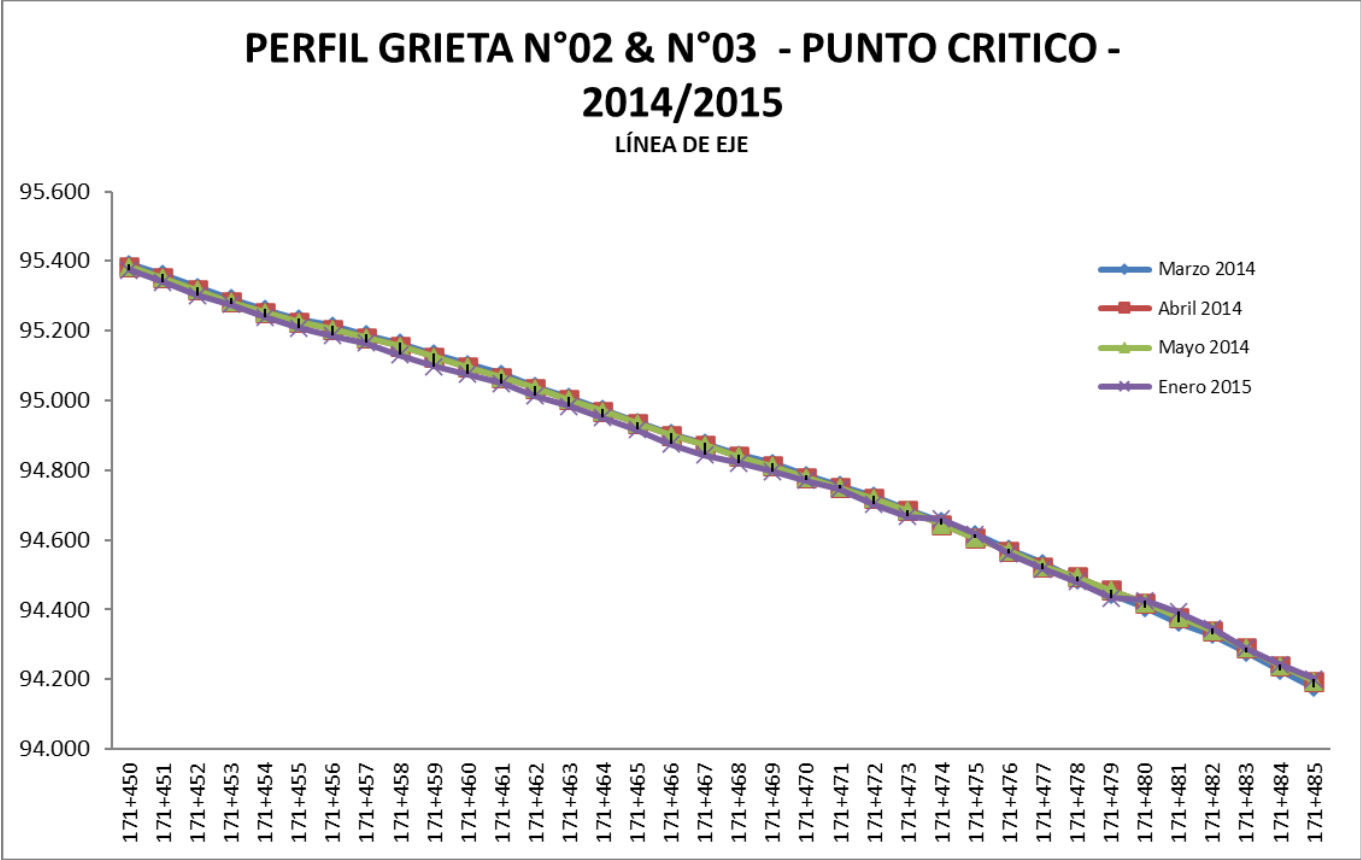
*Nota.* Imagen proporcionada por COVIPERÚ.

**Tabla 10:** Grieta 02 y 03 - Datos topográficos / desplazamiento vertical centro, S-N.

| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+450</b> | <b>171+451</b> | <b>171+452</b> | <b>171+453</b> | <b>171+454</b> | <b>171+455</b> | <b>171+456</b> | <b>171+457</b> | <b>171+458</b> | <b>171+459</b> | <b>171+460</b> | <b>171+461</b> |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Marzo 2014               | 95.391         | 95.362         | 95.326         | 95.293         | 95.262         | 95.235         | 95.215         | 95.190         | 95.165         | 95.134         | 95.105         | 95.076         |
| Abril 2014               | 95.384         | 95.352         | 95.317         | 95.283         | 95.253         | 95.226         | 95.205         | 95.181         | 95.157         | 95.125         | 95.096         | 95.067         |
| Mayo 2014                | 95.384         | 95.352         | 95.317         | 95.283         | 95.253         | 95.226         | 95.205         | 95.181         | 95.157         | 95.125         | 95.096         | 95.067         |
| Enero 2015               | 95.374         | 95.339         | 95.301         | 95.275         | 95.239         | 95.209         | 95.186         | 95.165         | 95.130         | 95.097         | 95.075         | 95.049         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+462</b> | <b>171+463</b> | <b>171+464</b> | <b>171+465</b> | <b>171+466</b> | <b>171+467</b> | <b>171+468</b> | <b>171+469</b> | <b>171+470</b> | <b>171+471</b> | <b>171+472</b> | <b>171+473</b> |
| Marzo 2014               | 95.041         | 95.010         | 94.975         | 94.939         | 94.906         | 94.878         | 94.845         | 94.820         | 94.786         | 94.756         | 94.725         | 94.686         |
| Abril 2014               | 95.036         | 95.003         | 94.969         | 94.935         | 94.901         | 94.872         | 94.840         | 94.812         | 94.779         | 94.750         | 94.718         | 94.684         |
| Mayo 2014                | 95.036         | 95.003         | 94.969         | 94.935         | 94.901         | 94.872         | 94.840         | 94.812         | 94.779         | 94.750         | 94.718         | 94.684         |
| Enero 2015               | 95.013         | 94.983         | 94.951         | 94.915         | 94.874         | 94.844         | 94.820         | 94.796         | 94.771         | 94.747         | 94.702         | 94.667         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+474</b> | <b>171+475</b> | <b>171+476</b> | <b>171+477</b> | <b>171+478</b> | <b>171+479</b> | <b>171+480</b> | <b>171+481</b> | <b>171+482</b> | <b>171+483</b> | <b>171+484</b> | <b>171+485</b> |
| Marzo 2014               | 94.653         | 94.616         | 94.573         | 94.533         | 94.485         | 94.444         | 94.406         | 94.363         | 94.327         | 94.277         | 94.225         | 94.175         |
| Abril 2014               | 94.645         | 94.605         | 94.568         | 94.524         | 94.493         | 94.455         | 94.420         | 94.378         | 94.340         | 94.290         | 94.240         | 94.194         |
| Mayo 2014                | 94.645         | 94.605         | 94.568         | 94.524         | 94.493         | 94.455         | 94.420         | 94.378         | 94.340         | 94.290         | 94.240         | 94.194         |
| Enero 2015               | 94.660         | 94.617         | 94.559         | 94.517         | 94.480         | 94.433         | 94.426         | 94.394         | 94.347         | 94.290         | 94.243         | 94.202         |

*Nota.* Datos proporcionados por COVIPERÚ.

**Figura 10:** Grieta 02 y 03 - Datos topográficos / desplazamiento vertical centro, S-N.



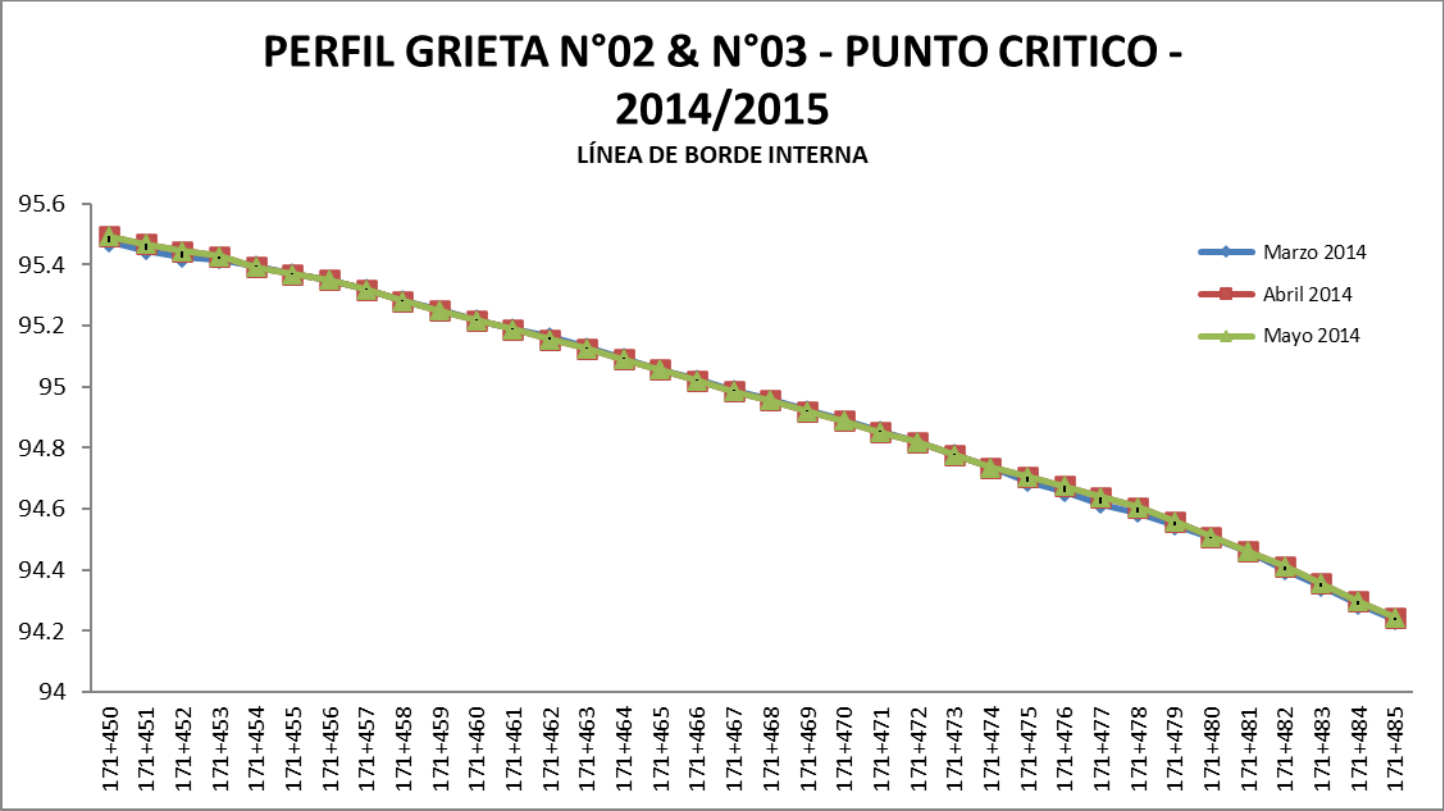
*Nota.* Imagen proporcionada por COVIPERÚ.

**Tabla 11:** Grieta 02 y 03 - Datos topográficos / desplazamiento vertical interno, S-N.

| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+450</b> | <b>171+451</b> | <b>171+452</b> | <b>171+453</b> | <b>171+454</b> | <b>171+455</b> | <b>171+456</b> | <b>171+457</b> | <b>171+458</b> | <b>171+459</b> | <b>171+460</b> | <b>171+461</b> |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Marzo 2014               | 95.475         | 95.446         | 95.424         | 95.417         | 95.397         | 95.371         | 95.350         | 95.321         | 95.284         | 95.251         | 95.221         | 95.190         |
| Abril 2014               | 95.492         | 95.468         | 95.445         | 95.428         | 95.392         | 95.370         | 95.350         | 95.318         | 95.281         | 95.249         | 95.219         | 95.189         |
| Mayo 2014                | 95.492         | 95.468         | 95.445         | 95.428         | 95.392         | 95.370         | 95.350         | 95.318         | 95.281         | 95.249         | 95.219         | 95.189         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+462</b> | <b>171+463</b> | <b>171+464</b> | <b>171+465</b> | <b>171+466</b> | <b>171+467</b> | <b>171+468</b> | <b>171+469</b> | <b>171+470</b> | <b>171+471</b> | <b>171+472</b> | <b>171+473</b> |
| Marzo 2014               | 95.163         | 95.130         | 95.095         | 95.056         | 95.025         | 94.990         | 94.959         | 94.925         | 94.890         | 94.855         | 94.820         | 94.780         |
| Abril 2014               | 95.156         | 95.125         | 95.090         | 95.056         | 95.021         | 94.985         | 94.956         | 94.920         | 94.888         | 94.851         | 94.819         | 94.777         |
| Mayo 2014                | 95.156         | 95.125         | 95.090         | 95.056         | 95.021         | 94.985         | 94.956         | 94.920         | 94.888         | 94.851         | 94.819         | 94.777         |
| <b>FECHA DE MEDICIÓN</b> | <b>171+474</b> | <b>171+475</b> | <b>171+476</b> | <b>171+477</b> | <b>171+478</b> | <b>171+479</b> | <b>171+480</b> | <b>171+481</b> | <b>171+482</b> | <b>171+483</b> | <b>171+484</b> | <b>171+485</b> |
| Marzo 2014               | 94.736         | 94.690         | 94.657         | 94.617         | 94.586         | 94.548         | 94.505         | 94.461         | 94.401         | 94.346         | 94.286         | 94.237         |
| Abril 2014               | 94.735         | 94.706         | 94.675         | 94.639         | 94.605         | 94.560         | 94.510         | 94.462         | 94.413         | 94.357         | 94.297         | 94.245         |
| Mayo 2014                | 94.735         | 94.706         | 94.675         | 94.639         | 94.605         | 94.560         | 94.510         | 94.462         | 94.413         | 94.357         | 94.297         | 94.245         |

*Nota.* Datos proporcionados por COVIPERÚ.

**Figura 11:** Grieta 02 y 03 - Datos topográficos / desplazamiento vertical interno, S-N.



*Nota.* Imagen proporcionada por COVIPERÚ.

## **ANEXO 9**

### **REGISTROS DE CAMPO Y LABORATORIO**

REGISTROS DE CAMPO

CALICATAS

| TCINGE S.A.C.<br>PROYECTOS CONSTRUCCION Y SUPERVISION  |                    | REGISTRO DE CALICATA                              |  | C - 1             |  |   |          |                                 |                      |                                 |
|--|--------------------|---|--|-------------------|--|---|----------|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| SOLICITADO   |                    | NIVEL FREATICO                                    |  | N.P.              |  | CONDICIÓN DE MUESTRA  |          |                                 |                      |                                 |
| PROYECTO   |                    | REGISTRADO POR                                    |  | C.T.C.            |  | <input checked="" type="checkbox"/> DISTURBADA<br><input type="checkbox"/> INALTERADA |          |                                 |                      |                                 |
| UBICACION  |                    | DEPT. DE LIMA - PROV. DE CAÑETE - DIST. DE CAÑETE |  | REVISADO POR      |  | C.T.C.  |          |                                 |                      |                                 |
| PROFUNDIDAD  | 6.00 m.            | COORDENADAS                                       | E: ---<br>N: ---   | COTA<br>(m.s.n.m) | FECHA  | OCTUBRE, 2011   |          |                                 |                      |                                 |
| PROF.<br>(m)   | SIMBOLG<br>(SUCS)  | SIMBOLO<br>GRAFICO                                | DESCRIPCION DEL MATERIAL   | MUESTRA           | HUMEDAD NATURAL Y<br>LIMITES DE CONSISTENCIA |   |          | Angulo<br>de<br>Fricción<br>(°) | Cohesion<br>(Kg/cm2) | Peso<br>Volumetrico<br>(gr/cm3) |
|  |                    |   |  |                   | LL<br>(%)                                    | I.P.<br>(%)   | W<br>(%) |                                 |                      |                                 |
| 0.00   | Similar<br>C-1/M-1 |   | Limo arenoso, color beige, ligeramente húmeda, consistencia firme. El estrato se encuentra cuarteado                         | S/M               | ---  | ---   | ---      | ---                             | ---                  | ---                             |
| 1.00   | MH                 |   | Limo elastico arenoso, color beige, húmeda, consistencia firme.  | M-1               | 51.26  | 20.19   | 5.56     | ---                             | ---                  | ---                             |
| 2.00   | Similar<br>C-2/M-1 |   | Limo, color beige, ligeramente húmeda, consistencia firme.   | SM                | ---  | ---   | ---      | ---                             | ---                  | ---                             |
| 4.00   | SM                 |   | Arena limosa, color beige, ligeramente húmeda, compacidad densa. Estrato inclinado con lentes de limo de 0.20 m cada 2.00 m. | M-2               | NP   | NP  | 3.16     | ---                             | ---                  | ---                             |
| Nota: Estrato inclinados, buzando aproximadamente 20°. |                    |   |  |                   |  |   |          |                                 |                      |                                 |

| TCINGE S.A.C.<br>PROYECTOS CONSTRUCCION Y SUPERVISION |                   | EXPLORACION DE CAMPO                              |  | REGISTRO DE CALICATA |  | C - 2   |          |                                 |                      |                                 |
|---|-------------------|---|--|----------------------|--|---|----------|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| SOLICITADO  |                   | NIVEL FREATICO                                    |  | N.P.                 |  | CONDICIÓN DE MUESTRA  |          |                                 |                      |                                 |
| PROYECTO  |                   | REGISTRADO POR                                    |  | C.T.C.               |  | <input checked="" type="checkbox"/> DISTURBADA<br><input type="checkbox"/> INALTERADA |          |                                 |                      |                                 |
| UBICACION   |                   | DEPT. DE LIMA - PROV. DE CAÑETE - DIST. DE CAÑETE |  | REVISADO POR         |  | C.T.C.  |          |                                 |                      |                                 |
| PROFUNDIDAD   | 3.50 m.           | COORDENADAS                                       | E: ---<br>N: ---   | COTA<br>(m.s.n.m)    | FECHA  | OCTUBRE, 2011   |          |                                 |                      |                                 |
| PROF.<br>(m)  | SIMBOLG<br>(SUCS) | SIMBOLO<br>GRAFICO                                | DESCRIPCION DEL MATERIAL   | MUESTRA              | HUMEDAD NATURAL Y<br>LIMITES DE CONSISTENCIA |   |          | Angulo<br>de<br>Fricción<br>(°) | Cohesion<br>(Kg/cm2) | Peso<br>Volumetrico<br>(gr/cm3) |
|   |                   |   |  |                      | LL<br>(%)                                    | I.P.<br>(%)   | W<br>(%) |                                 |                      |                                 |
| 0.00  |                   |   | Refrero grava arenosa color marrón oscuro, ligeramente húmeda, compacidad media, bolonera e l.m. 7" en 30%, levemente contaminado.                 | S/M                  | ---  | ---   | ---      | ---                             | ---                  | ---                             |
| 2.00  | ML                |   | Limo arenoso, color beige, ligeramente húmeda, consistencia media. Presenta intercalaciones de lentes de arena fina de espesor 0.10 m cada 0.40 m. | M-1                  | NP   | NP  | 3.94     | ---                             | ---                  | ---                             |

| TCINGE S.A.C.<br>PROYECTOS CONSTRUCCION Y SUPERVISION |  | EXPLORACION DE CAMPO |  |                   | REGISTRO DE CALICATA                         |               | C - 3   |                              |                      |                                 |
|---|--|----------------------|--|-------------------|--|---------------|---|------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| SOLICITADO  |  |                      |  |                   | NIVEL FREATICO                               | N.P.          | CONDICIÓN DE MUESTRA  |                              |                      |                                 |
| PROYECTO  |  |                      |  |                   | REGISTRADO POR                               | C.T.C.        | <input checked="" type="checkbox"/> DISTURBADA<br><input type="checkbox"/> INALTERADA |                              |                      |                                 |
| UBICACION   | DEPT. DE LIMA - PROV. DE CAÑETE - DIST. DE CAÑETE                  |                      |  |                   | REVISADO POR                                 | C.T.C.        |   |                              |                      |                                 |
| PROFUNDIDAD   | 3.50 m.  | COORDENADAS          | E: -----<br>N: -----   | COTA<br>(m.s.n.m) | FECHA  | OCTUBRE, 2011 |   |                              |                      |                                 |
| PROF.<br>(m)  | SIMBOLO<br>(SUCS)  | SIMBOLO<br>GRAFICO   | DESCRIPCION DEL MATERIAL   | MUESTRA           | HUMEDAD NATURAL Y<br>LIMITES DE CONSISTENCIA |               |   | Angulo<br>de Fricción<br>(°) | Cohesion<br>(Kg/cm2) | Peso<br>Volumetrico<br>(gr/cm3) |
|   |  |                      |  |                   | LL<br>(%)                                    | IP<br>(%)     | W<br>(%)  |                              |                      |                                 |
| 0.50  |  |                      | Relleno grava arenosa color marrón oscuro, ligeramente húmeda, compactad media, bobinera de 1m.7" en 30%, levemente contaminado. | S/M               | ---  | ---           | ---   | ---                          | ---                  | ---                             |
| 1.50  | SM   |                      | Arena limosa, color beige, ligeramente húmeda, compactad media.  | M-1               | NP   | NP            | 2.10  | ---                          | ---                  | ---                             |
| 3.00  | ML   |                      | Limo arenoso, color beige, ligeramente húmeda, consistencia firme.   | M-2               | NP   | NP            | 2.10  | ---                          | ---                  | ---                             |
| 4.00  | Nota: Estrato buzcando aproximadamente 20" hacia el talud inferior |                      |  |                   |  |               |   |                              |                      |                                 |

| TCINGE S.A.C.<br>PROYECTOS CONSTRUCCION Y SUPERVISION |   | EXPLORACION DE CAMPO |  |                   | REGISTRO DE CALICATA                         |               | C - 4   |                              |                      |                                 |
|---|---|----------------------|--|-------------------|--|---------------|---|------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| SOLICITADO  |   |                      |  |                   | NIVEL FREATICO                               | N.P.          | CONDICIÓN DE MUESTRA  |                              |                      |                                 |
| PROYECTO  |   |                      |  |                   | REGISTRADO POR                               | C.T.C.        | <input checked="" type="checkbox"/> DISTURBADA<br><input type="checkbox"/> INALTERADA |                              |                      |                                 |
| UBICACION   | DEPT. DE LIMA - PROV. DE CAÑETE - DIST. DE CAÑETE                           |                      |  |                   | REVISADO POR                                 | C.T.C.        |   |                              |                      |                                 |
| PROFUNDIDAD   | 6.00 m.   | COORDENADAS          | E: -----<br>N: -----   | COTA<br>(m.s.n.m) | FECHA  | OCTUBRE, 2011 |   |                              |                      |                                 |
| PROF.<br>(m)  | SIMBOLO<br>(SUCS)   | SIMBOLO<br>GRAFICO   | DESCRIPCION DEL MATERIAL   | MUESTRA           | HUMEDAD NATURAL Y<br>LIMITES DE CONSISTENCIA |               |   | Angulo<br>de Fricción<br>(°) | Cohesion<br>(Kg/cm2) | Peso<br>Volumetrico<br>(gr/cm3) |
|   |   |                      |  |                   | LL<br>(%)                                    | IP<br>(%)     | W<br>(%)  |                              |                      |                                 |
| 0.50  |   |                      | Relleno arena limosa, color marrón oscuro, ligeramente húmeda, compactad media, contaminado con plasticos en 10% | S/M               | ---  | ---           | ---   | ---                          | ---                  | ---                             |
| 1.50  | SM  |                      | Arena limosa, color beige, ligeramente húmeda, compactad suelta, bloques.  | M-1               | NP   | NP            | 2.00  | ---                          | ---                  | ---                             |
| 2.50  |   |                      | Arena con grava, color beige, ligeramente húmeda, compactad suelta, bloques de 1m.6"                             | S/M               | ---  | ---           | ---   | ---                          | ---                  | ---                             |
| 3.50  | Similar<br>C-4/M-1  |                      | Arena limosa, color beige, ligeramente húmeda, compactad suelta, bloques.  | S/M               | ---  | ---           | ---   | ---                          | ---                  | ---                             |
| 5.00  | SM  |                      | Arena limosa, color beige, ligeramente húmeda, compacta.   | M-2               | NP   | NP            | 1.06  | ---                          | ---                  | ---                             |
| 6.00  | Nota: Estrato inferior buzcando aproximadamente 15" hacia el talud inferior |                      |  |                   |  |               |   |                              |                      |                                 |



| TCINGE S.A.C.<br>PROYECTOS CONTRUCCION Y SUPERVISION |   | EXPLORACION DE CAMPO |   |                   | REGISTRO DE CALICATA    |   | C - 7 |                    |                      |                              |
|--|---|----------------------|---|-------------------|-------------------------|---|-------|--------------------|----------------------|------------------------------|
| SOLICITADO   |   |                      |   | NIVEL FREATICO    | N.P.                    | CONDICIÓN DE MUESTRA  |       |                    |                      |                              |
| PROYECTO   |   |                      |   | REGISTRADO POR    | C.T.C.                  | <input checked="" type="checkbox"/> DISTURBADA<br><input type="checkbox"/> INALTERADA |       |                    |                      |                              |
| UBICACION  | DEPT. DE LIMA - PROV. DE CAÑETE - DIST. DE CAÑETE |                      |   | REVISADO POR      | C.T.C.                  |   |       |                    |                      |                              |
| PROFUNDIDAD  | 4.50 m.   | COORDENADAS          | E: _____<br>N: _____  | COTA<br>(m.s.n.m) | FECHA                   | OCTUBRE, 2011   |       |                    |                      |                              |
| PROF (m)   | SIMBOLO (SUCS)                                    | SIMBOLO GRAFICO      | DESCRIPCION DEL MATERIAL  | MUESTRA           | LIMITES DE CONSISTENCIA |   |       | de Fricción<br>(°) | Cohesion<br>(Kg/cm2) | Peso Volumetrico<br>(gr/cm3) |
|  |   |                      |   |                   | LL (%)                  | LP (%)  | W (%) |                    |                      |                              |
| 0.50<br>1.00   | SM  |                      | Refrero arena limosa con grava, color marrón, ligeramente húmeda, compacto, gravas subredondeadas, bloques de 1m. 12" en 10%. | M-1               | NP                      | NP  | 4.28  | -----              | -----                | -----                        |
| 2.00<br>2.50   | Similar C-9/M-2                                   |                      | Arena mal graduada con limo y grava, color gris, ligeramente húmeda, consistencia media a suelta, gravas de 1m. 1".           | S/M               | -----                   | -----   | ----- | -----              | -----                | -----                        |
| 4.00   | SP - SM   |                      | Arena mal graduada con limo, color beige, ligeramente húmeda, compacidad media.   | M-2               | NP                      | NP  | 0.94  | -----              | -----                | -----                        |

| TCINGE S.A.C.<br>PROYECTOS CONTRUCCION Y SUPERVISION |   | EXPLORACION DE CAMPO |   |                   | REGISTRO DE CALICATA    |   | C - 8 |                    |                      |                              |
|--|---|----------------------|---|-------------------|-------------------------|---|-------|--------------------|----------------------|------------------------------|
| SOLICITADO   |   |                      |   | NIVEL FREATICO    | N.P.                    | CONDICIÓN DE MUESTRA  |       |                    |                      |                              |
| PROYECTO   |   |                      |   | REGISTRADO POR    | C.T.C.                  | <input checked="" type="checkbox"/> DISTURBADA<br><input type="checkbox"/> INALTERADA |       |                    |                      |                              |
| UBICACION  | DEPT. DE LIMA - PROV. DE CAÑETE - DIST. DE CAÑETE |                      |   | REVISADO POR      | C.T.C.                  |   |       |                    |                      |                              |
| PROFUNDIDAD  | 5.00 m.   | COORDENADAS          | E: _____<br>N: _____  | COTA<br>(m.s.n.m) | FECHA                   | OCTUBRE, 2011   |       |                    |                      |                              |
| PROF (m)   | SIMBOLO (SUCS)                                    | SIMBOLO GRAFICO      | DESCRIPCION DEL MATERIAL  | MUESTRA           | LIMITES DE CONSISTENCIA |   |       | de Fricción<br>(°) | Cohesion<br>(Kg/cm2) | Peso Volumetrico<br>(gr/cm3) |
|  |   |                      |   |                   | LL (%)                  | LP (%)  | W (%) |                    |                      |                              |
| 0.50<br>0.60   |   |                      | Refrero grava arenosa, color marrón, ligeramente húmeda, compacto, gravas subredondeadas, bloques de 1m. 12" en 10%.                            | S/M               | -----                   | -----   | ----- | -----              | -----                | -----                        |
| 2.00<br>2.50   | ML  |                      | Limo arenoso, color gris a claro, ligeramente húmeda, consistencia media a suelta. Presencia de lentes de limos y gravitas de 0.20 m de espesor | M-1               | 36.97                   | 8.17  | 5.30  | -----              | -----                | -----                        |
| 4.00   | SP  |                      | Arena mal graduada, color marrón claro, ligeramente húmeda, compacidad media.   | M-2               | NP                      | NP  | 0.43  | -----              | -----                | -----                        |
| 5.50   |   |                      | Nota: Estrato limoso esta luczando 10° en contacto con arena mal graduada   |                   |                         |   |       |                    |                      |                              |



REGISTROS DE CAMPO

TRINCHERAS

| TCINGE S.A.C.<br>PROYECTOS CONTRUCCION Y SUPERVISION |   | EXPLORACION DE CAMPO |   | REGISTRO DE TRINCHERA T - 1  |   |          |       |              |                   |                      |
|--|---|----------------------|---|--|---|----------|-------|--------------|-------------------|----------------------|
| SOLICITADO   |   | NIVEL FREATICO       | N.P.  | CONDICIÓN DE MUESTRA   |   |          |       |              |                   |                      |
| PROYECTO   |   | REGISTRADO POR       | C.T.C.  | <input checked="" type="checkbox"/> DISTURBADA<br><input checked="" type="checkbox"/> INALTERADA |   |          |       |              |                   |                      |
| UBICACION  | DEPT. DE LIMA - PROV. DE CAÑETE - DIST. DE CAÑETE | REVISADO POR         | C.T.C.  |  |   |          |       |              |                   |                      |
| PROFUNDIDAD  | 3.00 m.   | COORDENADAS          | E: _____<br>N: _____  | COTA (m.s.n.m)   | FECHA                                     |          |       |              |                   |                      |
|  |   |                      |   |  | OCTUBRE, 2011                             |          |       |              |                   |                      |
| PROF (m)   | SIMBOLO (SUCS)                                    | SIMBOLO GRAFICO      | DESCRIPCION DEL MATERIAL  | MUESTRA  | HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA |          |       | Fricción (°) | Cohesion (Kg/cm2) | Volumetrico (gr/cm3) |
|  |   |                      |   |  | L.L. (%)                                  | I.P. (%) | W (%) |              |                   |                      |
| 0.15   |   |                      | Arena ligera, color gris, ligeramente húmeda, consistencia firme.         | S/M  | ---                                       | ---      | ---   | ---          | ---               | ---                  |
| 1.00   | Similar C-1/M-3                                   |                      | Arena limosa, color beige, ligeramente húmeda, consistencia firme.        | S/M  | ---                                       | ---      | ---   | ---          | ---               | ---                  |
| 2.50   | Similar C-4/M-1                                   |                      | Arena limosa, color beige, ligeramente húmeda, compactad suelta, bloques. | S/M  | ---                                       | ---      | ---   | ---          | ---               | ---                  |

| TCINGE S.A.C.<br>PROYECTOS CONTRUCCION Y SUPERVISION |   | EXPLORACION DE CAMPO |  | REGISTRO DE TRINCHERA T - 2  |   |          |       |              |                   |                      |
|--|---|----------------------|--|--|---|----------|-------|--------------|-------------------|----------------------|
| SOLICITADO   |   | NIVEL FREATICO       | N.P.   | CONDICIÓN DE MUESTRA   |   |          |       |              |                   |                      |
| PROYECTO   |   | REGISTRADO POR       | C.T.C.   | <input checked="" type="checkbox"/> DISTURBADA<br><input checked="" type="checkbox"/> INALTERADA |   |          |       |              |                   |                      |
| UBICACION  | DEPT. DE LIMA - PROV. DE CAÑETE - DIST. DE CAÑETE | REVISADO POR         | C.T.C.   |  |   |          |       |              |                   |                      |
| PROFUNDIDAD  | 3.00 m.   | COORDENADAS          | E: _____<br>N: _____   | COTA (m.s.n.m)   | FECHA                                     |          |       |              |                   |                      |
|  |   |                      |  |  | OCTUBRE, 2011                             |          |       |              |                   |                      |
| PROF (m)   | SIMBOLO (SUCS)                                    | SIMBOLO GRAFICO      | DESCRIPCION DEL MATERIAL   | MUESTRA  | HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA |          |       | Fricción (°) | Cohesion (Kg/cm2) | Volumetrico (gr/cm3) |
|  |   |                      |  |  | L.L. (%)                                  | I.P. (%) | W (%) |              |                   |                      |
| 0.50   | ML  |                      | Limo arenoso, color marrón claro, ligeramente húmeda, compactad densa, presencia de gravillas 1 m.38". | M-1  | NP  | NP       | 6.72  | ---          | ---               | ---                  |
| 1.50   | Similar T-5/M-1                                   |                      | Limo arenoso, color gris claro, ligeramente húmeda, consistencia firme.                                | S/M  | ---                                       | ---      | ---   | ---          | ---               | ---                  |
| 2.50   |   |                      | Arena con grava, color beige, ligeramente húmeda, compactad suelta, bloques.                           | S/M  | ---                                       | ---      | ---   | ---          | ---               | ---                  |



| TCINGE S.A.C.<br>PROYECTOS CONSTRUCCION Y SUPERVISION |   | EXPLORACION DE CAMPO |  |                    | REGISTRO DE TRINCHERA                     |   | T - 5 |              |                   |                      |
|---|---|----------------------|--|--------------------|---|---|-------|--------------|-------------------|----------------------|
| SOLICITADO  |   |                      |  | NIVEL FREATICO     | N.P.                                      | CONDICIÓN DE MUESTRA  |       |              |                   |                      |
| PROYECTO  |   |                      |  | REGISTRADO POR     | C.T.C.                                    | <input checked="" type="checkbox"/> DISTURBADA<br><input type="checkbox"/> INALTERADA |       |              |                   |                      |
| UBICACION   | DEPT. DE LIMA - PROV. DE CAÑETE - DIST. DE CAÑETE |                      |  | REVISADO POR       | C.T.C.                                    |   |       |              |                   |                      |
| PROFUNDIDAD   | 1.50 m.   | COORDENADAS          | E: _____<br>N: _____   | COTA<br>(m.s.n.m.) | FECHA                                     | OCTUBRE, 2011   |       |              |                   |                      |
| PROF (m)  | SIMBOLO (SUCS)                                    | SIMBOLO GRAFICO      | DESCRIPCION DEL MATERIAL   | MUESTRA            | HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA |   |       | Fricción (°) | Cohesion (Kg/cm2) | Volumetrico (gr/cm3) |
|   |   |                      |  |                    | LL (%)                                    | IP (%)  | W (%) |              |                   |                      |
| 0.50  | ML  |                      | Limo arenoso, color marrón, ligeramente húmeda, consistencia firme, presencia de calche. | M-1                | NP  | NP  | 3.35  | -----        | -----             | -----                |

| TCINGE S.A.C.<br>PROYECTOS CONSTRUCCION Y SUPERVISION |   | EXPLORACION DE CAMPO |   |                    | REGISTRO DE TRINCHERA                     |   | T - 6 |              |                   |                      |
|---|---|----------------------|---|--------------------|---|---|-------|--------------|-------------------|----------------------|
| SOLICITADO  |   |                      |   | NIVEL FREATICO     | N.P.                                      | CONDICIÓN DE MUESTRA  |       |              |                   |                      |
| PROYECTO  |   |                      |   | REGISTRADO POR     | C.T.C.                                    | <input checked="" type="checkbox"/> DISTURBADA<br><input type="checkbox"/> INALTERADA |       |              |                   |                      |
| UBICACION   | DEPT. DE LIMA - PROV. DE CAÑETE - DIST. DE CAÑETE |                      |   | REVISADO POR       | C.T.C.                                    |   |       |              |                   |                      |
| PROFUNDIDAD   | 2.80 m.   | COORDENADAS          | E: _____<br>N: _____  | COTA<br>(m.s.n.m.) | FECHA                                     | OCTUBRE, 2011   |       |              |                   |                      |
| PROF (m)  | SIMBOLO (SUCS)                                    | SIMBOLO GRAFICO      | DESCRIPCION DEL MATERIAL  | MUESTRA            | HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA |   |       | Fricción (°) | Cohesion (Kg/cm2) | Volumetrico (gr/cm3) |
|   |   |                      |   |                    | LL (%)                                    | IP (%)  | W (%) |              |                   |                      |
| 0.50  | SM  |                      | Relleño arena limosa, color marrón, ligeramente húmeda, compactad suelta, gravas de 1.m.1". | M-1                | NP  | NP  | 3.41  | -----        | -----             | -----                |
| 1.40  | SM  |                      | Arena, color gris, ligeramente húmeda, compactad suelta, gravas.                            | S/M                | -----                                     | -----   | ----- | -----        | -----             | -----                |
| 2.50  | SM  |                      | Relleño arena limosa, color marrón, ligeramente húmeda, compacto, gravas de 1.m.1".         | M-2                | NP  | NP  | 6.64  | -----        | -----             | -----                |

REGISTROS DE CAMPO

DPL

# A&E GREX SAC

## REGISTRO ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA LIGERA DPL NTP 339.159 (DIN 4094)

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 REALIZADO J.L.L.

SOLICITANTE : COVIPERU

REVISADO C.T.C.

UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.

PROFUNDIDAD INICIO ENSAYO (m)

FECHA : OCTUBRE DEL 2011

PROFUNDIDAD DE ENSAYO (m)

PROFUND. NIVEL FREÁTICO (m)

DPL-1

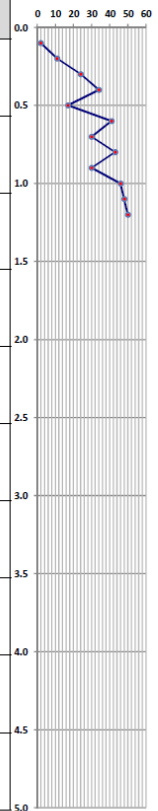
0.0

1.10

NP

| Profund. (m) | SUCS | Descripción   | NDPL | NSPT | Angulo de Rozamiento Interno $\Phi$ (°) |   |             |             |
|--------------|------|---|------|------|---|---|-------------|-------------|
|              |      |   |      |      | Ohsaki (1970)                           | La Asociación Japonesa de Carreteras (1990) | Peck (1953) | Hunt (1984) |
| 0.1          |      |   | 2    |      |   |   |             |             |
| 0.2          |      |   | 11   |      |   |   |             |             |
| 0.3          |      |   | 24   |      |   |   |             |             |
| 0.4          |      |   | 34   | 18   | 33.8                                    | 31.3  | 29.3        | 30.6        |
| 0.5          |      |   | 17   |      |   |   |             |             |
| 0.6          |      |   | 41   |      |   |   |             |             |
| 0.7          |      |   | 30   |      |   |   |             |             |
| 0.8          |      |   | 43   | 36   | 41.8                                    | 38.2  | 30.3        | 33.9        |
| 0.9          |      |   | 30   |      |   |   |             |             |
| 1.0          |      |   | 46   |      |   |   |             |             |
| 1.1          |      |   | 48   |      |   |   |             |             |
| 1.2          |      |   | 50   |      |   |   |             |             |
| 1.3          |      | Rechaza   |      |      |   |   |             |             |
| 1.4          |      |   |      | 49   | 46.3                                    | 42.1  | 30.8        | 35.7        |
| 1.5          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 1.6          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 1.7          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 1.8          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 1.9          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 2.0          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 2.1          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 2.2          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 2.3          | ML   | Limo arenoso, color beige, ligeramente húmeda, consistencia media |      |      |   |   |             |             |
| 2.4          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 2.5          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 2.6          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 2.7          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 2.8          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 2.9          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 3.0          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 3.1          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 3.2          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 3.3          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 3.4          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 3.5          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 3.6          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 3.7          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 3.8          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 3.9          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 4.0          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 4.1          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 4.2          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 4.3          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 4.4          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 4.5          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 4.6          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 4.7          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 4.8          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 4.9          |      |   |      |      |   |   |             |             |
| 5.0          |      |   |      |      |   |   |             |             |

Grafico Profundidad Vs NDPL



Observaciones:

Ensayo realizado contiguo a la calicata C-2.

# A&E GREX SAC

## REGISTRO ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA LIGERA DPL NTP 339.159 (DIN 4094)

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 REALIZADO J.L.L.

SOLICITANTE : COVIPERU REVISADO C.T.C.

UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172. PROFUNDIDAD INICIO ENSAYO (m)

FECHA : OCTUBRE DEL 2011 PROFUNDIDAD DE ENSAYO (m)

PROFUND. NIVEL FREÁTICO (m)

DPL-2

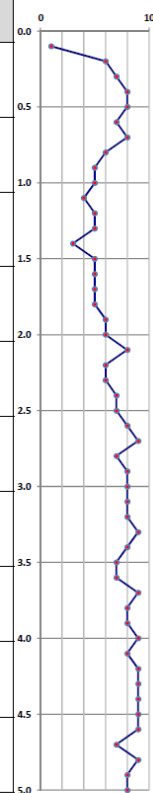
0.0

5.00

NP

| Profund. (m) | SUCS | Descripción  | N <sub>DPL</sub> | N <sub>SPT</sub> | Angulo de Rozamiento Interno $\Phi$ (°) |   |             |             |
|--------------|------|--|------------------|------------------|---|---|-------------|-------------|
|              |      |  |                  |                  | Ohsaki (1970)                           | La Asociación Japonesa de Carreteras (1990) | Peck (1953) | Hunt (1984) |
| 0.1          | SM   | Relleno grava arenosa color marrón oscuro, ligeramente húmeda, compacidad media, bolonería e t.m.7" en 30%, levemente contaminado. | 1                | 6                | 25.5                                    | 24.1  | 28.3        | 17.4        |
| 0.2          |      |  | 6                |                  |   |   |             |             |
| 0.3          |      |  | 7                |                  |   |   |             |             |
| 0.4          |      |  | 8                |                  |   |   |             |             |
| 0.5          |      |  | 8                |                  |   |   |             |             |
| 0.6          |      |  | 7                |                  |   |   |             |             |
| 0.7          |      |  | 8                |                  |   |   |             |             |
| 0.8          |      |  | 6                |                  |   |   |             |             |
| 0.9          |      |  | 5                |                  |   |   |             |             |
| 1.0          |      |  | 5                |                  |   |   |             |             |
| 1.1          | SM   | Arena limosa, color beige, ligeramente húmeda,   | 4                | 4                | 24.2                                    | 23.0  | 28.1        | 11.6        |
| 1.2          |      |  | 5                |                  |   |   |             |             |
| 1.3          |      |  | 5                |                  |   |   |             |             |
| 1.4          |      |  | 3                |                  |   |   |             |             |
| 1.5          |      |  | 5                |                  |   |   |             |             |
| 1.6          |      |  | 5                |                  |   |   |             |             |
| 1.7          |      |  | 5                |                  |   |   |             |             |
| 1.8          |      |  | 5                |                  |   |   |             |             |
| 1.9          |      |  | 6                |                  |   |   |             |             |
| 2.0          |      |  | 6                |                  |   |   |             |             |
| 2.1          | ML   | Limo arenoso, color beige, ligeramente húmeda, consistencia firme  | 8                | 8                | 27.6                                    | 26.0  | 28.5        | 23.2        |
| 2.2          |      |  | 6                |                  |   |   |             |             |
| 2.3          |      |  | 6                |                  |   |   |             |             |
| 2.4          |      |  | 7                |                  |   |   |             |             |
| 2.5          |      |  | 7                |                  |   |   |             |             |
| 2.6          |      |  | 8                |                  |   |   |             |             |
| 2.7          |      |  | 9                |                  |   |   |             |             |
| 2.8          |      |  | 7                |                  |   |   |             |             |
| 2.9          |      |  | 8                |                  |   |   |             |             |
| 3.0          |      |  | 8                |                  |   |   |             |             |
| 3.1          | ML   | Limo arenoso, color beige, ligeramente húmeda, consistencia firme  | 8                | 8                | 27.8                                    | 26.1  | 28.6        | 23.2        |
| 3.2          |      |  | 8                |                  |   |   |             |             |
| 3.3          |      |  | 9                |                  |   |   |             |             |
| 3.4          |      |  | 8                |                  |   |   |             |             |
| 3.5          |      |  | 7                |                  |   |   |             |             |
| 3.6          |      |  | 7                |                  |   |   |             |             |
| 3.7          |      |  | 9                |                  |   |   |             |             |
| 3.8          |      |  | 8                |                  |   |   |             |             |
| 3.9          |      |  | 8                |                  |   |   |             |             |
| 4.0          |      |  | 9                |                  |   |   |             |             |
| 4.1          | ML   | Limo arenoso, color beige, ligeramente húmeda, consistencia firme  | 8                | 8                | 27.6                                    | 26.0  | 28.5        | 23.2        |
| 4.2          |      |  | 9                |                  |   |   |             |             |
| 4.3          |      |  | 9                |                  |   |   |             |             |
| 4.4          |      |  | 9                |                  |   |   |             |             |
| 4.5          |      |  | 9                |                  |   |   |             |             |
| 4.6          |      |  | 9                |                  |   |   |             |             |
| 4.7          |      |  | 7                |                  |   |   |             |             |
| 4.8          |      |  | 9                |                  |   |   |             |             |
| 4.9          |      |  | 8                |                  |   |   |             |             |
| 5.0          |      |  | 8                |                  |   |   |             |             |

Grafico Profundidad Vs N<sub>DPL</sub>



Observaciones:

Ensayo realizado contiguo a la calicata C-3 .

# A&E GREX SAC

## REGISTRO ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA LIGERA DPL NTP 339.159 (DIN 4094)

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 -172  
 SOLICITANTE : COVIPERU  
 UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA : OCTUBRE DEL 2011

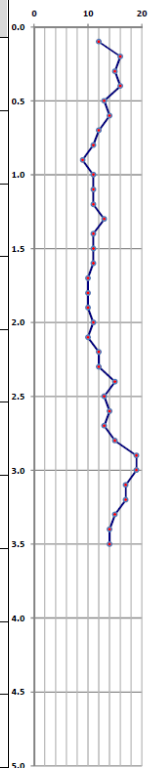
REALIZADO : J.L.L.  
 REVISADO : C.T.C.  
 PROFUNDIDAD INICIO ENSAYO (m)  
 PROFUNDIDAD DE ENSAYO (m)  
 PROFUND. NIVEL FREÁTICO (m)

DPL-3

0.0  
 3.50  
 NP

| Profund. (m) | SUCS  | Descripción  | NdPL | NsPT | Angulo de Rozamiento Interno $\Phi$ (°) |   |             |             |
|--------------|-------|--|------|------|---|---|-------------|-------------|
|              |       |  |      |      | Ohsaki (1970)                           | La Asociación Japonesa de Carreteras (1990) | Peck (1953) | Hunt (1984) |
| 0.1          | CL    | Arcilla con arena, color beige, ligeramente húmeda, consistencia suelta, bloques.            | 12   | 15   | 32.2                                    | 29.9  | 29.1        | 30.0        |
| 0.2          |       |  | 16   |      |   |   |             |             |
| 0.3          |       |  | 15   |      |   |   |             |             |
| 0.4          |       |  | 16   |      |   |   |             |             |
| 0.5          |       |  | 13   |      |   |   |             |             |
| 0.6          |       |  | 14   |      |   |   |             |             |
| 0.7          |       |  | 12   |      |   |   |             |             |
| 0.8          |       |  | 11   |      |   |   |             |             |
| 0.9          |       |  | 9    |      |   |   |             |             |
| 1.0          |       |  | 11   |      |   |   |             |             |
| 1.1          | SP-SM | Arena limosa, color gris, ligeramente húmeda, consistencia media a suelta, gravas de t.m.1". | 11   | 12   | 30.2                                    | 28.1  | 28.9        | 29.4        |
| 1.2          |       |  | 11   |      |   |   |             |             |
| 1.3          |       |  | 13   |      |   |   |             |             |
| 1.4          |       |  | 11   |      |   |   |             |             |
| 1.5          |       |  | 11   |      |   |   |             |             |
| 1.6          |       |  | 10   |      |   |   |             |             |
| 1.7          |       |  | 10   |      |   |   |             |             |
| 1.8          |       |  | 10   |      |   |   |             |             |
| 1.9          |       |  | 10   |      |   |   |             |             |
| 2.0          |       |  | 11   |      |   |   |             |             |
| 2.1          | CL-ML | Arcilla limosa con arena, color beige, ligeramente húmeda, consistencia media a suelta.      | 10   | 12   | 30.7                                    | 28.6  | 28.9        | 29.4        |
| 2.2          |       |  | 12   |      |   |   |             |             |
| 2.3          |       |  | 12   |      |   |   |             |             |
| 2.4          |       |  | 15   |      |   |   |             |             |
| 2.5          |       |  | 13   |      |   |   |             |             |
| 2.6          |       |  | 14   |      |   |   |             |             |
| 2.7          |       |  | 13   |      |   |   |             |             |
| 2.8          |       |  | 15   |      |   |   |             |             |
| 2.9          |       |  | 19   |      |   |   |             |             |
| 3.0          |       |  | 19   |      |   |   |             |             |
| 3.1          | SP    | Arena limosa, color beige, compacidad media  | 17   | 16   | 32.7                                    | 30.4  | 29.2        | 30.2        |
| 3.2          |       |  | 17   |      |   |   |             |             |
| 3.3          |       |  | 15   |      |   |   |             |             |
| 3.4          |       |  | 14   |      |   |   |             |             |
| 3.5          |       |  | 14   |      |   |   |             |             |
| 3.6          | CL    | Arcilla, color beige, ligeramente húmeda, consistencia media.                                |      |      |   |   |             |             |
| 3.7          |       |  |      |      |   |   |             |             |
| 3.8          |       |  |      |      |   |   |             |             |
| 3.9          |       |  |      |      |   |   |             |             |
| 4.0          |       |  |      |      |   |   |             |             |
| 4.1          |       |  |      |      |   |   |             |             |
| 4.2          |       |  |      |      |   |   |             |             |
| 4.3          |       |  |      |      |   |   |             |             |
| 4.4          |       |  |      |      |   |   |             |             |
| 4.5          |       |  |      |      |   |   |             |             |
| 4.6          |       |  |      |      |   |   |             |             |
| 4.7          |       |  |      |      |   |   |             |             |
| 4.8          |       |  |      |      |   |   |             |             |
| 4.9          |       |  |      |      |   |   |             |             |
| 5.0          |       |  |      |      |   |   |             |             |

Grafico Profundidad Vs NdPL



Observaciones:

Ensayo realizado contiguo a la calicata C-9 .

ENSAYOS DE LABORATORIO

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

INFORME : LG-793-2011 Pagina : 1/1  
 SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
 PROYECTO : EVALUACION GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
 UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

**Identificación de la muestra**

|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | C - 1       |
| Muestra         | M - 1       |
| Profundidad (m) | 1.00 - 1.30 |

Norma ASTM D 422

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO<br>PORTAMBAZO | PORCENTAJE ACUMULADO<br>QUE PASA (%) |        |  |
|---------------------------------------|--------------------------------------|--------|--|
| 3"                                    | 75.000                               | 100.00 |  |
| 2"                                    | 50.000                               | 100.00 |  |
| 1 1/2"                                | 37.500                               | 100.00 |  |
| 1"                                    | 25.000                               | 100.00 |  |
| 3/4"                                  | 19.000                               | 100.00 |  |
| 3/8"                                  | 9.500                                | 100.00 |  |
| Nº 004                                | 4.750                                | 100.00 |  |
| Nº 010                                | 2.000                                | 100.00 |  |
| Nº 030                                | 0.850                                | 99.60  |  |
| Nº 040                                | 0.425                                | 98.56  |  |
| Nº 060                                | 0.250                                | 97.09  |  |
| Nº 100                                | 0.150                                | 95.48  |  |
| Nº 200                                | 0.075                                | 93.83  |  |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 0.00  | Gruesa | 0.00  |
|         |       | Fina   | 0.00  |
| % ARENA | 61.77 | Gruesa | 0.00  |
|         |       | Media  | 1.44  |
| % FINOS | 93.83 | Fina   | 4.73  |
|         |       |        | 93.83 |

Norma ASTM D 2487

|                          |                       |
|--------------------------|-----------------------|
| Clasificación (S.U.C.S.) | MH                    |
| Descripción :            | LIMO ELASTICO ARENOSO |

Norma AASHTO M-145

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| Clasificación (AASHTO) | A - 7 - (20) |
| Descripción (AASHTO)   | MALO         |

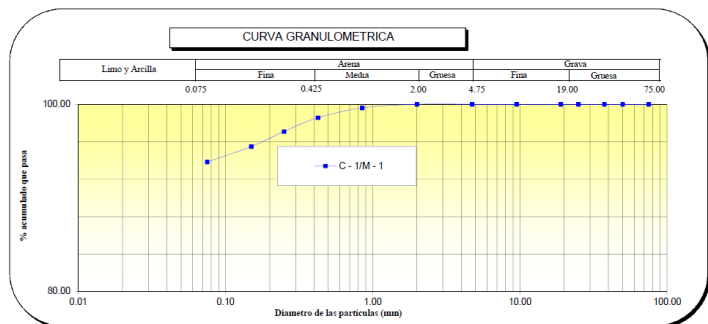
Norma ASTM D 2216

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Contenido de Humedad (%) | 5.56 |
|--------------------------|------|

Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| Limite Líquido (LL) (%)     | 51.26 |
| Limite Plástico (LP) (%)    | 31.07 |
| Limite Contracción (LC) (%) | NP    |
| Índice Plástico (IP) (%)    | 20.19 |

|                      |      |
|----------------------|------|
| D <sub>10</sub> (mm) | NP   |
| D <sub>30</sub> (mm) | NP   |
| D <sub>60</sub> (mm) | 0.51 |
| Cu                   | NP   |
| Cc                   | NP   |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

INFORME : LG-793-2011 Pagina : 1/1  
 SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
 PROYECTO : EVALUACION GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
 UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

**Identificación de la muestra**

|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | C - 1       |
| Muestra         | M - 2       |
| Profundidad (m) | 3.10 - 6.00 |

Norma ASTM D 422

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO<br>PORTAMBAZO | PORCENTAJE ACUMULADO<br>QUE PASA (%) |        |  |
|---------------------------------------|--------------------------------------|--------|--|
| 3"                                    | 75.000                               | 100.00 |  |
| 2"                                    | 50.000                               | 100.00 |  |
| 1 1/2"                                | 37.500                               | 100.00 |  |
| 1"                                    | 25.000                               | 100.00 |  |
| 3/4"                                  | 19.000                               | 100.00 |  |
| 3/8"                                  | 9.500                                | 100.00 |  |
| Nº 004                                | 4.750                                | 100.00 |  |
| Nº 010                                | 2.000                                | 99.77  |  |
| Nº 030                                | 0.850                                | 98.91  |  |
| Nº 040                                | 0.425                                | 98.13  |  |
| Nº 060                                | 0.250                                | 94.39  |  |
| Nº 100                                | 0.150                                | 56.98  |  |
| Nº 200                                | 0.075                                | 35.18  |  |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 0.00  | Gruesa | 0.00  |
|         |       | Fina   | 0.00  |
| % ARENA | 64.82 | Gruesa | 0.23  |
|         |       | Media  | 1.64  |
| % FINOS | 35.18 | Fina   | 62.95 |
|         |       |        | 35.18 |

Norma ASTM D 2487

|                          |              |
|--------------------------|--------------|
| Clasificación (S.U.C.S.) | SM           |
| Descripción :            | ARENA LIMOSA |

Norma AASHTO M-145

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| Clasificación (AASHTO) | A - 2 - 4 (0) |
| Descripción (AASHTO)   | EXC - BUENO   |

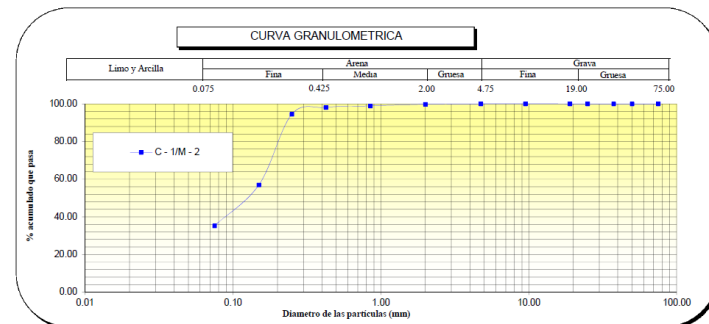
Norma ASTM D 2216

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Contenido de Humedad (%) | 3.16 |
|--------------------------|------|

Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Limite Líquido (LL) (%)     | -  |
| Limite Plástico (LP) (%)    | NP |
| Limite Contracción (LC) (%) | NP |
| Índice Plástico (IP) (%)    | -  |

|                      |      |
|----------------------|------|
| D <sub>10</sub> (mm) | NP   |
| D <sub>30</sub> (mm) | NP   |
| D <sub>60</sub> (mm) | 0.51 |
| Cu                   | NP   |
| Cc                   | NP   |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

INFORME : LG-788-2011 Pagina : 1/1  
 SOLICITANTE : COMPERU Realizado: J.L.L.  
 PROYECTO : EVALUACION GEOLOGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
 UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

**Identificación de la muestra**

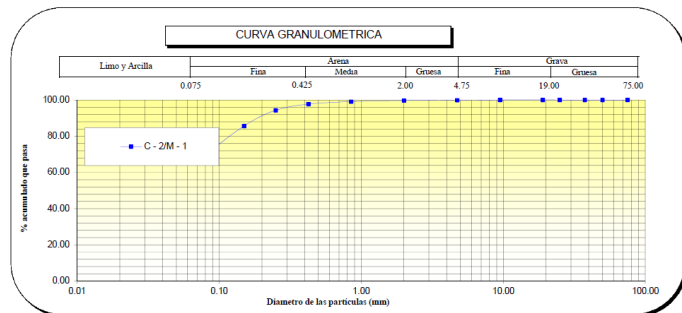
|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | C - 2       |
| Muestra         | M - 1       |
| Profundidad (m) | 1,20 - 3,50 |

| Norma ASTM D 422                    |                                   |        |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--------|
| ANALISIS GRANULOMETRICO PORTAMABADO | PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%) |        |
| 3"                                  | 75.000                            | 100.00 |
| 2"                                  | 50.000                            | 100.00 |
| 1 1/2"                              | 37.500                            | 100.00 |
| 1"                                  | 25.000                            | 100.00 |
| 3/4"                                | 19.000                            | 100.00 |
| 3/8"                                | 9.500                             | 100.00 |
| Nº 004                              | 4.750                             | 99.84  |
| Nº 010                              | 2.000                             | 99.69  |
| Nº 030                              | 0.850                             | 99.08  |
| Nº 040                              | 0.425                             | 97.69  |
| Nº 060                              | 0.250                             | 94.24  |
| Nº 100                              | 0.150                             | 85.61  |
| Nº 200                              | 0.075                             | 67.96  |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 0.16  | Gruesa | 0.00  |
|         |       | Fina   | 0.16  |
|         |       | Gruesa | 0.15  |
| % ARENA | 31.88 | Media  | 2.00  |
|         |       | Fina   | 29.73 |
| % FINOS | 67.96 |        | 67.96 |

|                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| Norma ASTM D 2487                 |              |
| Clasificación (S.U.C.S.)          | ML           |
| Descripción :                     | LIMO ARENOSO |
| Norma AASHTO M-145                |              |
| Clasificación (AASHTO)            | A - 4 (7)    |
| Descripción (AASHTO)              | REG - MALO   |
| Norma ASTM D 2216                 |              |
| Contenido de Humedad (%)          | 3.94         |
| Norma ASTM 4318, Norma ASTM D 427 |              |
| Límite Líquido (LL) (%)           | -            |
| Límite Plástico (LP) (%)          | NP           |
| Límite Contracción (LC) (%)       | NP           |
| Índice Plástico (IP) (%)          | -            |

|                      |    |
|----------------------|----|
| D <sub>10</sub> (mm) | NP |
| D <sub>30</sub> (mm) | NP |
| D <sub>60</sub> (mm) | NP |
| Cu                   | NP |
| Cc                   | NP |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

INFORME : LG-778-2011 Pagina : 1/1  
 SOLICITANTE : COMPERU Realizado: J.L.L.  
 PROYECTO : EVALUACION GEOLOGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
 UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

**Identificación de la muestra**

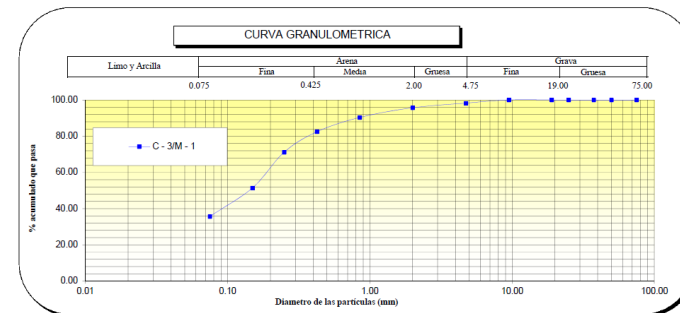
|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | C - 3       |
| Muestra         | M - 1       |
| Profundidad (m) | 0.80 - 2.70 |

| Norma ASTM D 422                    |                                   |        |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--------|
| ANALISIS GRANULOMETRICO PORTAMABADO | PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%) |        |
| 3"                                  | 75.000                            | 100.00 |
| 2"                                  | 50.000                            | 100.00 |
| 1 1/2"                              | 37.500                            | 100.00 |
| 1"                                  | 25.000                            | 100.00 |
| 3/4"                                | 19.000                            | 100.00 |
| 3/8"                                | 9.500                             | 100.00 |
| Nº 004                              | 4.750                             | 98.21  |
| Nº 010                              | 2.000                             | 95.67  |
| Nº 030                              | 0.850                             | 90.33  |
| Nº 040                              | 0.425                             | 82.43  |
| Nº 060                              | 0.250                             | 71.09  |
| Nº 100                              | 0.150                             | 51.46  |
| Nº 200                              | 0.075                             | 35.63  |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 1.79  | Gruesa | 0.00  |
|         |       | Fina   | 1.79  |
|         |       | Gruesa | 2.55  |
| % ARENA | 62.58 | Media  | 13.24 |
|         |       | Fina   | 46.80 |
| % FINOS | 35.63 |        | 35.63 |

|                                   |               |
|-----------------------------------|---------------|
| Norma ASTM D 2487                 |               |
| Clasificación (S.U.C.S.)          | SM            |
| Descripción :                     | ARENA LIMOSA  |
| Norma AASHTO M-145                |               |
| Clasificación (AASHTO)            | A - 2 - 4 (0) |
| Descripción (AASHTO)              | EXC - BUENO   |
| Norma ASTM D 2216                 |               |
| Contenido de Humedad (%)          | 2.10          |
| Norma ASTM 4318, Norma ASTM D 427 |               |
| Límite Líquido (LL) (%)           | -             |
| Límite Plástico (LP) (%)          | NP            |
| Límite Contracción (LC) (%)       | NP            |
| Índice Plástico (IP) (%)          | -             |

|                      |    |
|----------------------|----|
| D <sub>10</sub> (mm) | NP |
| D <sub>30</sub> (mm) | NP |
| D <sub>60</sub> (mm) | NP |
| Cu                   | NP |
| Cc                   | NP |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

INFORME : LG-778-2011 Pagina : 1/1  
 SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
 PROYECTO : EVALUACION GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
 UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

**Identificación de la muestra**

|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | C - 3       |
| Muestra         | M - 2       |
| Profundidad (m) | 2.70 - 3.50 |

Norma ASTM D 422

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%) |        |
|--------------------------------------|-----------------------------------|--------|
| 3"                                   | 75.000                            | 100.00 |
| 2"                                   | 50.000                            | 100.00 |
| 1 1/2"                               | 37.500                            | 100.00 |
| 1"                                   | 25.000                            | 100.00 |
| 3/4"                                 | 19.000                            | 100.00 |
| 3/8"                                 | 9.500                             | 100.00 |
| N° 004                               | 4.750                             | 100.00 |
| N° 010                               | 2.000                             | 99.88  |
| N° 030                               | 0.850                             | 99.39  |
| N° 040                               | 0.425                             | 98.25  |
| N° 060                               | 0.250                             | 94.82  |
| N° 100                               | 0.150                             | 85.84  |
| N° 200                               | 0.075                             | 71.28  |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 0.00  | Gruesa | 0.00  |
|         |       | Fina   | 0.00  |
| % ARENA | 28.72 | Gruesa | 0.12  |
|         |       | Media  | 1.63  |
|         |       | Fina   | 26.97 |
| % FINOS | 71.28 |        | 71.28 |

Norma ASTM D 2487

|                          |              |
|--------------------------|--------------|
| Clasificación (S.U.C.S.) | ML           |
| Descripción :            | LIMO ARENOSO |

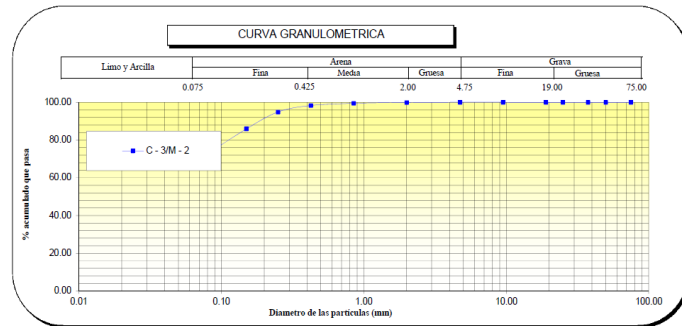
Norma AASHTO M.145

|                        |            |
|------------------------|------------|
| Clasificación (AASHTO) | A - 4 (7)  |
| Descripción (AASHTO)   | REG - MALO |

Norma ASTM D 2216

|                                     |       |
|-------------------------------------|-------|
| Contenido de Humedad (%)            | 3.47  |
| Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427 |       |
| Límite Líquido (LL) (%)             | 27.76 |
| Límite Plástico (LP) (%)            | 24.75 |
| Límite Contracción (LC) (%)         | NP    |
| Índice Plástico (IP) (%)            | 3.01  |

|                      |    |
|----------------------|----|
| D <sub>10</sub> (mm) | NP |
| D <sub>30</sub> (mm) | NP |
| D <sub>60</sub> (mm) | NP |
| Cu                   | NP |
| Cc                   | NP |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

JOHAN LOPEZ LOPEZ  
TECNICO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Lima 25 Telefax : 01-4817775 - Celular : 996195307 998022655  
 ingenieria@tcinge.com  
 www.tcinge.com

CARLOS TUPIA CORDOVA  
INGENIERO RESPONSABLE

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

INFORME : LG-776-2011 Pagina : 1/1  
 SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
 PROYECTO : EVALUACION GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
 UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

**Identificación de la muestra**

|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | C - 4       |
| Muestra         | M - 1       |
| Profundidad (m) | 1.00 - 2.10 |

Norma ASTM D 422

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%) |        |
|--------------------------------------|-----------------------------------|--------|
| 3"                                   | 75.000                            | 100.00 |
| 2"                                   | 50.000                            | 100.00 |
| 1 1/2"                               | 37.500                            | 100.00 |
| 1"                                   | 25.000                            | 100.00 |
| 3/4"                                 | 19.000                            | 97.70  |
| 3/8"                                 | 9.500                             | 96.31  |
| N° 004                               | 4.750                             | 94.48  |
| N° 010                               | 2.000                             | 90.01  |
| N° 030                               | 0.850                             | 82.07  |
| N° 040                               | 0.425                             | 71.71  |
| N° 060                               | 0.250                             | 53.67  |
| N° 100                               | 0.150                             | 30.89  |
| N° 200                               | 0.075                             | 19.18  |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 5.52  | Gruesa | 2.30  |
|         |       | Fina   | 3.23  |
| % ARENA | 75.29 | Gruesa | 4.47  |
|         |       | Media  | 18.30 |
|         |       | Fina   | 52.53 |
| % FINOS | 19.18 |        | 19.18 |

Norma ASTM D 2487

|                          |              |
|--------------------------|--------------|
| Clasificación (S.U.C.S.) | SM           |
| Descripción :            | ARENA LIMOSA |

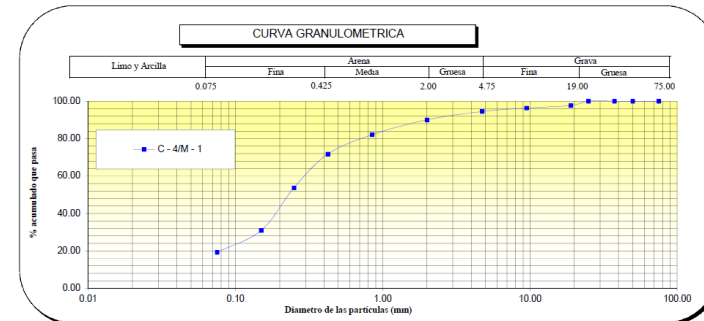
Norma AASHTO M.145

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| Clasificación (AASHTO) | A - 2 - 4 (0) |
| Descripción (AASHTO)   | EXC - BUENO   |

Norma ASTM D 2216

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| Contenido de Humedad (%)            | 2.00 |
| Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427 |      |
| Límite Líquido (LL) (%)             | -    |
| Límite Plástico (LP) (%)            | NP   |
| Límite Contracción (LC) (%)         | NP   |
| Índice Plástico (IP) (%)            | -    |

|                      |      |
|----------------------|------|
| D <sub>10</sub> (mm) | NP   |
| D <sub>30</sub> (mm) | 0.18 |
| D <sub>60</sub> (mm) | 0.37 |
| Cu                   | NP   |
| Cc                   | NP   |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

JOHAN LOPEZ LOPEZ  
TECNICO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Lima 25 Telefax : 01-4817775 - Celular : 996195307 998022655  
 ingenieria@tcinge.com  
 www.tcinge.com

CARLOS TUPIA CORDOVA  
INGENIERO RESPONSABLE

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS

INFORME : LG-777-2011 Pagina : 1/1  
SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
PROYECTO : EVALUACION GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | C - 4       |
| Muestra         | M - 2       |
| Profundidad (m) | 4.10 - 6.00 |

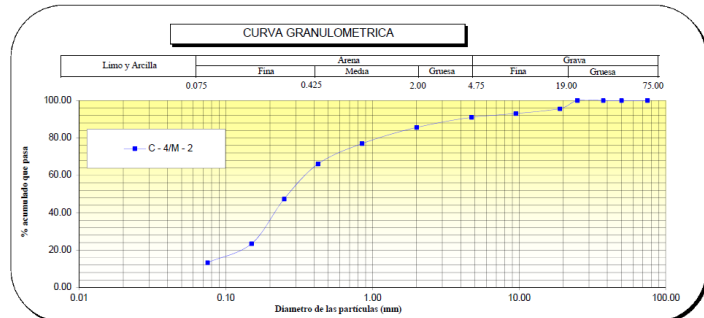
| Norma ASTM D 422                    |                                   |                                   |        |        |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------|--------|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMBAZO | PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASE (%) | PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASE (%) |        |        |
|                                     |                                   | 3"                                | 75.000 | 100.00 |
|                                     |                                   | 2"                                | 50.000 | 100.00 |
|                                     |                                   | 1 1/2"                            | 37.500 | 100.00 |
|                                     |                                   | 1"                                | 25.000 | 100.00 |
|                                     |                                   | 3/4"                              | 19.000 | 95.62  |
|                                     |                                   | 3/8"                              | 9.500  | 92.99  |
|                                     |                                   | Nº 004                            | 4.750  | 90.93  |
|                                     |                                   | Nº 010                            | 2.000  | 85.54  |
|                                     |                                   | Nº 030                            | 0.850  | 76.91  |
|                                     |                                   | Nº 040                            | 0.425  | 65.97  |
|                                     |                                   | Nº 060                            | 0.250  | 47.26  |
|                                     |                                   | Nº 100                            | 0.150  | 23.39  |
|                                     |                                   | Nº 200                            | 0.075  | 13.26  |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 9.07  | Gruesa | 4.38  |
|         |       | Fina   | 4.69  |
| % ARENA | 77.67 | Gruesa | 5.39  |
|         |       | Media  | 19.57 |
| % FINOS | 13.26 | Fina   | 52.71 |
|         |       |        | 13.26 |

|                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| Norma ASTM D 2487        |                 |
| Clasificación (S.U.C.S.) | SM              |
| Descripción:             | ARENA LIMOSA    |
| Norma AASHTO M-145       |                 |
| Clasificación (AASHTO)   | A - 2 - 4 ( 0 ) |
| Descripción (AASHTO)     | EXC - BUENO     |

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| Norma ASTM D 2216                   |      |
| Contenido de Humedad (%)            | 1.06 |
| Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427 |      |
| Límite Líquido (LL) (%)             | -    |
| Límite Plástico (LP) (%)            | NP   |
| Límite Contracción (LC) (%)         | NP   |
| Índice Plástico (IP) (%)            | -    |

|                      |      |
|----------------------|------|
| D <sub>15</sub> (mm) | NP   |
| D <sub>30</sub> (mm) | 0.18 |
| D <sub>60</sub> (mm) | 0.37 |
| Cu                   | NP   |
| Cc                   | NP   |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

JOHAN LOPEZ LOPEZ  
TECNICO DE LABORATORIO

CARLOS TUPIA CORDOVA  
INGENIERO RESPONSABLE

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Lima 25 Telefax : 01-4817775 Celular : 996195307 998022655  
ingenieria@tcinge.com  
www.tcinge.com

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS

INFORME : LG-783-2011 Pagina : 1/1  
SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
PROYECTO : EVALUACION GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | C - 5       |
| Muestra         | M - 1       |
| Profundidad (m) | 1.80 - 4.00 |

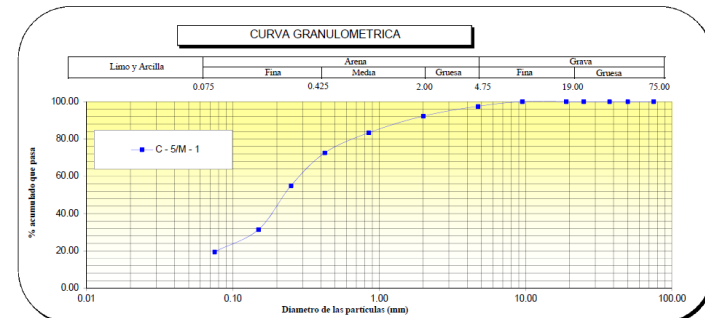
| Norma ASTM D 422                    |                                   |                                   |        |        |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------|--------|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMBAZO | PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASE (%) | PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASE (%) |        |        |
|                                     |                                   | 3"                                | 75.000 | 100.00 |
|                                     |                                   | 2"                                | 50.000 | 100.00 |
|                                     |                                   | 1 1/2"                            | 37.500 | 100.00 |
|                                     |                                   | 1"                                | 25.000 | 100.00 |
|                                     |                                   | 3/4"                              | 19.000 | 100.00 |
|                                     |                                   | 3/8"                              | 9.500  | 100.00 |
|                                     |                                   | Nº 004                            | 4.750  | 97.47  |
|                                     |                                   | Nº 010                            | 2.000  | 92.20  |
|                                     |                                   | Nº 030                            | 0.850  | 83.31  |
|                                     |                                   | Nº 040                            | 0.425  | 72.49  |
|                                     |                                   | Nº 060                            | 0.250  | 54.90  |
|                                     |                                   | Nº 100                            | 0.150  | 31.42  |
|                                     |                                   | Nº 200                            | 0.075  | 19.45  |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 2.53  | Gruesa | 0.00  |
|         |       | Fina   | 2.53  |
| % ARENA | 78.01 | Gruesa | 5.27  |
|         |       | Media  | 19.71 |
| % FINOS | 19.45 | Fina   | 53.04 |
|         |       |        | 19.45 |

|                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| Norma ASTM D 2487        |                 |
| Clasificación (S.U.C.S.) | SM              |
| Descripción:             | ARENA LIMOSA    |
| Norma AASHTO M-145       |                 |
| Clasificación (AASHTO)   | A - 2 - 4 ( 0 ) |
| Descripción (AASHTO)     | EXC - BUENO     |

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| Norma ASTM D 2216                   |      |
| Contenido de Humedad (%)            | 5.49 |
| Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427 |      |
| Límite Líquido (LL) (%)             | -    |
| Límite Plástico (LP) (%)            | NP   |
| Límite Contracción (LC) (%)         | NP   |
| Índice Plástico (IP) (%)            | -    |

|                      |      |
|----------------------|------|
| D <sub>15</sub> (mm) | NP   |
| D <sub>30</sub> (mm) | 0.18 |
| D <sub>60</sub> (mm) | 0.37 |
| Cu                   | NP   |
| Cc                   | NP   |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

JOHAN LOPEZ LOPEZ  
TECNICO DE LABORATORIO

CARLOS TUPIA CORDOVA  
INGENIERO RESPONSABLE

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Lima 25 Telefax : 01-4817775 Celular : 996195307 998022655  
ingenieria@tcinge.com  
www.tcinge.com

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS

INFORME : LG-795-2011 Pagina : 1/1  
 SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
 PROYECTO : EVALUACION GEOLOGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
 UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

Identificación de la muestra

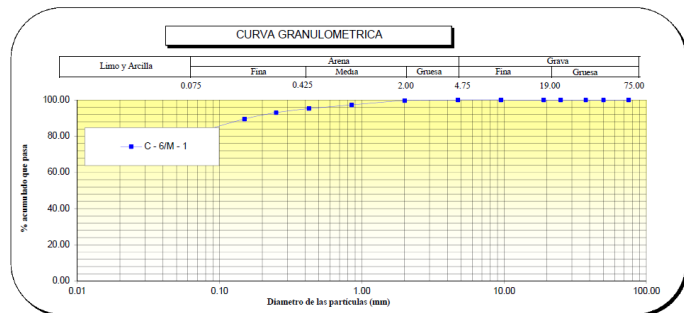
|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | C - 6       |
| Muestra         | M - 1       |
| Profundidad (m) | 1.80 - 4.00 |

| Norma ASTM D 422                         |                                      |                                      |        |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------|
| ANALISIS GRANULOMETRICO<br>POR TAMBALADO | PORCENTAJE ACUMULADO<br>QUE PASA (%) | PORCENTAJE ACUMULADO<br>QUE PASA (%) |        |
|  |                                      | 3"                                   | 75.000 |
|  | 2"                                   | 50.000                               | 100.00 |
|  | 1 1/2"                               | 37.500                               | 100.00 |
|  | 1"                                   | 25.000                               | 100.00 |
|  | 3/4"                                 | 19.000                               | 100.00 |
|  | 3/8"                                 | 9.500                                | 100.00 |
|  | N° 60                                | 4.750                                | 100.00 |
|  | N° 010                               | 2.000                                | 99.60  |
|  | N° 030                               | 0.850                                | 97.24  |
|  | N° 040                               | 0.425                                | 95.19  |
|  | N° 060                               | 0.250                                | 92.99  |
|  | N° 100                               | 0.150                                | 89.46  |
|  | N° 200                               | 0.075                                | 82.78  |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 0.00  | Gruesa | 0.00  |
|         |       | Fina   | 0.00  |
|         |       | Gruesa | 0.40  |
| % ARENA | 17.22 | Media  | 4.40  |
|         |       | Fina   | 12.42 |
| % FINOS | 82.78 |        | 82.78 |

|                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| Norma ASTM D 2487                   |                        |
| Clasificación (S.U.C.S.)            | CL                     |
| Descripción                         | ARCILLA LIGERA ARENOSA |
| Norma AASHTO M-145                  |                        |
| Clasificación (AASHTO)              | A - 4 (0)              |
| Descripción (AASHTO)                | REG - MALO             |
| Norma ASTM D 2316                   |                        |
| Contenido de Humedad (%)            | 9.50                   |
| Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427 |                        |
| Límite Líquido (LL) (%)             | 28.00                  |
| Límite Plástico (LP) (%)            | 8.36                   |
| Límite Contracción (LC) (%)         | NP                     |
| Índice Plástico (IP) (%)            | 19.65                  |

|                      |    |
|----------------------|----|
| D <sub>10</sub> (mm) | NP |
| D <sub>20</sub> (mm) | NP |
| D <sub>40</sub> (mm) | NP |
| Cu                   | NP |
| Cc                   | NP |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS

INFORME : LG-775-2011 Pagina : 1/1  
 SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
 PROYECTO : EVALUACION GEOLOGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
 UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

Identificación de la muestra

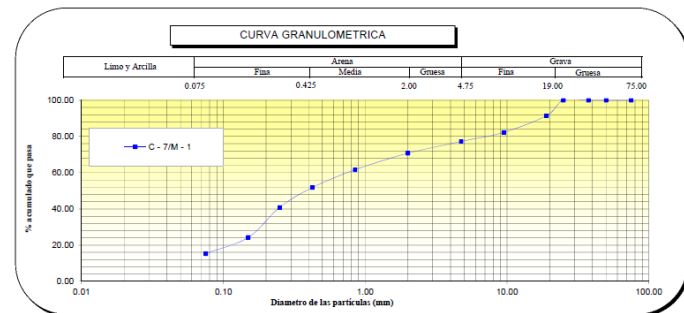
|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | C - 7       |
| Muestra         | M - 1       |
| Profundidad (m) | 0.00 - 1.60 |

| Norma ASTM D 422                         |                                      |                                      |        |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------|
| ANALISIS GRANULOMETRICO<br>POR TAMBALADO | PORCENTAJE ACUMULADO<br>QUE PASA (%) | PORCENTAJE ACUMULADO<br>QUE PASA (%) |        |
|  |                                      | 3"                                   | 75.000 |
|  | 2"                                   | 50.000                               | 100.00 |
|  | 1 1/2"                               | 37.500                               | 100.00 |
|  | 1"                                   | 25.000                               | 100.00 |
|  | 3/4"                                 | 19.000                               | 91.50  |
|  | 3/8"                                 | 9.500                                | 82.26  |
|  | N° 60                                | 4.750                                | 77.24  |
|  | N° 010                               | 2.000                                | 70.72  |
|  | N° 030                               | 0.850                                | 61.61  |
|  | N° 040                               | 0.425                                | 51.83  |
|  | N° 060                               | 0.250                                | 40.50  |
|  | N° 100                               | 0.150                                | 24.29  |
|  | N° 200                               | 0.075                                | 15.32  |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 22.76 | Gruesa | 8.50  |
|         |       | Fina   | 14.26 |
|         |       | Gruesa | 6.52  |
| % ARENA | 61.92 | Media  | 18.89 |
|         |       | Fina   | 36.52 |
| % FINOS | 15.32 |        | 15.32 |

|                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| Norma ASTM D 2487                   |                        |
| Clasificación (S.U.C.S.)            | SM                     |
| Descripción                         | ARENA LIMOSA CON GRAVA |
| Norma AASHTO M-145                  |                        |
| Clasificación (AASHTO)              | A - 2 - 4 (0)          |
| Descripción (AASHTO)                | EXC - BUENO            |
| Norma ASTM D 2316                   |                        |
| Contenido de Humedad (%)            | 4.28                   |
| Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427 |                        |
| Límite Líquido (LL) (%)             | -                      |
| Límite Plástico (LP) (%)            | NP                     |
| Límite Contracción (LC) (%)         | NP                     |
| Índice Plástico (IP) (%)            | -                      |

|                      |    |
|----------------------|----|
| D <sub>10</sub> (mm) | NP |
| D <sub>20</sub> (mm) | NP |
| D <sub>40</sub> (mm) | NP |
| Cu                   | NP |
| Cc                   | NP |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

INFORME : LG-791-2011 Pagina : 1/1  
SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
PROYECTO : EVALUACION GEOLOGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

**Identificación de la muestra**

|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | C - 7       |
| Muestra         | M - 2       |
| Profundidad (m) | 3.50 - 4.50 |

Norma ASTM D 422

| ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO | PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%) |        |  |
|--------------------------------------|-----------------------------------|--------|--|
| 3"                                   | 75.000                            | 100.00 |  |
| 2"                                   | 50.000                            | 100.00 |  |
| 1 1/2"                               | 37.500                            | 100.00 |  |
| 1"                                   | 25.000                            | 100.00 |  |
| 3/4"                                 | 19.000                            | 100.00 |  |
| 3/8"                                 | 9.500                             | 100.00 |  |
| Nº 004                               | 4.750                             | 98.18  |  |
| Nº 010                               | 2.000                             | 93.44  |  |
| Nº 030                               | 0.850                             | 82.47  |  |
| Nº 040                               | 0.425                             | 65.43  |  |
| Nº 060                               | 0.250                             | 49.10  |  |
| Nº 100                               | 0.150                             | 24.21  |  |
| Nº 200                               | 0.075                             | 7.03   |  |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 1.82  | Gruesa | 0.00  |
|         |       | Fina   | 1.82  |
| % ARENA | 91.15 | Gruesa | 4.74  |
|         |       | Media  | 28.01 |
|         |       | Fina   | 58.40 |
| % FINOS | 7.03  |        | 7.03  |

Norma ASTM D 2487

|                          |                             |
|--------------------------|-----------------------------|
| Clasificación (S.U.C.S.) | SP - SM                     |
| Descripción              | ARENA MAL GRADUADA CON LIMO |

Norma AASHTO M-145

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| Clasificación (AASHTO) | A - 2 - 4 (0) |
| Descripción (AASHTO)   | EXC - BUENO   |

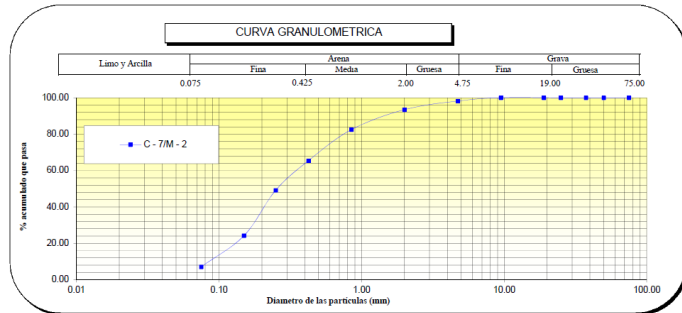
Norma ASTM D 2216

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Contenido de Humedad (%) | 0.94 |
|--------------------------|------|

Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Límite Líquido (LL) (%)     | -  |
| Límite Plástico (LP) (%)    | NP |
| Límite Contracción (LC) (%) | NP |
| Índice Plástico (IP) (%)    | -  |

|                      |      |
|----------------------|------|
| D <sub>10</sub> (mm) | 0.09 |
| D <sub>30</sub> (mm) | 0.17 |
| D <sub>60</sub> (mm) | 0.37 |
| Cu                   | 4.17 |
| Cc                   | 0.93 |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

JOHAN LOPEZ LOPEZ  
TECNICO DE LABORATORIO

CARLOS TUPIA CORDOVA  
INGENIERO RESPONSABLE

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA. NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD  
Lima 25 Telefax : 01-4817775 Celular : 996195307 998022656  
ingenieria@tcinge.com www.tcinge.com

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

INFORME : LG-794-2011 Pagina : 1/1  
SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
PROYECTO : EVALUACION GEOLOGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

**Identificación de la muestra**

|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | C - 8       |
| Muestra         | M - 1       |
| Profundidad (m) | 0.60 - 3.60 |

Norma ASTM D 422

| ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO | PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%) |        |  |
|--------------------------------------|-----------------------------------|--------|--|
| 3"                                   | 75.000                            | 100.00 |  |
| 2"                                   | 50.000                            | 100.00 |  |
| 1 1/2"                               | 37.500                            | 100.00 |  |
| 1"                                   | 25.000                            | 100.00 |  |
| 3/4"                                 | 19.000                            | 100.00 |  |
| 3/8"                                 | 9.500                             | 100.00 |  |
| Nº 004                               | 4.750                             | 100.00 |  |
| Nº 010                               | 2.000                             | 99.98  |  |
| Nº 030                               | 0.850                             | 99.93  |  |
| Nº 040                               | 0.425                             | 99.90  |  |
| Nº 060                               | 0.250                             | 99.80  |  |
| Nº 100                               | 0.150                             | 98.48  |  |
| Nº 200                               | 0.075                             | 97.32  |  |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 0.00  | Gruesa | 0.00  |
|         |       | Fina   | 0.00  |
| % ARENA | 2.68  | Gruesa | 0.02  |
|         |       | Media  | 0.08  |
|         |       | Fina   | 2.58  |
| % FINOS | 97.32 |        | 97.32 |

Norma ASTM D 2487

|                          |              |
|--------------------------|--------------|
| Clasificación (S.U.C.S.) | ML           |
| Descripción              | LIMO ARENOSO |

Norma AASHTO M-145

|                        |            |
|------------------------|------------|
| Clasificación (AASHTO) | A - 4 (0)  |
| Descripción (AASHTO)   | REG - MALO |

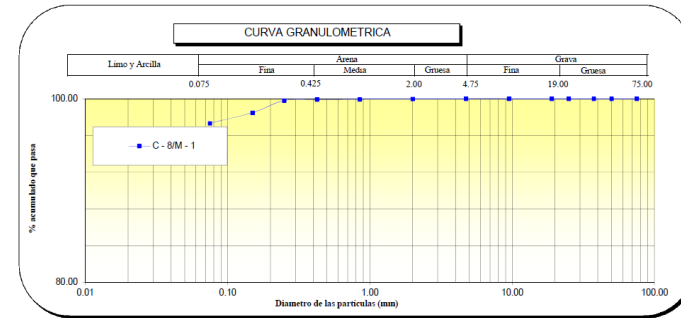
Norma ASTM D 2216

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Contenido de Humedad (%) | 5.30 |
|--------------------------|------|

Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| Límite Líquido (LL) (%)     | 36.97 |
| Límite Plástico (LP) (%)    | 28.81 |
| Límite Contracción (LC) (%) | NP    |
| Índice Plástico (IP) (%)    | 8.17  |

|                      |      |
|----------------------|------|
| D <sub>10</sub> (mm) | 0.09 |
| D <sub>30</sub> (mm) | 0.17 |
| D <sub>60</sub> (mm) | 0.37 |
| Cu                   | 4.17 |
| Cc                   | 0.93 |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

JOHAN LOPEZ LOPEZ  
TECNICO DE LABORATORIO

CARLOS TUPIA CORDOVA  
INGENIERO RESPONSABLE

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA. NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD  
Lima 25 Telefax : 01-4817775 Celular : 996195307 998022656  
ingenieria@tcinge.com www.tcinge.com

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS

INFORME : LG-789-2011 Pagina : 1/1  
SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
PROYECTO : EVALUACION GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA. RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

Identificación de la muestra

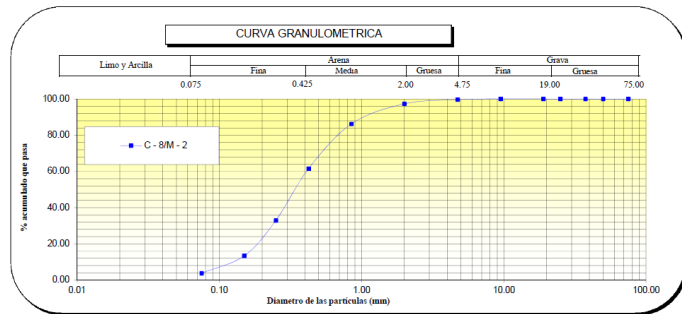
|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | C - 8       |
| Muestra         | M - 2       |
| Profundidad (m) | 3.60 - 5.00 |

| Norma ASTM D 422                    |                                   |        |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--------|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMBAZO | PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%) |        |
| 3"                                  | 75.000                            | 100.00 |
| 2"                                  | 50.000                            | 100.00 |
| 1 1/2"                              | 37.500                            | 100.00 |
| 1"                                  | 25.000                            | 100.00 |
| 3/4"                                | 19.000                            | 100.00 |
| 3/8"                                | 9.500                             | 100.00 |
| Nº 60                               | 4.750                             | 99.57  |
| Nº 010                              | 2.000                             | 97.25  |
| Nº 030                              | 0.850                             | 86.23  |
| Nº 040                              | 0.425                             | 61.52  |
| Nº 060                              | 0.250                             | 32.88  |
| Nº 100                              | 0.150                             | 13.37  |
| Nº 200                              | 0.075                             | 3.70   |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 0.43  | Gruesa | 0.00  |
|         |       | Fina   | 0.43  |
|         |       | Gruesa | 2.32  |
| % ARENA | 95.87 | Media  | 35.74 |
|         |       | Fina   | 57.82 |
| % FINOS | 3.70  |        | 3.70  |

|                                     |                    |
|-------------------------------------|--------------------|
| Norma ASTM D 2487                   |                    |
| Clasificación (S.U.C.S.)            | SP                 |
| Descripción                         | ARENA MAL GRADUADA |
| Norma AASHTO M-145                  |                    |
| Clasificación (AASHTO)              | A-2-4(0)           |
| Descripción (AASHTO)                | EXC - BUENO        |
| Norma ASTM D 2146                   |                    |
| Contenido de Humedad (%)            | 0.96               |
| Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427 |                    |
| Límite Líquido (LL) (%)             | -                  |
| Límite Plástico (LP) (%)            | NP                 |
| Límite Contracción (LC) (%)         | NP                 |
| Índice Plástico (IP) (%)            | -                  |

|                      |      |
|----------------------|------|
| D <sub>10</sub> (mm) | 0.12 |
| D <sub>20</sub> (mm) | 0.24 |
| D <sub>40</sub> (mm) | 0.42 |
| Cu                   | 3.36 |
| Cc                   | 1.07 |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS

INFORME : LG-786-2011 Pagina : 1/1  
SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
PROYECTO : EVALUACION GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA. RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

Identificación de la muestra

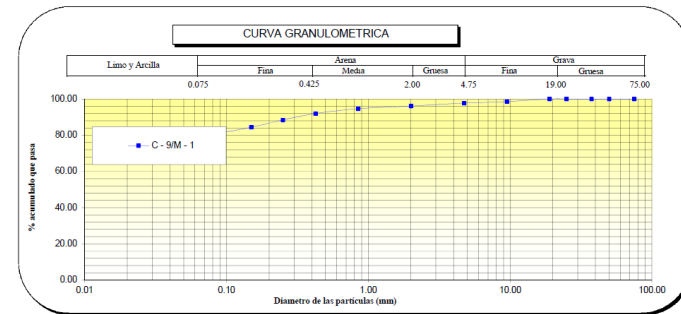
|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | C - 9       |
| Muestra         | M - 1       |
| Profundidad (m) | 0.00 - 1.10 |

| Norma ASTM D 422                    |                                   |        |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--------|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMBAZO | PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%) |        |
| 3"                                  | 75.000                            | 100.00 |
| 2"                                  | 50.000                            | 100.00 |
| 1 1/2"                              | 37.500                            | 100.00 |
| 1"                                  | 25.000                            | 100.00 |
| 3/4"                                | 19.000                            | 100.00 |
| 3/8"                                | 9.500                             | 98.49  |
| Nº 60                               | 4.750                             | 97.69  |
| Nº 010                              | 2.000                             | 96.07  |
| Nº 030                              | 0.850                             | 94.56  |
| Nº 040                              | 0.425                             | 91.95  |
| Nº 060                              | 0.250                             | 88.39  |
| Nº 100                              | 0.150                             | 84.41  |
| Nº 200                              | 0.075                             | 79.95  |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 2.31  | Gruesa | 0.00  |
|         |       | Fina   | 2.31  |
|         |       | Gruesa | 1.62  |
| % ARENA | 17.73 | Media  | 4.12  |
|         |       | Fina   | 12.00 |
| % FINOS | 79.95 |        | 79.95 |

|                                     |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| Norma ASTM D 2487                   |                        |
| Clasificación (S.U.C.S.)            | CL                     |
| Descripción                         | ARCILLA LIGERA ARENOSA |
| Norma AASHTO M-145                  |                        |
| Clasificación (AASHTO)              | A-4(0)                 |
| Descripción (AASHTO)                | REG - MALO             |
| Norma ASTM D 2146                   |                        |
| Contenido de Humedad (%)            | 5.97                   |
| Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427 |                        |
| Límite Líquido (LL) (%)             | 28.06                  |
| Límite Plástico (LP) (%)            | 18.38                  |
| Límite Contracción (LC) (%)         | NP                     |
| Índice Plástico (IP) (%)            | 9.68                   |

|                      |    |
|----------------------|----|
| D <sub>10</sub> (mm) | NP |
| D <sub>20</sub> (mm) | NP |
| D <sub>40</sub> (mm) | NP |
| Cu                   | NP |
| Cc                   | NP |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

INFORME : LG-784-2011 Pagina : 1/1  
 SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
 PROYECTO : EVALUACION GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
 UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

**Identificación de la muestra**

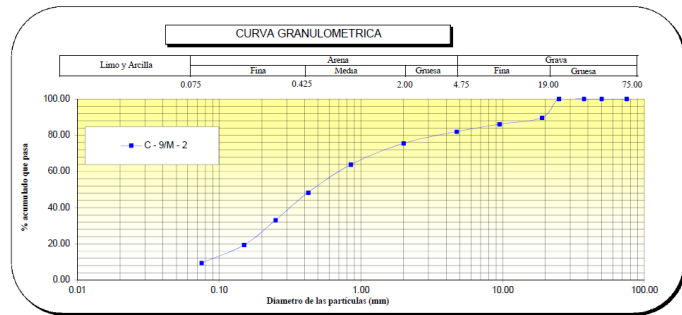
|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | C - 9       |
| Muestra         | M - 2       |
| Profundidad (m) | 1.10 - 2.10 |

| Norma ASTM D 422 |        |        |
|------------------|--------|--------|
| 3"               | 75.000 | 100.00 |
| 2"               | 50.000 | 100.00 |
| 1 1/2"           | 37.500 | 100.00 |
| 1"               | 25.000 | 100.00 |
| 3/4"             | 19.000 | 89.61  |
| 3/8"             | 9.500  | 86.02  |
| Nº 004           | 4.750  | 81.95  |
| Nº 010           | 2.000  | 75.50  |
| Nº 030           | 0.850  | 63.68  |
| Nº 040           | 0.425  | 48.34  |
| Nº 060           | 0.250  | 33.02  |
| Nº 100           | 0.150  | 19.36  |
| Nº 200           | 0.075  | 9.37   |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 18.05 | Gruesa | 10.39 |
|         |       | Fina   | 7.66  |
|         |       | Gruesa | 6.45  |
| % ARENA | 72.59 | Media  | 27.17 |
|         |       | Fina   | 38.97 |
| % FINOS | 9.37  |        | 9.37  |

|                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Norma ASTM D 2487                   |                                     |
| Clasificación (S.U.C.S.)            | SP - SM                             |
| Descripción                         | ARENA MAL GRADUADA CON LIMO Y GRAVA |
| Norma AASHTO M-145                  |                                     |
| Clasificación (AASHTO)              | A - 1B (0)                          |
| Descripción (AASHTO)                | EXC - BUENO                         |
| Norma ASTM D 2216                   |                                     |
| Contenido de Humedad (%)            | 0.93                                |
| Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427 |                                     |
| Limite Líquido (LL) (%)             | -                                   |
| Limite Plástico (LP) (%)            | NP                                  |
| Limite Contracción (LC) (%)         | NP                                  |
| Indice Plástico (IP) (%)            | -                                   |

|                      |      |
|----------------------|------|
| D <sub>10</sub> (mm) | 0.08 |
| D <sub>30</sub> (mm) | 0.05 |
| D <sub>60</sub> (mm) | 0.75 |
| Cu                   | 9.38 |
| Cc                   | 0.05 |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

INFORME : LG-785-2011 Pagina : 1/1  
 SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
 PROYECTO : EVALUACION GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
 UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

**Identificación de la muestra**

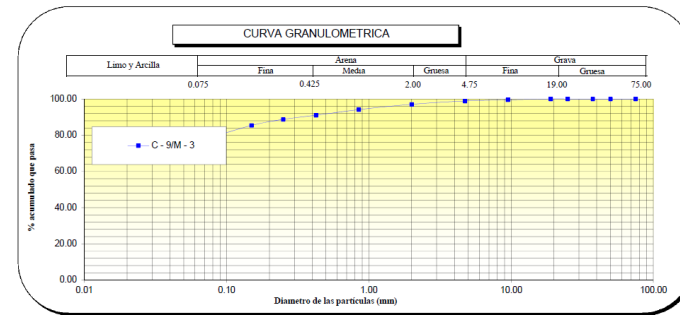
|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | C - 9       |
| Muestra         | M - 3       |
| Profundidad (m) | 2.10 - 3.10 |

| Norma ASTM D 422 |        |        |
|------------------|--------|--------|
| 3"               | 75.000 | 100.00 |
| 2"               | 50.000 | 100.00 |
| 1 1/2"           | 37.500 | 100.00 |
| 1"               | 25.000 | 100.00 |
| 3/4"             | 19.000 | 100.00 |
| 3/8"             | 9.500  | 99.49  |
| Nº 004           | 4.750  | 98.84  |
| Nº 010           | 2.000  | 97.04  |
| Nº 030           | 0.850  | 94.08  |
| Nº 040           | 0.425  | 90.98  |
| Nº 060           | 0.250  | 88.69  |
| Nº 100           | 0.150  | 85.37  |
| Nº 200           | 0.075  | 78.37  |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 1.16  | Gruesa | 0.00  |
|         |       | Fina   | 1.16  |
|         |       | Gruesa | 1.80  |
| % ARENA | 20.47 | Media  | 6.06  |
|         |       | Fina   | 12.61 |
| % FINOS | 78.37 |        | 78.37 |

|                                     |                                 |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| Norma ASTM D 2487                   |                                 |
| Clasificación (S.U.C.S.)            | CL - ML                         |
| Descripción                         | ARCILLA LIGERA ARENOSA CON LIMO |
| Norma AASHTO M-145                  |                                 |
| Clasificación (AASHTO)              | A - 4 (0)                       |
| Descripción (AASHTO)                | REG - MALO                      |
| Norma ASTM D 2216                   |                                 |
| Contenido de Humedad (%)            | 4.94                            |
| Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427 |                                 |
| Limite Líquido (LL) (%)             | 26.70                           |
| Limite Plástico (LP) (%)            | 21.37                           |
| Limite Contracción (LC) (%)         | NP                              |
| Indice Plástico (IP) (%)            | 5.32                            |

|                      |      |
|----------------------|------|
| D <sub>10</sub> (mm) | 0.08 |
| D <sub>30</sub> (mm) | 0.14 |
| D <sub>60</sub> (mm) | 0.75 |
| Cu                   | 9.97 |
| Cc                   | 0.33 |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS

INFORME : LG-787-2011 Pagina : 1/1  
SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
PROYECTO : EVALUACION GEOLOGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO: 22/10/2011 FECHA DE EMISION: 24/10/2011

Identificación de la muestra

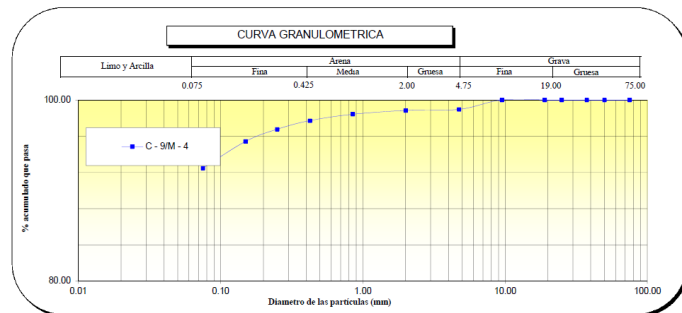
|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | C - 9       |
| Muestra         | M - 4       |
| Profundidad (m) | 3.40 - 4.50 |

| Norma ASTM D 427                       |                                      |                                      |        |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------|
| ANALISIS GRANULOMETRICO<br>POR TAMBAZO | PORCENTAJE ACUMULADO<br>QUE PASA (%) | PORCENTAJE ACUMULADO<br>QUE PASA (%) |        |
|  |                                      | 3"                                   | 75.000 |
|  |                                      | 2"                                   | 50.000 |
|  |                                      | 1 1/2"                               | 37.500 |
|  |                                      | 1"                                   | 25.000 |
|  |                                      | 3/4"                                 | 19.000 |
|  |                                      | 3/8"                                 | 9.500  |
|  |                                      | Nº 004                               | 4.750  |
|  |                                      | Nº 010                               | 2.000  |
|  |                                      | Nº 030                               | 0.850  |
|  |                                      | Nº 040                               | 0.425  |
|  |                                      | Nº 060                               | 0.250  |
|  |                                      | Nº 100                               | 0.150  |
|  |                                      | Nº 200                               | 0.075  |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 1.04  | Gruesa | 0.00  |
|         |       | Fina   | 1.04  |
|         |       | Gruesa | 0.12  |
| % ARENA | 6.49  | Media  | 1.12  |
|         |       | Fina   | 5.25  |
| % FINOS | 92.47 |        | 92.47 |

|                                     |                |
|-------------------------------------|----------------|
| Norma ASTM D 2487                   | CL             |
| Clasificación (S.U.C.S.)            |                |
| Descripción                         | ARCILLA LIGERA |
| Norma AASHTO M-145                  |                |
| Clasificación (AASHTO)              | A - 4 (0)      |
| Descripción (AASHTO)                | REG - MALO     |
| Norma ASTM D 2216                   |                |
| Contenido de Humedad (%)            | 5.06           |
| Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427 |                |
| Límite Líquido (LL) (%)             | 28.04          |
| Límite Plástico (LP) (%)            | 3.48           |
| Límite Contracción (LC) (%)         | NP             |
| Índice Plástico (IP) (%)            | 24.56          |

|                      |    |
|----------------------|----|
| D <sub>10</sub> (mm) | NP |
| D <sub>30</sub> (mm) | NP |
| D <sub>60</sub> (mm) | NP |
| Cu                   | NP |
| Cc                   | NP |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

JOHAN LOPEZ LOPEZ  
TECNICO DE LABORATORIO  
INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Lima 25 Telefax : 01-4817775 Celular : 996195307 998022655  
ingenieria@tcinge.com  
www.tcinge.com

CARLOS TUPIA CORDOVA  
INGENIERO RESPONSABLE

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS

INFORME : LG-792-2011 Pagina : 1/1  
SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
PROYECTO : EVALUACION GEOLOGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
SONDAJE : TRINCHERA  
FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO: 22/10/2011 FECHA DE EMISION: 24/10/2011

Identificación de la muestra

|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | T - 2       |
| Muestra         | M - 1       |
| Profundidad (m) | 0.00 - 1.50 |

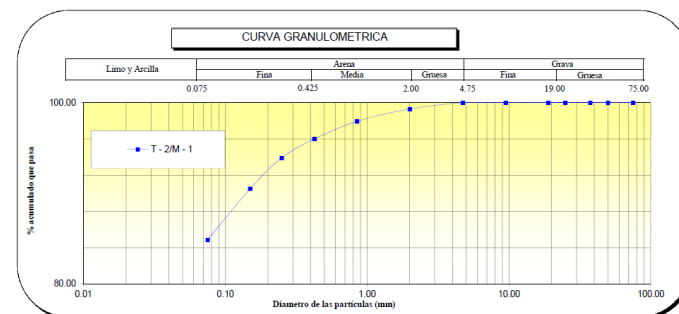
| Norma ASTM D 427                       |                                      |                                      |        |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------|
| ANALISIS GRANULOMETRICO<br>POR TAMBAZO | PORCENTAJE ACUMULADO<br>QUE PASA (%) | PORCENTAJE ACUMULADO<br>QUE PASA (%) |        |
|  |                                      | 3"                                   | 75.000 |
|  |                                      | 2"                                   | 50.000 |
|  |                                      | 1 1/2"                               | 37.500 |
|  |                                      | 1"                                   | 25.000 |
|  |                                      | 3/4"                                 | 19.000 |
|  |                                      | 3/8"                                 | 9.500  |
|  |                                      | Nº 004                               | 4.750  |
|  |                                      | Nº 010                               | 2.000  |
|  |                                      | Nº 030                               | 0.850  |
|  |                                      | Nº 040                               | 0.425  |
|  |                                      | Nº 060                               | 0.250  |
|  |                                      | Nº 100                               | 0.150  |
|  |                                      | Nº 200                               | 0.075  |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 0.00  | Gruesa | 0.00  |
|         |       | Fina   | 0.00  |
|         |       | Gruesa | 0.70  |
| % ARENA | 15.15 | Media  | 3.31  |
|         |       | Fina   | 11.14 |
| % FINOS | 84.85 |        | 84.85 |

|                          |              |
|--------------------------|--------------|
| Norma ASTM D 2487        | ML           |
| Clasificación (S.U.C.S.) |              |
| Descripción              | LIMO ARENOSO |
| Norma AASHTO M-145       |              |
| Clasificación (AASHTO)   | A - 4 (0)    |
| Descripción (AASHTO)     | REG - MALO   |

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| Norma ASTM D 2216                   |      |
| Contenido de Humedad (%)            | 6.72 |
| Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427 |      |
| Límite Líquido (LL) (%)             | -    |
| Límite Plástico (LP) (%)            | NP   |
| Límite Contracción (LC) (%)         | NP   |
| Índice Plástico (IP) (%)            | -    |

|                      |    |
|----------------------|----|
| D <sub>10</sub> (mm) | NP |
| D <sub>30</sub> (mm) | NP |
| D <sub>60</sub> (mm) | NP |
| Cu                   | NP |
| Cc                   | NP |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

JOHAN LOPEZ LOPEZ  
TECNICO DE LABORATORIO

Lima 25 Telefax : 01-4817775 Celular : 996195307 998022655  
ingenieria@tcinge.com  
www.tcinge.com

CARLOS TUPIA CORDOVA  
INGENIERO RESPONSABLE

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS

INFORME : LG-796-2011 Pagina : 1/1  
 SOLICITANTE : COVIPERU Realizado : J.L.L.  
 PROYECTO : EVALUACION GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado : C.T.C.  
 UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 SONDAJE : TRINCHERA  
 FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

Identificación de la muestra

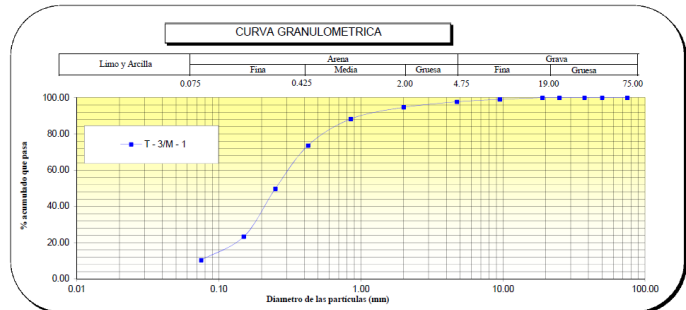
|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | T - 3       |
| Muestra         | M-1         |
| Profundidad (m) | 0.00 - 1.00 |

| Norma ASTM D 422                     |                                   | 3"     | 75.000 | 100.00 |
|--------------------------------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%) | 2"     | 50.000 | 100.00 |
|                                      |                                   | 1 1/2" | 37.500 | 100.00 |
|                                      |                                   | 1"     | 25.000 | 100.00 |
|                                      |                                   | 3/4"   | 19.000 | 100.00 |
|                                      |                                   | 3/8"   | 9.500  | 99.05  |
|                                      |                                   | Nº 004 | 4.750  | 97.73  |
|                                      |                                   | Nº 010 | 2.000  | 94.66  |
|                                      |                                   | Nº 030 | 0.850  | 88.26  |
|                                      |                                   | Nº 040 | 0.425  | 73.62  |
|                                      |                                   | Nº 060 | 0.250  | 49.74  |
| Nº 100                               | 0.150                             | 23.28  |        |        |
| Nº 200                               | 0.075                             | 10.29  |        |        |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 2.27  | Gruesa | 0.00  |
|         |       | Fina   | 2.27  |
| % ARENA | 87.44 | Gruesa | 3.08  |
|         |       | Media  | 21.03 |
|         |       | Fina   | 63.33 |
| % FINOS | 10.29 | Fina   | 10.29 |

|                                     |                             |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| Norma ASTM D 2487                   | SP - SM                     |
| Descripción :                       | ARENA MAL GRADUADA CON LIMO |
| Norma AASHTO M.148                  |                             |
| Clasificación (AASHTO)              | A - 2 - 4 (0)               |
| Descripción (AASHTO)                | EXC - BUENO                 |
| Norma ASTM D 2216                   |                             |
| Contenido de Humedad (%)            | 1.26                        |
| Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427 |                             |
| Límite Líquido (LL) (%)             | -                           |
| Límite Plástico (LP) (%)            | NP                          |
| Límite Contracción (LC) (%)         | NP                          |
| Índice Plástico (IP) (%)            | -                           |

|                      |      |
|----------------------|------|
| D <sub>10</sub> (mm) | NP   |
| D <sub>30</sub> (mm) | 0.18 |
| D <sub>60</sub> (mm) | 0.33 |
| Cu                   | NP   |
| Cc                   | NP   |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS

INFORME : LG-790-2011 Pagina : 1/1  
 SOLICITANTE : COVIPERU Realizado : J.L.L.  
 PROYECTO : EVALUACION GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado : C.T.C.  
 UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 SONDAJE : TRINCHERA  
 FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

Identificación de la muestra

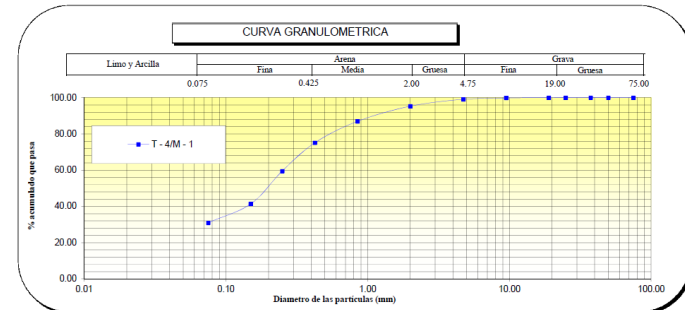
|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | T - 4       |
| Muestra         | M-1         |
| Profundidad (m) | 0.00 - 3.00 |

| Norma ASTM D 422                     |                                   | 3"     | 75.000 | 100.00 |
|--------------------------------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%) | 2"     | 50.000 | 100.00 |
|                                      |                                   | 1 1/2" | 37.500 | 100.00 |
|                                      |                                   | 1"     | 25.000 | 100.00 |
|                                      |                                   | 3/4"   | 19.000 | 100.00 |
|                                      |                                   | 3/8"   | 9.500  | 99.83  |
|                                      |                                   | Nº 004 | 4.750  | 99.12  |
|                                      |                                   | Nº 010 | 2.000  | 95.32  |
|                                      |                                   | Nº 030 | 0.850  | 86.95  |
|                                      |                                   | Nº 040 | 0.425  | 75.12  |
|                                      |                                   | Nº 060 | 0.250  | 59.48  |
| Nº 100                               | 0.150                             | 41.36  |        |        |
| Nº 200                               | 0.075                             | 30.93  |        |        |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 0.88  | Gruesa | 0.00  |
|         |       | Fina   | 0.88  |
| % ARENA | 68.18 | Gruesa | 3.80  |
|         |       | Media  | 20.20 |
|         |       | Fina   | 44.19 |
| % FINOS | 30.93 | Fina   | 30.93 |

|                                     |               |
|-------------------------------------|---------------|
| Norma ASTM D 2487                   | SM            |
| Descripción :                       | ARENA LIMOSA  |
| Norma AASHTO M.148                  |               |
| Clasificación (AASHTO)              | A - 2 - 4 (0) |
| Descripción (AASHTO)                | EXC - BUENO   |
| Norma ASTM D 2216                   |               |
| Contenido de Humedad (%)            | 1.42          |
| Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427 |               |
| Límite Líquido (LL) (%)             | -             |
| Límite Plástico (LP) (%)            | NP            |
| Límite Contracción (LC) (%)         | NP            |
| Índice Plástico (IP) (%)            | -             |

|                      |      |
|----------------------|------|
| D <sub>10</sub> (mm) | NP   |
| D <sub>30</sub> (mm) | NP   |
| D <sub>60</sub> (mm) | 0.27 |
| Cu                   | NP   |
| Cc                   | NP   |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS

INFORME : LG-781-2011 Pagina : 1/1  
 SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
 PROYECTO : EVALUACION GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
 UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 SONDAJE : TRINCHERA  
 FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

Identificación de la muestra

|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | T - 5       |
| Muestra         | M-1         |
| Profundidad (m) | 0.00 - 1.50 |

Norma ASTM D 422

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO<br>POR TAMIZADO | PORCENTAJE ACUMULADO<br>QUE PASA (%) | PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%) |        |
|---|--------------------------------------|-----------------------------------|--------|
|   |                                      | 3"                                | 75.000 |
|   | 2"                                   | 50.000                            | 100.00 |
|   | 1 1/2"                               | 37.500                            | 100.00 |
|   | 1"                                   | 25.000                            | 100.00 |
|   | 3/4"                                 | 19.000                            | 95.25  |
|   | 3/8"                                 | 9.500                             | 93.77  |
|   | N° 004                               | 4.750                             | 92.50  |
|   | N° 010                               | 2.000                             | 90.90  |
|   | N° 030                               | 0.850                             | 87.29  |
|   | N° 040                               | 0.425                             | 84.50  |
|   | N° 060                               | 0.250                             | 79.68  |
|   | N° 100                               | 0.150                             | 69.47  |
|   | N° 200                               | 0.075                             | 58.42  |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 7.50  | Gruesa | 4.75  |
|         |       | Fina   | 2.75  |
| % ARENA | 34.08 | Gruesa | 1.60  |
|         |       | Media  | 6.40  |
|         |       | Fina   | 26.08 |
| % FINOS | 58.42 |        | 58.42 |

Norma ASTM D 2487

|                          |    |
|--------------------------|----|
| Clasificación (S.U.C.S.) | ML |
|--------------------------|----|

Descripción :

LIMO ARENOSO

Norma AASHTO M-145

|                        |            |
|------------------------|------------|
| Clasificación (AASHTO) | A - 4 (5)  |
| Descripción (AASHTO)   | REG - MALO |

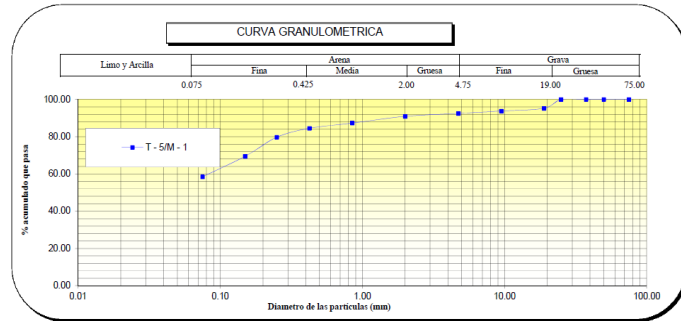
Norma ASTM D 2216

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Contenido de Humedad (%) | 3.35 |
|--------------------------|------|

Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Límite Líquido (LL) (%)     | -  |
| Límite Plástico (LP) (%)    | NP |
| Límite Contracción (LC) (%) | NP |
| Índice Plástico (IP) (%)    | -  |

|                      |      |
|----------------------|------|
| D <sub>10</sub> (mm) | NP   |
| D <sub>30</sub> (mm) | NP   |
| D <sub>60</sub> (mm) | 0.27 |
| Cu                   | NP   |
| Cc                   | NP   |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS

INFORME : LG-780-2011 Pagina : 1/1  
 SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
 PROYECTO : EVALUACION GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
 UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 SONDAJE : TRINCHERA  
 FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

Identificación de la muestra

|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Sondeo          | T - 6       |
| Muestra         | M-1         |
| Profundidad (m) | 0.00 - 1.40 |

Norma ASTM D 422

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO<br>POR TAMIZADO | PORCENTAJE ACUMULADO<br>QUE PASA (%) | PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%) |        |
|---|--------------------------------------|-----------------------------------|--------|
|   |                                      | 3"                                | 75.000 |
|   | 2"                                   | 50.000                            | 100.00 |
|   | 1 1/2"                               | 37.500                            | 100.00 |
|   | 1"                                   | 25.000                            | 100.00 |
|   | 3/4"                                 | 19.000                            | 100.00 |
|   | 3/8"                                 | 9.500                             | 96.29  |
|   | N° 004                               | 4.750                             | 95.06  |
|   | N° 010                               | 2.000                             | 91.25  |
|   | N° 030                               | 0.850                             | 80.55  |
|   | N° 040                               | 0.425                             | 61.83  |
|   | N° 060                               | 0.250                             | 42.57  |
|   | N° 100                               | 0.150                             | 30.12  |
|   | N° 200                               | 0.075                             | 20.07  |

|         |       |        |       |
|---------|-------|--------|-------|
| % GRAVA | 4.94  | Gruesa | 0.00  |
|         |       | Fina   | 4.94  |
| % ARENA | 74.99 | Gruesa | 3.81  |
|         |       | Media  | 29.42 |
|         |       | Fina   | 41.76 |
| % FINOS | 20.07 |        | 20.07 |

Norma ASTM D 2487

|                          |    |
|--------------------------|----|
| Clasificación (S.U.C.S.) | SM |
|--------------------------|----|

Descripción :

ARENA LIMOSA

Norma AASHTO M-145

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| Clasificación (AASHTO) | A - 2 - 4 (0) |
| Descripción (AASHTO)   | EXC - BUENO   |

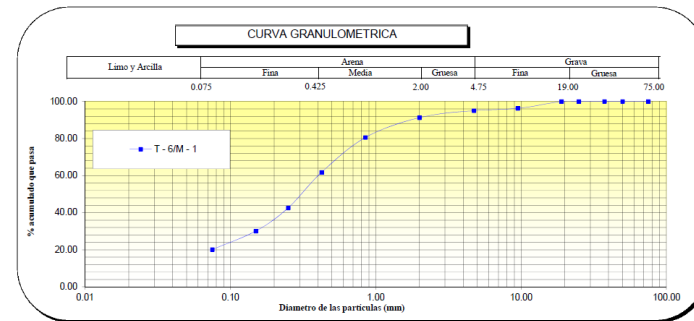
Norma ASTM D 2216

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Contenido de Humedad (%) | 3.41 |
|--------------------------|------|

Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 427

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| Límite Líquido (LL) (%)     | -  |
| Límite Plástico (LP) (%)    | NP |
| Límite Contracción (LC) (%) | NP |
| Índice Plástico (IP) (%)    | -  |

|                      |      |
|----------------------|------|
| D <sub>10</sub> (mm) | NP   |
| D <sub>30</sub> (mm) | 0.15 |
| D <sub>60</sub> (mm) | 0.41 |
| Cu                   | NP   |
| Cc                   | NP   |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 5Kg en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION DE SUELOS**

INFORME : LG-779-2011 Pagina : 1/1  
 SOLICITANTE : COVIPERU Realizado: J.L.L.  
 PROYECTO : EVALUACION GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 Revisado: C.T.C.  
 UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 SONDAJE : TRINCHERA  
 FECHA RECEPCION : OCTUBRE DEL 2011 FECHA DE ENSAYO : 22/10/2011 FECHA DE EMISION : 24/10/2011

**Identificación de la muestra**

|                 |             |
|-----------------|-------------|
| Suelo           | T - 6       |
| Muestra         | M - 2       |
| Profundidad (m) | 1.80 - 2.80 |

| Norma ASTM D 422                     |                                  |             |        |
|--------------------------------------|----------------------------------|-------------|--------|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO | PORCENTAJE DE SUELO QUE PASA (%) | Tamaño (mm) |        |
|                                      |                                  | Gruesa      | Fina   |
|                                      |                                  | 75.000      | 100.00 |
|                                      |                                  | 50.000      | 100.00 |
|                                      |                                  | 37.500      | 100.00 |
|                                      |                                  | 25.000      | 100.00 |
|                                      |                                  | 19.000      | 100.00 |
|                                      |                                  | 9.500       | 98.32  |
| Nº 004                               | 4.750                            | 97.03       |        |
| Nº 010                               | 2.000                            | 94.01       |        |
| Nº 030                               | 0.850                            | 87.56       |        |
| Nº 040                               | 0.425                            | 78.90       |        |
| Nº 060                               | 0.250                            | 67.26       |        |
| Nº 100                               | 0.150                            | 52.71       |        |
| Nº 200                               | 0.075                            | 40.17       |        |

| % GRAVA | Gruesa | 0.00  |
|---------|--------|-------|
| 2.97    | Fina   | 2.97  |
| % ARENA | Gruesa | 3.02  |
| 56.86   | Media  | 15.11 |
| 40.17   | Fina   | 38.73 |

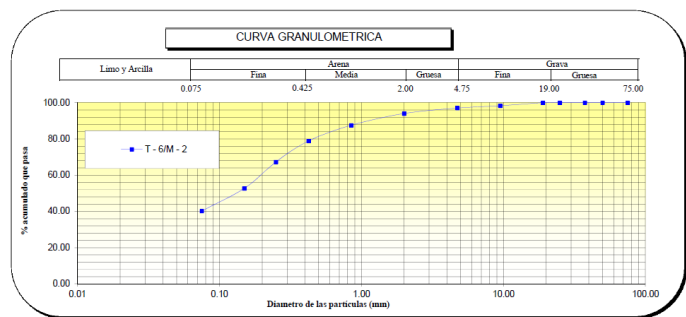
|                   |                          |              |
|-------------------|--------------------------|--------------|
| Norma ASTM D 2487 | Clasificación (S.U.C.S.) | SM           |
|                   | Descripción:             | ARENA LIMOSA |

|                   |                        |          |
|-------------------|------------------------|----------|
| Norma AASHTO M145 | Clasificación (AASHTO) | A-4 (1)  |
|                   | Descripción (AASHTO)   | RRG-MALO |

|                   |                          |      |
|-------------------|--------------------------|------|
| Norma ASTM D 2216 | Contenido de Humedad (%) | 6.64 |
|-------------------|--------------------------|------|

|                                     |                             |    |
|-------------------------------------|-----------------------------|----|
| Norma ASTM D 4318, Norma ASTM D 437 | Limite Líquido (LL) (%)     | -  |
|                                     | Limite Plástico (LP) (%)    | NP |
|                                     | Limite Contracción (LC) (%) | NP |
|                                     | Índice Plástico (IP) (%)    | -  |

|                      |      |
|----------------------|------|
| D <sub>10</sub> (mm) | NP   |
| D <sub>30</sub> (mm) | NP   |
| D <sub>60</sub> (mm) | 0.20 |
| Cu                   | NP   |
| Cc                   | NP   |



OBSERVACION : La muestra ensayada de 3Kg en estado alterado, suelo y húmeda a temperatura ambiente ha sido proporcionada e identificada por el solicitante

ENSAYOS DE LABORATORIO

PESO VOLUMÉTRICO

**PESO VOLUMETRICO  
(ASTM D2937)**

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
SOLICITADO : COVIPERU  
UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2011

REALIZADO: J.L.L.  
REVISADO : C.T.C.

**DENSIDAD NATURAL**

| ITEM            | DESCRIPCION                            | C-1         | C-1         | C-1         |
|-----------------|--|-------------|-------------|-------------|
|                 |  | M-1         | M-1         | M-1         |
| Profundidad (m) |  | 1.00 - 1.30 | 1.00 - 1.30 | 1.00 - 1.30 |
| 1               | Peso de muestra natural (gr)           | 170.51      | 386.43      | 321.35      |
| 2               | Peso de muestra + parafina (gr)        | 175.79      | 395.03      | 328.99      |
| 3               | Peso de parafina (gr)                  | 5.28        | 8.60        | 7.64        |
| 4               | Densidad de parafina (gr/cm3)          | 0.88        | 0.88        | 0.88        |
| 5               | Volumen de parafina (cm3)              | 6.00        | 9.77        | 8.68        |
| 6               | Peso de picnometro + agua (gr)         | 1184.43     | 1184.43     | 1184.43     |
| 7               | Peso de picn.+agua+muestra+paraf. (gr) | 1251.46     | 1326.22     | 1309.69     |
| 8               | Volumen de muestra+parafina (cm3)      | 108.76      | 253.24      | 203.73      |
| 9               | Volumen de muestra (cm3)               | 102.76      | 243.47      | 195.05      |
| 10              | Densidad natural (gr/cm3)              | 1.659       | 1.587       | 1.648       |

**HUMEDAD**

|    |                              |        |
|----|------------------------------|--------|
| 11 | Peso de tara                 | 181.18 |
| 12 | Peso muestra humeda mas tara | 413.97 |
| 13 | Peso muestra seca mas tara   | 398.79 |

**RESUMEN :**

|                           |      |        |
|---------------------------|------|--------|
| DENSIDAD NATURAL PROMEDIO | 1.63 | gr/cm3 |
| DENSIDAD SECA             | 1.52 | gr/cm3 |

**HUMEDAD**

|                 |      |   |
|-----------------|------|---|
| HUMEDAD NATURAL | 6.98 | % |
|-----------------|------|---|

**PESO VOLUMETRICO  
(ASTM D2937)**

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
SOLICITADO : COVIPERU  
UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2011

REALIZADO: J.L.L.  
REVISADO : C.T.C.

**DENSIDAD NATURAL**

| ITEM            | DESCRIPCION                            | C-1         | C-1         | C-1         |
|-----------------|--|-------------|-------------|-------------|
|                 |  | M-2         | M-2         | M-2         |
| Profundidad (m) |  | 1.00 - 1.30 | 1.00 - 1.30 | 1.00 - 1.30 |
| 1               | Peso de muestra natural (gr)           | 366.99      | 445.30      | 448.59      |
| 2               | Peso de muestra + parafina (gr)        | 373.20      | 452.19      | 454.78      |
| 3               | Peso de parafina (gr)                  | 6.21        | 6.89        | 6.19        |
| 4               | Densidad de parafina (gr/cm3)          | 0.88        | 0.88        | 0.88        |
| 5               | Volumen de parafina (cm3)              | 7.06        | 7.83        | 7.03        |
| 6               | Peso de picnometro + agua (gr)         | 1184.43     | 1184.43     | 1184.43     |
| 7               | Peso de picn.+agua+muestra+paraf. (gr) | 1341.86     | 1367.96     | 1375.00     |
| 8               | Volumen de muestra+parafina (cm3)      | 215.77      | 268.66      | 264.21      |
| 9               | Volumen de muestra (cm3)               | 208.71      | 260.83      | 257.18      |
| 10              | Densidad natural (gr/cm3)              | 1.758       | 1.707       | 1.744       |

**HUMEDAD**

|    |                              |        |
|----|------------------------------|--------|
| 11 | Peso de tara                 | 44.99  |
| 12 | Peso muestra humeda mas tara | 208.1  |
| 13 | Peso muestra seca mas tara   | 189.41 |

**RESUMEN :**

|                           |      |        |
|---------------------------|------|--------|
| DENSIDAD NATURAL PROMEDIO | 1.74 | gr/cm3 |
| DENSIDAD SECA             | 1.54 | gr/cm3 |

**HUMEDAD**

|                 |       |   |
|-----------------|-------|---|
| HUMEDAD NATURAL | 12.94 | % |
|-----------------|-------|---|

**PESO VOLUMETRICO**  
(ASTM D2937)

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
SOLICITADO : COVIPERU  
UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2011

REALIZADO: J.L.L.  
REVISADO : C.T.C.

**DENSIDAD NATURAL**

| ITEM        | DESCRIPCION                            | C-1         | C-1         |
|-------------|--|-------------|-------------|
|             |  | M-3         | M-3         |
| Profundidad |  | 3.10 - 6.00 | 3.10 - 6.00 |
| 1           | Peso de muestra natural (gr)           | 547.76      | 433.94      |
| 2           | Peso de muestra + parafina (gr)        | 559.32      | 442.14      |
| 3           | Peso de parafina (gr)                  | 11.56       | 8.20        |
| 4           | Densidad de parafina (gr/cm3)          | 0.88        | 0.88        |
| 5           | Volumen de parafina (cm3)              | 13.14       | 9.32        |
| 6           | Peso de picnometro + agua (gr)         | 1184.60     | 1184.60     |
| 7           | Peso de picn.+agua+muestra+paraf. (gr) | 1388.91     | 1350.32     |
| 8           | Volumen de muestra+parafina (cm3)      | 355.01      | 276.42      |
| 9           | Volumen de muestra (cm3)               | 341.87      | 267.10      |
| 10          | Densidad natural (gr/cm3)              | 1.602       | 1.625       |

1658,85-74

**HUMEDAD**

74.10

|    |                              |        |
|----|------------------------------|--------|
| 11 | Peso de tara                 | 38.38  |
| 12 | Peso muestra humeda mas tara | 253.76 |
| 13 | Peso muestra seca mas tara   | 246.65 |

**RESUMEN :**

|                           |      |        |
|---------------------------|------|--------|
| DENSIDAD NATURAL PROMEDIO | 1.61 | gr/cm3 |
| DENSIDAD SECA             | 1.56 | gr/cm6 |

**HUMEDAD**

|                 |      |   |
|-----------------|------|---|
| HUMEDAD NATURAL | 3.41 | % |
|-----------------|------|---|

**PESO VOLUMETRICO**  
(ASTM D2937)

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
SOLICITADO : COVIPERU  
UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2011

REALIZADO: J.L.L.  
REVISADO : C.T.C.

**DENSIDAD NATURAL**

| ITEM            | DESCRIPCION                            | C-2         | C-2         | C-2         |
|-----------------|--|-------------|-------------|-------------|
|                 |  | M-1         | M-1         | M-1         |
| Profundidad (m) |  | 1.20 - 3.50 | 1.20 - 3.50 | 1.20 - 3.50 |
| 1               | Peso de muestra natural (gr)           | 451.51      | 407.94      | 408.96      |
| 2               | Peso de muestra + parafina (gr)        | 461.73      | 417.83      | 419.83      |
| 3               | Peso de parafina (gr)                  | 10.22       | 9.89        | 10.87       |
| 4               | Densidad de parafina (gr/cm3)          | 0.88        | 0.88        | 0.88        |
| 5               | Volumen de parafina (cm3)              | 11.61       | 11.24       | 12.35       |
| 6               | Peso de picnometro + agua (gr)         | 1184.60     | 1184.60     | 1184.60     |
| 7               | Peso de picn.+agua+muestra+paraf. (gr) | 1359.41     | 1344.76     | 1343.00     |
| 8               | Volumen de muestra+parafina (cm3)      | 286.92      | 257.67      | 261.43      |
| 9               | Volumen de muestra (cm3)               | 275.31      | 246.43      | 249.08      |
| 10              | Densidad natural (gr/cm3)              | 1.640       | 1.655       | 1.642       |

**HUMEDAD**

|    |                              |        |
|----|------------------------------|--------|
| 11 | Peso de tara                 | 40.31  |
| 12 | Peso muestra humeda mas tara | 203.99 |
| 13 | Peso muestra seca mas tara   | 195.17 |

**RESUMEN :**

|                           |      |        |
|---------------------------|------|--------|
| DENSIDAD NATURAL PROMEDIO | 1.65 | gr/cm3 |
| DENSIDAD SECA             | 1.56 | gr/cm3 |

**HUMEDAD**

|                 |      |   |
|-----------------|------|---|
| HUMEDAD NATURAL | 5.70 | % |
|-----------------|------|---|

**PESO VOLUMETRICO**  
(ASTM D2937)

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
SOLICITADO : COVIPERU  
UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2011

REALIZADO: J.L.L.  
REVISADO : C.T.C.

**DENSIDAD NATURAL**

| ITEM            | DESCRIPCION                            | C-3         | C-3         | C-3         |
|-----------------|--|-------------|-------------|-------------|
|                 |  | M-2         | M-2         | M-2         |
| Profundidad (m) |  | 3.00 - 3.50 | 3.00 - 3.50 | 3.00 - 3.50 |
| 1               | Peso de muestra natural (gr)           | 273.25      | 271.81      | 271.90      |
| 2               | Peso de muestra + parafina (gr)        | 280.04      | 278.56      | 279.63      |
| 3               | Peso de parafina (gr)                  | 6.79        | 6.75        | 7.73        |
| 4               | Densidad de parafina (gr/cm3)          | 0.88        | 0.88        | 0.88        |
| 5               | Volumen de parafina (cm3)              | 7.72        | 7.67        | 8.78        |
| 6               | Peso de picnometro + agua (gr)         | 1184.60     | 1184.60     | 1184.60     |
| 7               | Peso de picn.+agua+muestra+paraf. (gr) | 1288.95     | 1288.72     | 1288.94     |
| 8               | Volumen de muestra+parafina (cm3)      | 175.69      | 174.44      | 175.29      |
| 9               | Volumen de muestra (cm3)               | 167.97      | 166.77      | 166.51      |
| 10              | Densidad natural (gr/cm3)              | 1.627       | 1.630       | 1.633       |

**HUMEDAD**

|    |                              |        |
|----|------------------------------|--------|
| 11 | Peso de tara                 | 39.47  |
| 12 | Peso muestra humeda mas tara | 196.98 |
| 13 | Peso muestra seca mas tara   | 185.56 |

**RESUMEN :**

|                           |      |        |
|---------------------------|------|--------|
| DENSIDAD NATURAL PROMEDIO | 1.63 | gr/cm3 |
| DENSIDAD SECA             | 1.51 | gr/cm3 |

**HUMEDAD**

|                 |      |   |
|-----------------|------|---|
| HUMEDAD NATURAL | 7.82 | % |
|-----------------|------|---|

**PESO VOLUMETRICO**  
(ASTM D2937)

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
SOLICITADO : COVIPERU  
UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2011

REALIZADO: J.L.L.  
REVISADO : C.T.C.

**DENSIDAD NATURAL**

| ITEM            | DESCRIPCION                            | C-6         | C-6         | C-6         |
|-----------------|--|-------------|-------------|-------------|
|                 |  | M-1         | M-1         | M-1         |
| Profundidad (m) |  | 1.80 - 4.00 | 1.80 - 4.00 | 1.80 - 4.00 |
| 1               | Peso de muestra natural (gr)           | 130.22      | 120.91      | 93.57       |
| 2               | Peso de muestra + parafina (gr)        | 134.96      | 124.65      | 96.75       |
| 3               | Peso de parafina (gr)                  | 4.74        | 3.74        | 3.18        |
| 4               | Densidad de parafina (gr/cm3)          | 0.88        | 0.88        | 0.88        |
| 5               | Volumen de parafina (cm3)              | 5.39        | 4.25        | 3.61        |
| 6               | Peso de picnometro + agua (gr)         | 496.88      | 496.88      | 496.88      |
| 7               | Peso de picn.+agua+muestra+paraf. (gr) | 545.77      | 539.36      | 531.15      |
| 8               | Volumen de muestra+parafina (cm3)      | 86.07       | 82.17       | 62.48       |
| 9               | Volumen de muestra (cm3)               | 80.68       | 77.92       | 58.87       |
| 10              | Densidad natural (gr/cm3)              | 1.614       | 1.552       | 1.590       |

**HUMEDAD**

|    |                              |        |
|----|------------------------------|--------|
| 11 | Peso de tara                 | 37.55  |
| 12 | Peso muestra humeda mas tara | 208.47 |
| 13 | Peso muestra seca mas tara   | 188.76 |

**RESUMEN :**

|                           |      |        |
|---------------------------|------|--------|
| DENSIDAD NATURAL PROMEDIO | 1.59 | gr/cm3 |
| DENSIDAD SECA             | 1.40 | gr/cm3 |

**HUMEDAD**

|                 |       |   |
|-----------------|-------|---|
| HUMEDAD NATURAL | 13.03 | % |
|-----------------|-------|---|

**PESO VOLUMETRICO**

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
SOLICITADO : COVIPERU  
UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2011

REALIZADO: E.G.I.  
REVISADO : C.T.C.

| CALICATA                               | C-7             |         |         | PROMEDIO |
|--|-----------------|---------|---------|----------|
| MUESTRA                                | M-2             |         |         |          |
| PROFUNDIDAD                            | 3.50 m a 4.50 m |         |         |          |
| N° del frasco                          | 1               | 2       | 3       | 1.64     |
| Peso de Muestra ( gr )                 | 1895.69         | 1895.69 | 1895.69 |          |
| Volumen Anillo ( cm <sup>3</sup> )     | 1157.60         | 1157.60 | 1157.60 |          |
| Peso Volumetrico (gr/cm <sup>3</sup> ) | 1.638           | 1.638   | 1.638   |          |

**PESO VOLUMETRICO  
(ASTM D2937)**

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
SOLICITADO : COVIPERU  
UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2011

REALIZADO: J.L.L.  
REVISADO : C.T.C.

**DENSIDAD NATURAL**

| ITEM            | DESCRIPCION                                    | C-8         | C-8         | C-8         |
|-----------------|--|-------------|-------------|-------------|
|                 |  | M-1         | M-1         | M-1         |
| Profundidad (m) |  | 0.60 - 3.60 | 0.60 - 3.60 | 0.60 - 3.60 |
| 1               | Peso de muestra natural (gr)                   | 269.03      | 366.35      | 354.78      |
| 2               | Peso de muestra + parafina (gr)                | 275.10      | 377.26      | 366.75      |
| 3               | Peso de parafina (gr)                          | 6.07        | 10.91       | 11.97       |
| 4               | Densidad de parafina (gr/cm <sup>3</sup> )     | 0.88        | 0.88        | 0.88        |
| 5               | Volumen de parafina (cm <sup>3</sup> )         | 6.90        | 12.40       | 13.60       |
| 6               | Peso de picnometro + agua (gr)                 | 1184.43     | 1184.43     | 1184.43     |
| 7               | Peso de picn.+agua+muestra+paraf. (gr)         | 1275.65     | 1306.66     | 1303.94     |
| 8               | Volumen de muestra+parafina (cm <sup>3</sup> ) | 183.88      | 255.03      | 247.24      |
| 9               | Volumen de muestra (cm <sup>3</sup> )          | 176.98      | 242.63      | 233.64      |
| 10              | Densidad natural (gr/cm <sup>3</sup> )         | 1.520       | 1.510       | 1.519       |

**HUMEDAD**

|    |                              |        |
|----|------------------------------|--------|
| 11 | Peso de tara                 | 40.02  |
| 12 | Peso muestra humeda mas tara | 134.77 |
| 13 | Peso muestra seca mas tara   | 131.7  |

**RESUMEN :**

|                           |      |                    |
|---------------------------|------|--------------------|
| DENSIDAD NATURAL PROMEDIO | 1.52 | gr/cm <sup>3</sup> |
| DENSIDAD SECA             | 1.47 | gr/cm <sup>3</sup> |

**HUMEDAD**

|                 |      |   |
|-----------------|------|---|
| HUMEDAD NATURAL | 3.35 | % |
|-----------------|------|---|

**PESO VOLUMETRICO**

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
SOLICITADO : COVIPERU  
UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2011

REALIZADO: J.L.L.  
REVISADO : C.T.C.

| CALICATA                               | C-8             |         |         | PROMEDIO |
|--|-----------------|---------|---------|----------|
| MUESTRA                                | M-2             |         |         |          |
| PROFUNDIDAD                            | 3.60 m a 5.00 m |         |         |          |
| N° del frasco                          | 1               | 2       | 3       | 1.53     |
| Peso de Muestra ( gr )                 | 1770.87         | 1770.87 | 1770.87 |          |
| Volumen Anillo ( cm <sup>3</sup> )     | 1157.60         | 1157.60 | 1157.60 |          |
| Peso Volumetrico (gr/cm <sup>3</sup> ) | 1.530           | 1.530   | 1.530   |          |

**PESO VOLUMETRICO  
(ASTM D2937)**

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
SOLICITADO : COVIPERU  
UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2011

REALIZADO: J.L.L.  
REVISADO : C.T.C.

**DENSIDAD NATURAL**

| ITEM            | DESCRIPCION                                    | C-9         | C-9         | C-9         |
|-----------------|--|-------------|-------------|-------------|
|                 |  | M-1         | M-1         | M-1         |
| Profundidad (m) |  | 0.00 - 1.10 | 0.00 - 1.10 | 0.00 - 1.10 |
| 1               | Peso de muestra natural (gr)                   | 458.65      | 429.26      | 439.82      |
| 2               | Peso de muestra + parafina (gr)                | 468.52      | 438.65      | 445.38      |
| 3               | Peso de parafina (gr)                          | 9.87        | 9.39        | 5.56        |
| 4               | Densidad de parafina (gr/cm <sup>3</sup> )     | 0.88        | 0.88        | 0.88        |
| 5               | Volumen de parafina (cm <sup>3</sup> )         | 11.22       | 10.67       | 6.32        |
| 6               | Peso de picnometro + agua (gr)                 | 1184.60     | 1184.60     | 1184.60     |
| 7               | Peso de picn.+agua+muestra+paraf. (gr)         | 1313.69     | 1344.85     | 1330.00     |
| 8               | Volumen de muestra+parafina (cm <sup>3</sup> ) | 339.43      | 278.40      | 299.98      |
| 9               | Volumen de muestra (cm <sup>3</sup> )          | 328.21      | 267.73      | 293.66      |
| 10              | Densidad natural (gr/cm <sup>3</sup> )         | 1.397       | 1.603       | 1.498       |

**HUMEDAD**

|    |                              |       |
|----|------------------------------|-------|
| 11 | Peso de tara                 | 14.76 |
| 12 | Peso muestra humeda mas tara | 91.09 |
| 13 | Peso muestra seca mas tara   | 87.54 |

**RESUMEN :**

|                           |      |                    |
|---------------------------|------|--------------------|
| DENSIDAD NATURAL PROMEDIO | 1.50 | gr/cm <sup>3</sup> |
| DENSIDAD SECA             | 1.43 | gr/cm <sup>3</sup> |

**HUMEDAD**

|                 |      |   |
|-----------------|------|---|
| HUMEDAD NATURAL | 4.88 | % |
|-----------------|------|---|

Nota : Muestra estratificada de arena y limo

**PESO VOLUMETRICO**  
 (ASTM D2937)

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
 SOLICITADO : COVIPERU  
 UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2011

REALIZADO: J.L.L.  
 REVISADO : C.T.C.

**DENSIDAD NATURAL**

| ITEM            | DESCRIPCION                            | C-9         | C-9         | C-9         |
|-----------------|--|-------------|-------------|-------------|
|                 |  | M-3         | M-3         | M-3         |
| Profundidad (m) |  | 2.10 - 3.10 | 2.10 - 3.10 | 2.10 - 3.10 |
| 1               | Peso de muestra natural (gr)           | 166.14      | 97.77       | 80.74       |
| 2               | Peso de muestra + parafina (gr)        | 170.80      | 100.99      | 83.60       |
| 3               | Peso de parafina (gr)                  | 4.66        | 3.22        | 2.86        |
| 4               | Densidad de parafina (gr/cm3)          | 0.88        | 0.88        | 0.88        |
| 5               | Volumen de parafina (cm3)              | 5.30        | 3.66        | 3.25        |
| 6               | Peso de picnometro + agua (gr)         | 496.88      | 496.88      | 496.88      |
| 7               | Peso de picn.+agua+muestra+paraf. (gr) | 556.20      | 531.66      | 527.69      |
| 8               | Volumen de muestra+parafina (cm3)      | 111.48      | 66.21       | 52.79       |
| 9               | Volumen de muestra (cm3)               | 106.18      | 62.55       | 49.54       |
| 10              | Densidad natural (gr/cm3)              | 1.565       | 1.563       | 1.630       |

**HUMEDAD**

|    |                              |        |
|----|------------------------------|--------|
| 11 | Peso de tara                 | 39.25  |
| 12 | Peso muestra humeda mas tara | 221.12 |
| 13 | Peso muestra seca mas tara   | 206.33 |

**RESUMEN :**

|                           |      |        |
|---------------------------|------|--------|
| DENSIDAD NATURAL PROMEDIO | 1.59 | gr/cm3 |
| DENSIDAD SECA             | 1.46 | gr/cm3 |

**HUMEDAD**

|                 |      |   |
|-----------------|------|---|
| HUMEDAD NATURAL | 8.85 | % |
|-----------------|------|---|

**PESO VOLUMETRICO**  
 (ASTM D2937)

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
 SOLICITADO : COVIPERU  
 UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2011

REALIZADO: J.L.L.  
 REVISADO : C.T.C.

**DENSIDAD NATURAL**

| ITEM            | DESCRIPCION                            | C-9         | C-9         | C-9         |
|-----------------|--|-------------|-------------|-------------|
|                 |  | M-4         | M-4         | M-4         |
| Profundidad (m) |  | 3.40 - 4.50 | 3.40 - 4.50 | 3.40 - 4.50 |
| 1               | Peso de muestra natural (gr)           | 136.98      | 104.72      | 116.30      |
| 2               | Peso de muestra + parafina (gr)        | 141.83      | 109.62      | 121.25      |
| 3               | Peso de parafina (gr)                  | 4.85        | 4.90        | 4.95        |
| 4               | Densidad de parafina (gr/cm3)          | 0.88        | 0.88        | 0.88        |
| 5               | Volumen de parafina (cm3)              | 5.51        | 5.57        | 5.63        |
| 6               | Peso de picnometro + agua (gr)         | 496.88      | 496.88      | 496.88      |
| 7               | Peso de picn.+agua+muestra+paraf. (gr) | 538.39      | 528.92      | 532.35      |
| 8               | Volumen de muestra+parafina (cm3)      | 100.32      | 77.58       | 85.78       |
| 9               | Volumen de muestra (cm3)               | 94.81       | 72.01       | 80.16       |
| 10              | Densidad natural (gr/cm3)              | 1.445       | 1.454       | 1.451       |

**HUMEDAD**

|    |                              |        |
|----|------------------------------|--------|
| 11 | Peso de tara                 | 43.44  |
| 12 | Peso muestra humeda mas tara | 216.99 |
| 13 | Peso muestra seca mas tara   | 206.08 |

**RESUMEN :**

|                           |      |        |
|---------------------------|------|--------|
| DENSIDAD NATURAL PROMEDIO | 1.45 | gr/cm3 |
| DENSIDAD SECA             | 1.36 | gr/cm3 |

**HUMEDAD**

|                 |      |   |
|-----------------|------|---|
| HUMEDAD NATURAL | 6.71 | % |
|-----------------|------|---|

**PESO VOLUMETRICO  
(ASTM D2937)**

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
 SOLICITADO : COVIPERU  
 UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2011

REALIZADO: J.L.L.  
 REVISADO : C.T.C.

DENSIDAD NATURAL

| ITEM            | DESCRIPCION                            | C-10        | C-10        | C-10        |
|-----------------|--|-------------|-------------|-------------|
|                 |  | M-1         | M-1         | M-1         |
| Profundidad (m) |  | 1.00 - 1.50 | 1.00 - 1.50 | 1.00 - 1.50 |
| 1               | Peso de muestra natural (gr)           | 222.53      | 213.98      | 224.50      |
| 2               | Peso de muestra + parafina (gr)        | 231.35      | 219.33      | 231.90      |
| 3               | Peso de parafina (gr)                  | 8.82        | 5.35        | 7.40        |
| 4               | Densidad de parafina (gr/cm3)          | 0.88        | 0.88        | 0.88        |
| 5               | Volumen de parafina (cm3)              | 10.02       | 6.08        | 8.41        |
| 6               | Peso de picnometro + agua (gr)         | 1184.43     | 1184.43     | 1184.43     |
| 7               | Peso de picn.+agua+muestra+paraf. (gr) | 1268.04     | 1270.83     | 1274.23     |
| 8               | Volumen de muestra+parafina (cm3)      | 147.74      | 132.93      | 142.10      |
| 9               | Volumen de muestra (cm3)               | 137.72      | 126.85      | 133.69      |
| 10              | Densidad natural (gr/cm3)              | 1.616       | 1.687       | 1.679       |

HUMEDAD

|    |                              |        |
|----|------------------------------|--------|
| 11 | Peso de tara                 | 37.67  |
| 12 | Peso muestra humeda mas tara | 222.18 |
| 13 | Peso muestra seca mas tara   | 214.69 |

RESUMEN :

|                           |      |        |
|---------------------------|------|--------|
| DENSIDAD NATURAL PROMEDIO | 1.66 | gr/cm3 |
| DENSIDAD SECA             | 1.59 | gr/cm3 |

HUMEDAD

|                 |      |   |
|-----------------|------|---|
| HUMEDAD NATURAL | 4.23 | % |
|-----------------|------|---|

**PESO VOLUMETRICO  
(ASTM D2937)**

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
 SOLICITADO : COVIPERU  
 UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2011

REALIZADO: J.L.L.  
 REVISADO : C.T.C.

DENSIDAD NATURAL

| ITEM            | DESCRIPCION                            | T-2         | T-2         | T-2         |
|-----------------|--|-------------|-------------|-------------|
|                 |  | M-1         | M-1         | M-1         |
| Profundidad (m) |  | 0.80 - 1.50 | 0.80 - 1.50 | 0.80 - 1.50 |
| 1               | Peso de muestra natural (gr)           | 437.72      | 450.94      | 448.94      |
| 2               | Peso de muestra + parafina (gr)        | 448.47      | 462.70      | 476.60      |
| 3               | Peso de parafina (gr)                  | 10.75       | 11.76       | 27.66       |
| 4               | Densidad de parafina (gr/cm3)          | 0.88        | 0.88        | 0.88        |
| 5               | Volumen de parafina (cm3)              | 12.22       | 13.36       | 31.43       |
| 6               | Peso de picnometro + agua (gr)         | 1184.60     | 1184.60     | 1184.60     |
| 7               | Peso de picn.+agua+muestra+paraf. (gr) | 1382.17     | 1389.46     | 1386.50     |
| 8               | Volumen de muestra+parafina (cm3)      | 250.90      | 257.84      | 274.70      |
| 9               | Volumen de muestra (cm3)               | 238.68      | 244.48      | 243.27      |
| 10              | Densidad natural (gr/cm3)              | 1.834       | 1.845       | 1.845       |

HUMEDAD

|    |                              |        |
|----|------------------------------|--------|
| 11 | Peso de tara                 | 40.1   |
| 12 | Peso muestra humeda mas tara | 228.17 |
| 13 | Peso muestra seca mas tara   | 216.67 |

RESUMEN :

|                           |      |        |
|---------------------------|------|--------|
| DENSIDAD NATURAL PROMEDIO | 1.84 | gr/cm3 |
| DENSIDAD SECA             | 1.73 | gr/cm3 |

HUMEDAD

|                 |      |   |
|-----------------|------|---|
| HUMEDAD NATURAL | 6.51 | % |
|-----------------|------|---|

**PESO VOLUMETRICO  
(ASTM D2937)**

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
SOLICITADO : COVIPERU  
UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2011

REALIZADO: J.L.L.  
REVISADO : C.T.C.

**DENSIDAD NATURAL**

| ITEM | DESCRIPCION                            | T-2                | T-2                | T-2                |
|------|--|--------------------|--------------------|--------------------|
|      |  | M-2                | M-2                | M-2                |
|      | <b>Profundidad (m)</b>                 | <b>1.50 - 1.90</b> | <b>1.50 - 1.90</b> | <b>1.50 - 1.90</b> |
| 1    | Peso de muestra natural (gr)           | 538.55             | 300.35             | 458.93             |
| 2    | Peso de muestra + parafina (gr)        | 553.23             | 308.39             | 467.20             |
| 3    | Peso de parafina (gr)                  | 14.68              | 8.04               | 8.27               |
| 4    | Densidad de parafina (gr/cm3)          | 0.88               | 0.88               | 0.88               |
| 5    | Volumen de parafina (cm3)              | 16.68              | 9.14               | 9.40               |
| 6    | Peso de picnometro + agua (gr)         | 1184.43            | 1184.43            | 1184.43            |
| 7    | Peso de picn.+agua+muestra+paraf. (gr) | 1477.54            | 1350.96            | 1438.93            |
| 8    | Volumen de muestra+parafina (cm3)      | 260.12             | 141.86             | 212.70             |
| 9    | Volumen de muestra (cm3)               | 243.44             | 132.72             | 203.30             |
| 10   | Densidad natural (gr/cm3)              | 2.212              | 2.263              | 2.257              |

**HUMEDAD**

|    |                              |        |
|----|------------------------------|--------|
| 11 | Peso de tara                 | 39.32  |
| 12 | Peso muestra humeda mas tara | 250.31 |
| 13 | Peso muestra seca mas tara   | 247.8  |

**RESUMEN :**

|                           |      |        |
|---------------------------|------|--------|
| DENSIDAD NATURAL PROMEDIO | 2.24 | gr/cm3 |
| DENSIDAD SECA             | 2.22 | gr/cm3 |

**HUMEDAD**

|                 |      |   |
|-----------------|------|---|
| HUMEDAD NATURAL | 1.20 | % |
|-----------------|------|---|

**PESO VOLUMETRICO**

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
SOLICITADO : COVIPERU  
UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2011

REALIZADO: E.G.I.  
REVISADO : C.T.C.

| CALICATA                               | T-4             |         |         | PROMEDIO |
|--|-----------------|---------|---------|----------|
| MUESTRA                                | M-1             |         |         |          |
| PROFUNDIDAD                            | 0.50 m a 1.00 m |         |         |          |
| N° del frasco                          | 1               | 2       | 3       | 1.57     |
| Peso de Muestra (gr)                   | 1820.79         | 1820.79 | 1820.79 |          |
| Volumen Anillo (cm <sup>3</sup> )      | 1157.60         | 1157.60 | 1157.60 |          |
| Peso Volumetrico (gr/cm <sup>3</sup> ) | 1.573           | 1.573   | 1.573   |          |

**PESO VOLUMETRICO**  
(ASTM D2937)

PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
 SOLICITADO : COVIPERU  
 UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA : 14 DE OCTUBRE DEL 2011

REALIZADO: J.L.L.  
 REVISADO : C.T.C.

**DENSIDAD NATURAL**

| ITEM            | DESCRIPCION                            | T-5         | T-5         | T-5         |
|-----------------|--|-------------|-------------|-------------|
|                 |  | M-1         | M-1         | M-1         |
| Profundidad (m) |  | 0.50 - 1.00 | 0.50 - 1.00 | 0.50 - 1.00 |
| 1               | Peso de muestra natural (gr)           | 208.78      | 161.99      | 187.65      |
| 2               | Peso de muestra + parafina (gr)        | 216.07      | 167.19      | 194.79      |
| 3               | Peso de parafina (gr)                  | 7.29        | 5.20        | 7.14        |
| 4               | Densidad de parafina (gr/cm3)          | 0.88        | 0.88        | 0.88        |
| 5               | Volumen de parafina (cm3)              | 8.28        | 5.91        | 8.11        |
| 6               | Peso de picnometro + agua (gr)         | 1184.43     | 1184.43     | 1184.43     |
| 7               | Peso de picn.+agua+muestra+paraf. (gr) | 1286.26     | 1264.89     | 1277.25     |
| 8               | Volumen de muestra+parafina (cm3)      | 114.24      | 86.73       | 101.97      |
| 9               | Volumen de muestra (cm3)               | 105.96      | 80.82       | 93.86       |
| 10              | Densidad natural (gr/cm3)              | 1.970       | 2.004       | 1.999       |

**HUMEDAD**

|    |                              |        |
|----|------------------------------|--------|
| 11 | Peso de tara                 | 39.11  |
| 12 | Peso muestra humeda mas tara | 212.85 |
| 13 | Peso muestra seca mas tara   | 206.84 |

**RESUMEN :**

|                           |      |        |
|---------------------------|------|--------|
| DENSIDAD NATURAL PROMEDIO | 1.99 | gr/cm3 |
| DENSIDAD SECA             | 1.92 | gr/cm3 |

**HUMEDAD**

|                 |      |   |
|-----------------|------|---|
| HUMEDAD NATURAL | 3.58 | % |
|-----------------|------|---|

ENSAYOS DE LABORATORIO

CORTE DIRECTO

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
(ASTM - D3080)**

**INFORME N°** : LG-101-2011  
**SOLICITANTE** : COVIPERU  
**DIRECCION** : ICA  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
**UBICACIÓN** : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
**FECHA** : 13/10/2011  
**FECHA DE ENSAYO** : 14/10/2011  
**FECHA DE EMISION** : 15/10/2011  
**SONDAJE** : C - 1  
**MUESTRA** : M - 1  
**PROFUNDIDAD (m)** : 0.00 - 1.30  
**CLASIFICACION (S.U.C.S.)** : 0.00  
**ESTADO** : Remoldeado / Parcialmente saturado  
**VELOC. DE ENSAYO** : 0.50

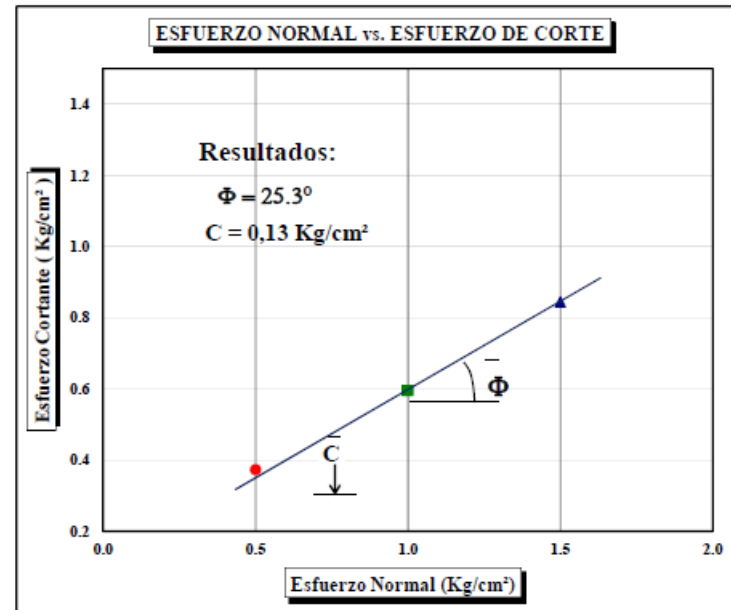
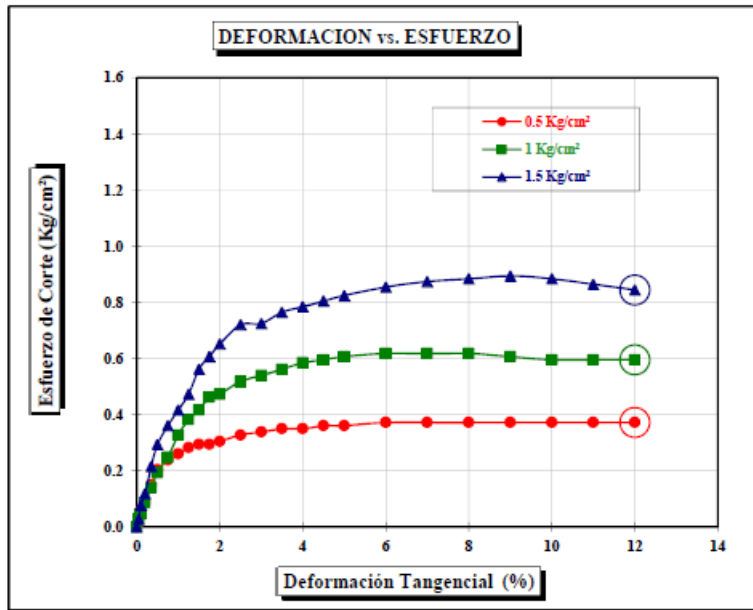
| DATOS DEL ESPECIMEN             |   | ESPECIMEN 01         |                        | ESPECIMEN 02                            |                      | ESPECIMEN 03           |   |                      |
|---------------------------------|---|----------------------|------------------------|---|----------------------|------------------------|---|----------------------|
|                                 |   | Inicial              | Final                  | Inicial                                 | Final                | Inicial                | Final                                   |                      |
| Altura (h)                      | (cm)                                    | 2.12                 | 2.08                   | 2.12                                    | 2.03                 | 2.12                   | 1.97                                    |                      |
| Ancho (φ)                       | (cm)                                    | 6.00                 | 6.00                   | 6.00                                    | 6.00                 | 6.00                   | 6.00                                    |                      |
| Densidad Seca (γ <sub>d</sub> ) | (g/cm <sup>3</sup> )                    | 1.56                 | 1.60                   | 1.56                                    | 1.60                 | 1.56                   | 1.68                                    |                      |
| Humedad (ω)                     | (%)                                     | 4.27                 | 29.07                  | 4.27                                    | 28.37                | 4.27                   | 25.82                                   |                      |
| Esfuerzo Normal                 | (Kg/cm <sup>2</sup> )                   | 0.50                 |                        | 1.00                                    |                      | 1.50                   |   |                      |
| ESPECIMEN 01                    |   |                      | ESPECIMEN 02           |   |                      | ESPECIMEN 03           |   |                      |
| Deform. Tangencial (%)          | Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Normalizado | Deform. Tangencial (%) | Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Normalizado | Deform. Tangencial (%) | Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Normalizado |
| 0.00                            | 0.00                                    | 0.00                 | 0.00                   | 0.00                                    | 0.00                 | 0.00                   | 0.00                                    | 0.00                 |
| 0.05                            | 0.03                                    | 0.06                 | 0.05                   | 0.03                                    | 0.03                 | 0.05                   | 0.03                                    | 0.02                 |
| 0.10                            | 0.06                                    | 0.11                 | 0.10                   | 0.05                                    | 0.05                 | 0.10                   | 0.08                                    | 0.05                 |
| 0.20                            | 0.09                                    | 0.17                 | 0.20                   | 0.09                                    | 0.09                 | 0.20                   | 0.12                                    | 0.08                 |
| 0.35                            | 0.15                                    | 0.30                 | 0.35                   | 0.14                                    | 0.14                 | 0.35                   | 0.22                                    | 0.14                 |
| 0.50                            | 0.20                                    | 0.41                 | 0.50                   | 0.19                                    | 0.19                 | 0.50                   | 0.29                                    | 0.20                 |
| 0.75                            | 0.24                                    | 0.48                 | 0.75                   | 0.25                                    | 0.25                 | 0.75                   | 0.36                                    | 0.24                 |
| 1.00                            | 0.26                                    | 0.52                 | 1.00                   | 0.33                                    | 0.33                 | 1.00                   | 0.42                                    | 0.28                 |
| 1.25                            | 0.28                                    | 0.56                 | 1.25                   | 0.38                                    | 0.38                 | 1.25                   | 0.47                                    | 0.32                 |
| 1.50                            | 0.29                                    | 0.59                 | 1.50                   | 0.42                                    | 0.42                 | 1.50                   | 0.56                                    | 0.37                 |
| 1.75                            | 0.29                                    | 0.59                 | 1.75                   | 0.46                                    | 0.46                 | 1.75                   | 0.61                                    | 0.40                 |
| 2.00                            | 0.30                                    | 0.61                 | 2.00                   | 0.47                                    | 0.47                 | 2.00                   | 0.65                                    | 0.43                 |
| 2.50                            | 0.33                                    | 0.65                 | 2.50                   | 0.52                                    | 0.52                 | 2.50                   | 0.72                                    | 0.48                 |
| 3.00                            | 0.34                                    | 0.68                 | 3.00                   | 0.54                                    | 0.54                 | 3.00                   | 0.72                                    | 0.48                 |
| 3.50                            | 0.35                                    | 0.70                 | 3.50                   | 0.56                                    | 0.56                 | 3.50                   | 0.76                                    | 0.51                 |
| 4.00                            | 0.35                                    | 0.70                 | 4.00                   | 0.58                                    | 0.58                 | 4.00                   | 0.78                                    | 0.52                 |
| 4.50                            | 0.36                                    | 0.72                 | 4.50                   | 0.60                                    | 0.60                 | 4.50                   | 0.80                                    | 0.54                 |
| 5.00                            | 0.36                                    | 0.72                 | 5.00                   | 0.61                                    | 0.61                 | 5.00                   | 0.82                                    | 0.55                 |
| 6.00                            | 0.37                                    | 0.74                 | 6.00                   | 0.62                                    | 0.62                 | 6.00                   | 0.85                                    | 0.57                 |
| 7.00                            | 0.37                                    | 0.74                 | 7.00                   | 0.62                                    | 0.62                 | 7.00                   | 0.87                                    | 0.58                 |
| 8.00                            | 0.37                                    | 0.74                 | 8.00                   | 0.62                                    | 0.62                 | 8.00                   | 0.88                                    | 0.59                 |
| 9.00                            | 0.37                                    | 0.74                 | 9.00                   | 0.61                                    | 0.61                 | 9.00                   | 0.89                                    | 0.60                 |
| 10.00                           | 0.37                                    | 0.74                 | 10.00                  | 0.60                                    | 0.60                 | 10.00                  | 0.88                                    | 0.59                 |
| 11.00                           | 0.37                                    | 0.74                 | 11.00                  | 0.60                                    | 0.60                 | 11.00                  | 0.86                                    | 0.58                 |
| 12.00                           | 0.37                                    | 0.74                 | 12.00                  | 0.60                                    | 0.60                 | 12.00                  | 0.84                                    | 0.56                 |

**OBSERVACIONES** : La densidad de remoldeo es gr/cc

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
(ASTM - D3080)**

INFORME N° : LG-101-2011  
 SOLICITANTE : COVIPERU  
 DIRECCION : ICA  
 PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
 UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA DE RECEPCION : 13/10/2011      FECHA DE ENSAYO : 14/10/2011

SONDAJE : C - 1  
 MUESTRA : M - 1  
 PROFUNDIDAD (m) : 0.00 - 1.30  
 CLASIFICACION (SUCS) : 0.00  
 ESTADO : Remoldeado / Parcialmente saturado  
 FECHA DE EMISION : 15/10/2011



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
(ASTM - D3080)**

**INFORME N°** : LG-099-2011  
**SOLICITANTE** : COVIPERU  
**DIRECCION** : ICA  
**PROYECTO** : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
**UBICACIÓN** : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
**FECHA** : 13/10/2011  
**FECHA DE ENSAYO** : 14/10/2011  
**FECHA DE EMISION** : 15/10/2011  
**SONDAJE** : C - 8  
**MUESTRA** : M - 2  
**PROFUNDIDAD (m)** : 3.60 - 5.00  
**CLASIFICACION (S.U.C.S.)** : SP  
**ESTADO** : Remoldeado / Parcialmente saturado  
**VELOC. DE ENSAYO** : 0.50

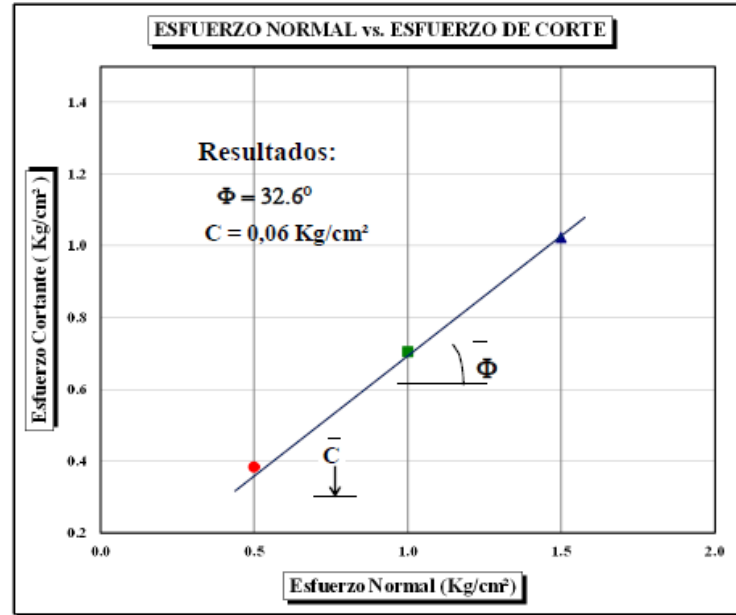
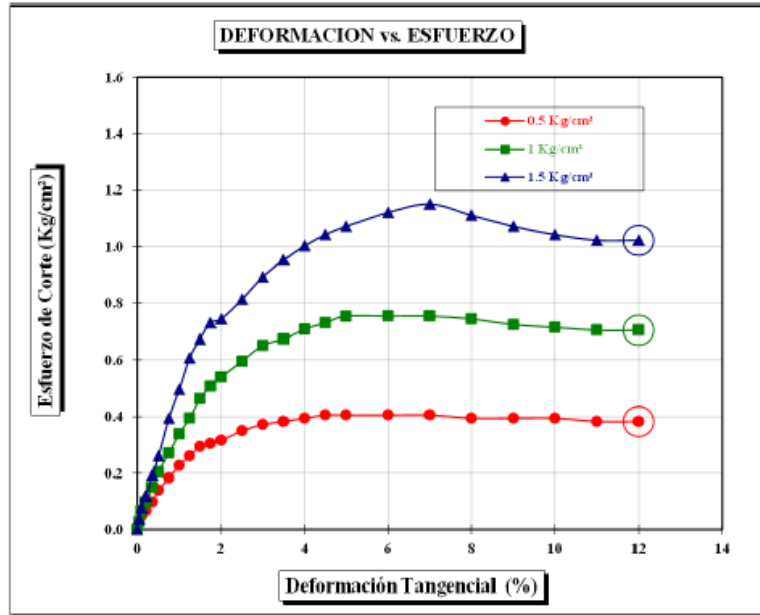
| DATOS DEL ESPECIMEN             |   | ESPECIMEN 01         |                        | ESPECIMEN 02                            |                      | ESPECIMEN 03           |   |                      |
|---------------------------------|---|----------------------|------------------------|---|----------------------|------------------------|---|----------------------|
|                                 |   | Inicial              | Final                  | Inicial                                 | Final                | Inicial                | Final                                   |                      |
| Altura (h)                      | (cm)                                    | 2.12                 | 2.09                   | 2.12                                    | 2.07                 | 2.12                   | 2.02                                    |                      |
| Ancho (φ)                       | (cm)                                    | 6.00                 | 6.00                   | 6.00                                    | 6.00                 | 6.00                   | 6.00                                    |                      |
| Densidad Seca (γ <sub>d</sub> ) | (g/cm <sup>3</sup> )                    | 1.52                 | 1.54                   | 1.52                                    | 1.56                 | 1.52                   | 1.60                                    |                      |
| Humedad (ω)                     | (%)                                     | 0.64                 | 22.79                  | 0.68                                    | 22.56                | 0.62                   | 22.41                                   |                      |
| Esfuerzo Normal                 | (Kg/cm <sup>2</sup> )                   | 0.50                 |                        | 1.00                                    |                      | 1.50                   |   |                      |
| ESPECIMEN 01                    |   |                      | ESPECIMEN 02           |   |                      | ESPECIMEN 03           |   |                      |
| Deform. Tangencial (%)          | Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Normalizado | Deform. Tangencial (%) | Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Normalizado | Deform. Tangencial (%) | Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Normalizado |
| 0.00                            | 0.00                                    | 0.00                 | 0.00                   | 0.00                                    | 0.00                 | 0.00                   | 0.00                                    | 0.00                 |
| 0.05                            | 0.03                                    | 0.06                 | 0.05                   | 0.03                                    | 0.03                 | 0.05                   | 0.04                                    | 0.02                 |
| 0.10                            | 0.05                                    | 0.09                 | 0.10                   | 0.07                                    | 0.07                 | 0.10                   | 0.08                                    | 0.05                 |
| 0.20                            | 0.07                                    | 0.13                 | 0.20                   | 0.10                                    | 0.10                 | 0.20                   | 0.12                                    | 0.08                 |
| 0.35                            | 0.10                                    | 0.20                 | 0.35                   | 0.15                                    | 0.15                 | 0.35                   | 0.19                                    | 0.13                 |
| 0.50                            | 0.14                                    | 0.28                 | 0.50                   | 0.20                                    | 0.20                 | 0.50                   | 0.26                                    | 0.17                 |
| 0.75                            | 0.18                                    | 0.37                 | 0.75                   | 0.27                                    | 0.27                 | 0.75                   | 0.39                                    | 0.26                 |
| 1.00                            | 0.23                                    | 0.45                 | 1.00                   | 0.34                                    | 0.34                 | 1.00                   | 0.50                                    | 0.33                 |
| 1.25                            | 0.26                                    | 0.52                 | 1.25                   | 0.39                                    | 0.39                 | 1.25                   | 0.61                                    | 0.40                 |
| 1.50                            | 0.29                                    | 0.59                 | 1.50                   | 0.46                                    | 0.46                 | 1.50                   | 0.67                                    | 0.45                 |
| 1.75                            | 0.30                                    | 0.61                 | 1.75                   | 0.51                                    | 0.51                 | 1.75                   | 0.73                                    | 0.49                 |
| 2.00                            | 0.32                                    | 0.63                 | 2.00                   | 0.54                                    | 0.54                 | 2.00                   | 0.74                                    | 0.50                 |
| 2.50                            | 0.35                                    | 0.70                 | 2.50                   | 0.60                                    | 0.60                 | 2.50                   | 0.81                                    | 0.54                 |
| 3.00                            | 0.37                                    | 0.74                 | 3.00                   | 0.65                                    | 0.65                 | 3.00                   | 0.89                                    | 0.60                 |
| 3.50                            | 0.38                                    | 0.77                 | 3.50                   | 0.67                                    | 0.67                 | 3.50                   | 0.95                                    | 0.64                 |
| 4.00                            | 0.39                                    | 0.79                 | 4.00                   | 0.71                                    | 0.71                 | 4.00                   | 1.00                                    | 0.67                 |
| 4.50                            | 0.41                                    | 0.81                 | 4.50                   | 0.73                                    | 0.73                 | 4.50                   | 1.04                                    | 0.69                 |
| 5.00                            | 0.41                                    | 0.81                 | 5.00                   | 0.75                                    | 0.75                 | 5.00                   | 1.07                                    | 0.71                 |
| 6.00                            | 0.41                                    | 0.81                 | 6.00                   | 0.75                                    | 0.75                 | 6.00                   | 1.12                                    | 0.75                 |
| 7.00                            | 0.41                                    | 0.81                 | 7.00                   | 0.75                                    | 0.75                 | 7.00                   | 1.15                                    | 0.77                 |
| 8.00                            | 0.39                                    | 0.79                 | 8.00                   | 0.74                                    | 0.74                 | 8.00                   | 1.11                                    | 0.74                 |
| 9.00                            | 0.39                                    | 0.79                 | 9.00                   | 0.72                                    | 0.72                 | 9.00                   | 1.07                                    | 0.71                 |
| 10.00                           | 0.39                                    | 0.79                 | 10.00                  | 0.71                                    | 0.71                 | 10.00                  | 1.04                                    | 0.69                 |
| 11.00                           | 0.38                                    | 0.77                 | 11.00                  | 0.70                                    | 0.70                 | 11.00                  | 1.02                                    | 0.68                 |
| 12.00                           | 0.38                                    | 0.77                 | 12.00                  | 0.70                                    | 0.70                 | 12.00                  | 1.02                                    | 0.68                 |

**OBSERVACIONES** : La densidad de remoldeo es 1,52 gr/cc

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
(ASTM - D3080)**

INFORME N° : LG-099-2011  
 SOLICITANTE : COVIPERU  
 DIRECCION : ICA  
 PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172 DE 4 PISOS PARA PROCEDER A SU AMPLIACIÓN A 5 O MAS  
 UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA DE RECEPCION : 13/10/2011      FECHA DE ENSAYO : 14/10/2011

SONDAJE : C - 8  
 MUESTRA : M - 2  
 PROFUNDIDAD (m) : 3.60 - 5.00  
 CLASIFICACION (SUCS) : SP  
 ESTADO : Remoldeado / Parcialmente saturado  
 FECHA DE EMISION : 15/10/2011



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
(ASTM - D3080)**

INFORME N° : LG-101-2011  
 SOLICITANTE : COVIPERU  
 DIRECCION : ICA  
 PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
 UBICACIÓN : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA : 13/10/2011  
 FECHA DE ENSAYO : 14/10/2011  
 FECHA DE EMISION : 15/10/2011  
 SONDAGE : T - 4  
 MUESTRA : M - 1  
 PROFUNDIDAD (m) : 0.60 - 3.00  
 CLASIFICACION (S.U.C.S.) : SM  
 ESTADO : Remoldeado / Parcialmente saturado  
 VELOC. DE ENSAYO : 0.25

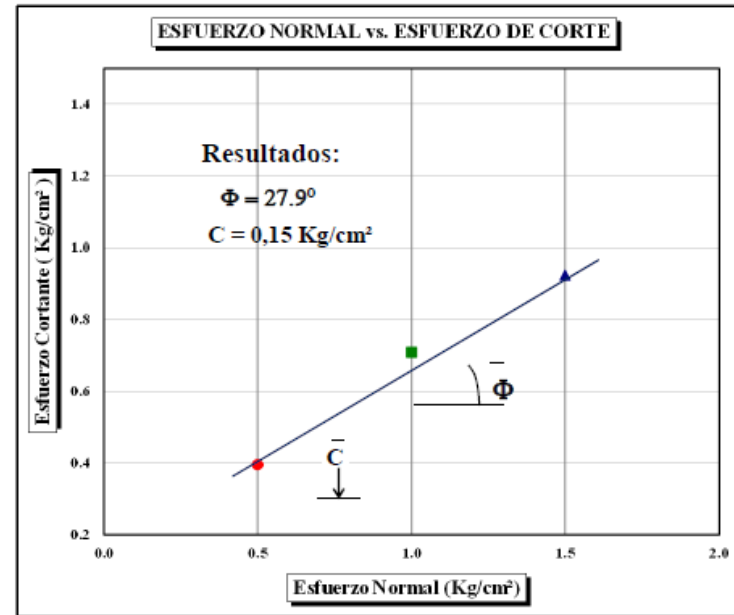
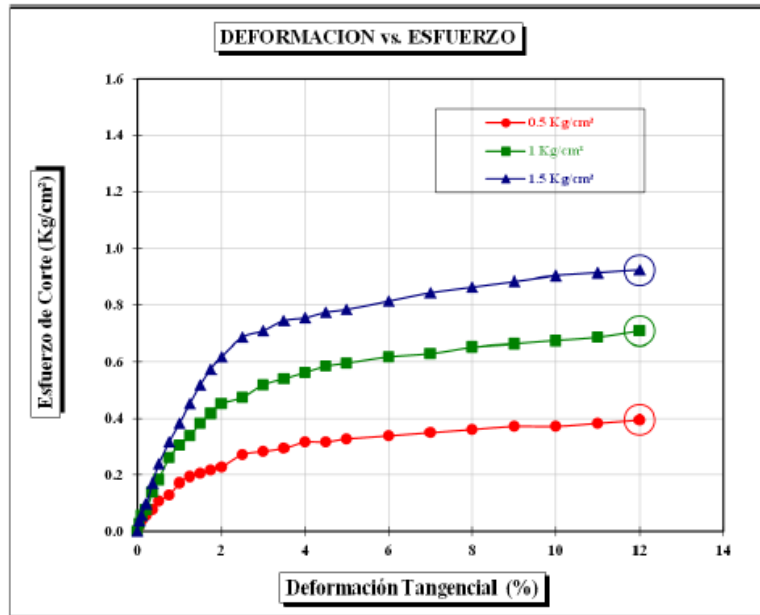
| DATOS DEL ESPECIMEN                                  | ESPECIMEN 01                            |                      | ESPECIMEN 02           |   | ESPECIMEN 03         |                        |   |                      |
|--|---|----------------------|------------------------|---|----------------------|------------------------|---|----------------------|
|  | Inicial                                 | Final                | Inicial                | Final                                   | Inicial              | Final                  |   |                      |
| Altura (h) (cm)                                      | 2.12                                    | 2.00                 | 2.12                   | 2.12                                    | 2.12                 | 1.82                   |   |                      |
| Ancho (φ) (cm)                                       | 6.00                                    | 6.00                 | 6.00                   | 6.00                                    | 6.00                 | 6.00                   |   |                      |
| Densidad Seca (γ <sub>d</sub> ) (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.54                                    | 1.63                 | 1.54                   | 1.63                                    | 1.54                 | 1.80                   |   |                      |
| Humedad (ω) (%)                                      | 1.93                                    | 15.98                | 1.93                   | 14.86                                   | 1.93                 | 15.76                  |   |                      |
| Esfuerzo Normal (Kg/cm <sup>2</sup> )                | 0.50                                    |                      | 1.00                   |   | 1.50                 |                        |   |                      |
| ESPECIMEN 01   |   |                      | ESPECIMEN 02           |   |                      | ESPECIMEN 03           |   |                      |
| Deform. Tangencial (%)                               | Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Normalizado | Deform. Tangencial (%) | Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Normalizado | Deform. Tangencial (%) | Esfuerzo de Corte (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Esfuerzo Normalizado |
| 0.00   | 0.00                                    | 0.00                 | 0.00                   | 0.00                                    | 0.00                 | 0.00                   | 0.00                                    | 0.00                 |
| 0.05   | 0.02                                    | 0.04                 | 0.05                   | 0.03                                    | 0.03                 | 0.05                   | 0.04                                    | 0.02                 |
| 0.10   | 0.04                                    | 0.07                 | 0.10                   | 0.06                                    | 0.06                 | 0.10                   | 0.06                                    | 0.04                 |
| 0.20   | 0.06                                    | 0.11                 | 0.20                   | 0.08                                    | 0.08                 | 0.20                   | 0.10                                    | 0.07                 |
| 0.35   | 0.08                                    | 0.15                 | 0.35                   | 0.14                                    | 0.14                 | 0.35                   | 0.17                                    | 0.11                 |
| 0.50   | 0.11                                    | 0.22                 | 0.50                   | 0.18                                    | 0.18                 | 0.50                   | 0.24                                    | 0.16                 |
| 0.75   | 0.13                                    | 0.26                 | 0.75                   | 0.26                                    | 0.26                 | 0.75                   | 0.32                                    | 0.21                 |
| 1.00   | 0.17                                    | 0.34                 | 1.00                   | 0.30                                    | 0.30                 | 1.00                   | 0.38                                    | 0.26                 |
| 1.25   | 0.19                                    | 0.39                 | 1.25                   | 0.34                                    | 0.34                 | 1.25                   | 0.45                                    | 0.30                 |
| 1.50   | 0.20                                    | 0.41                 | 1.50                   | 0.38                                    | 0.38                 | 1.50                   | 0.52                                    | 0.34                 |
| 1.75   | 0.22                                    | 0.43                 | 1.75                   | 0.42                                    | 0.42                 | 1.75                   | 0.57                                    | 0.38                 |
| 2.00   | 0.23                                    | 0.45                 | 2.00                   | 0.45                                    | 0.45                 | 2.00                   | 0.62                                    | 0.41                 |
| 2.50   | 0.27                                    | 0.54                 | 2.50                   | 0.47                                    | 0.47                 | 2.50                   | 0.69                                    | 0.46                 |
| 3.00   | 0.28                                    | 0.56                 | 3.00                   | 0.52                                    | 0.52                 | 3.00                   | 0.71                                    | 0.47                 |
| 3.50   | 0.29                                    | 0.59                 | 3.50                   | 0.54                                    | 0.54                 | 3.50                   | 0.74                                    | 0.50                 |
| 4.00   | 0.32                                    | 0.63                 | 4.00                   | 0.56                                    | 0.56                 | 4.00                   | 0.75                                    | 0.50                 |
| 4.50   | 0.32                                    | 0.63                 | 4.50                   | 0.58                                    | 0.58                 | 4.50                   | 0.77                                    | 0.52                 |
| 5.00   | 0.33                                    | 0.65                 | 5.00                   | 0.60                                    | 0.60                 | 5.00                   | 0.78                                    | 0.52                 |
| 6.00   | 0.34                                    | 0.68                 | 6.00                   | 0.62                                    | 0.62                 | 6.00                   | 0.81                                    | 0.54                 |
| 7.00   | 0.35                                    | 0.70                 | 7.00                   | 0.63                                    | 0.63                 | 7.00                   | 0.84                                    | 0.56                 |
| 8.00   | 0.36                                    | 0.72                 | 8.00                   | 0.65                                    | 0.65                 | 8.00                   | 0.86                                    | 0.58                 |
| 9.00   | 0.37                                    | 0.74                 | 9.00                   | 0.66                                    | 0.66                 | 9.00                   | 0.88                                    | 0.59                 |
| 10.00  | 0.37                                    | 0.74                 | 10.00                  | 0.67                                    | 0.67                 | 10.00                  | 0.90                                    | 0.60                 |
| 11.00  | 0.38                                    | 0.77                 | 11.00                  | 0.69                                    | 0.69                 | 11.00                  | 0.91                                    | 0.61                 |
| 12.00  | 0.39                                    | 0.79                 | 12.00                  | 0.71                                    | 0.71                 | 12.00                  | 0.92                                    | 0.62                 |

OBSERVACIONES : La densidad de remoldeo es gr/cc

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
(ASTM - D3080)**

INFORME N° : LG-101-2011  
 SOLICITANTE : COVIPERU  
 DIRECCION : ICA  
 PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEOTECNICA DE GRIETAS Km 171 - 172  
 UBICACION : VIA AUTOPISTA CERRO AZUL - ICA, RED VIAL 6 KM 171 - 172.  
 FECHA DE RECEPCION : 13/10/2011      FECHA DE ENSAYO : 14/10/2011

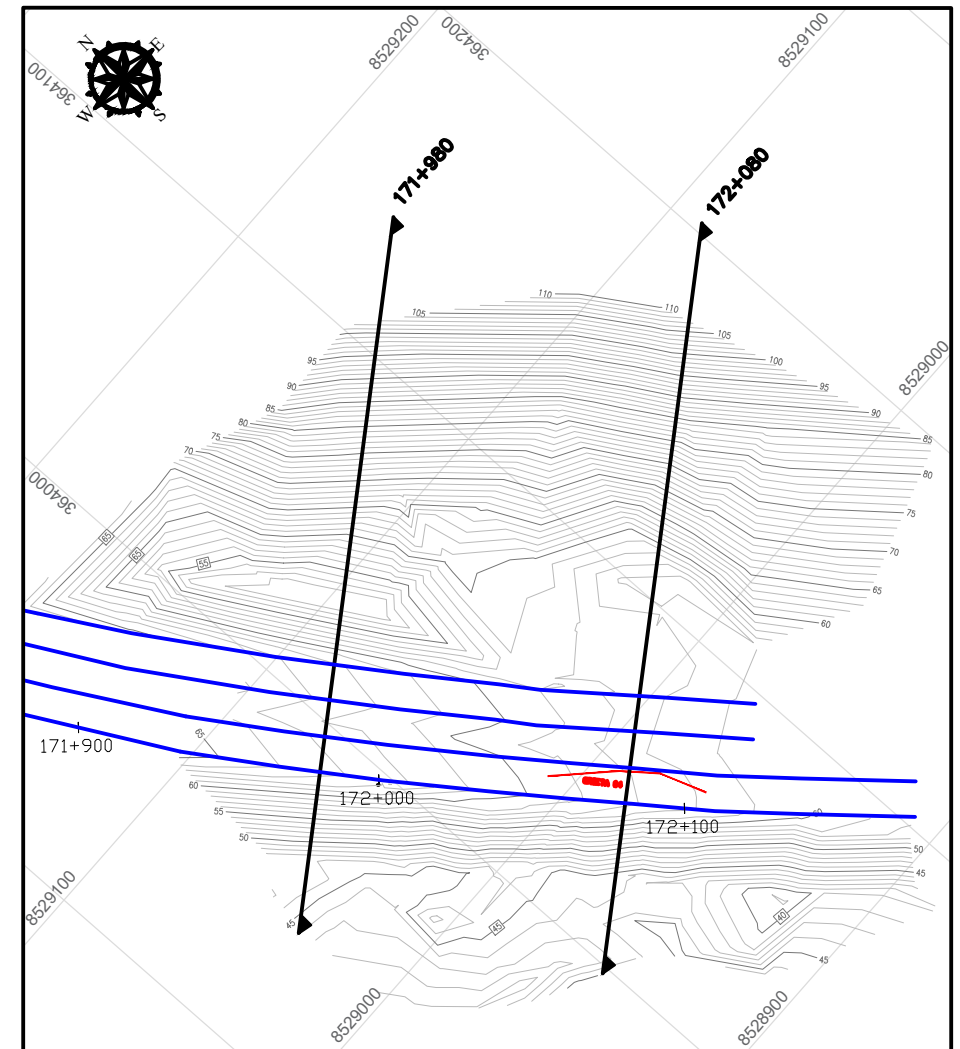
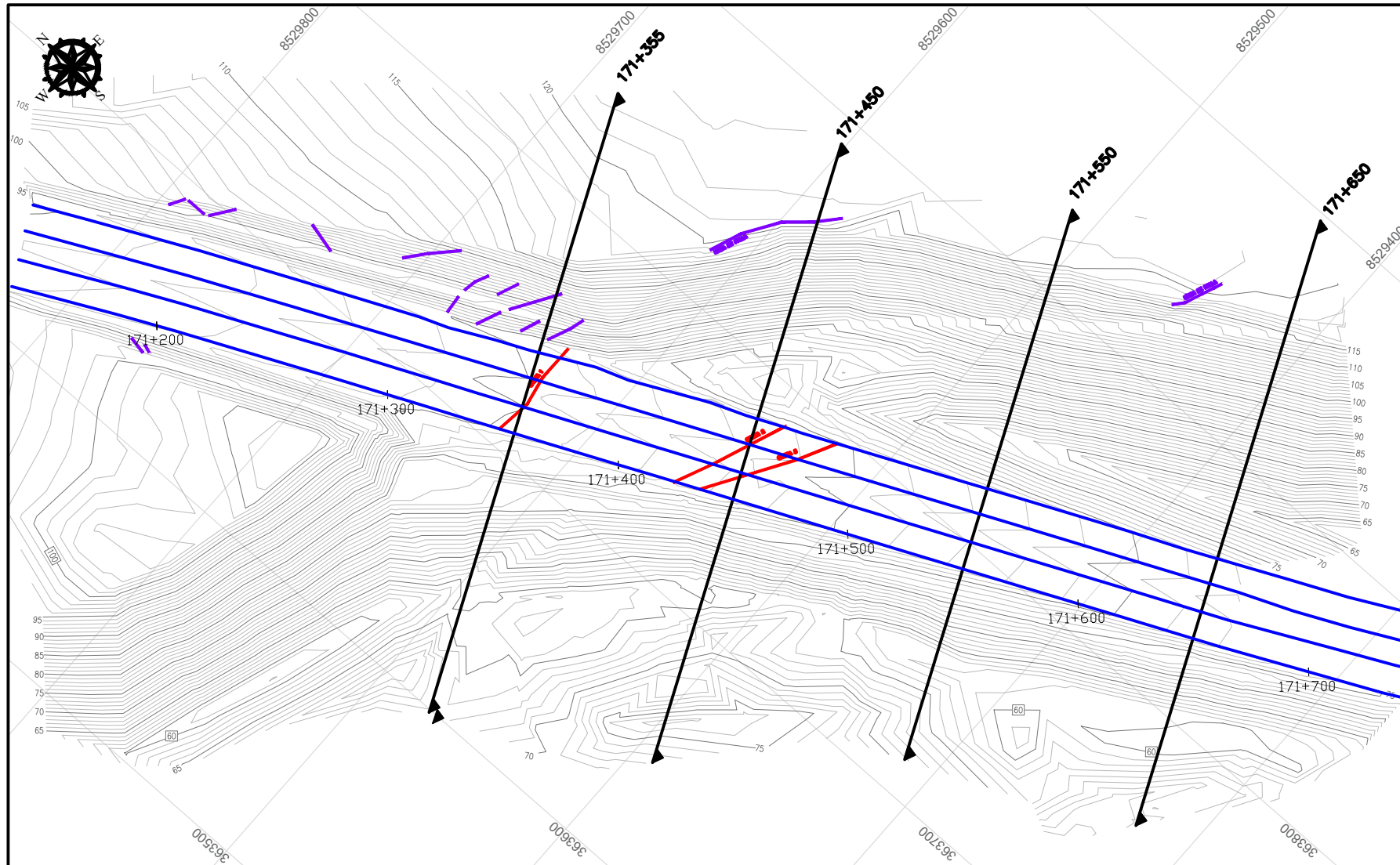
SONDAJE : T - 4  
 MUESTRA : M - 1  
 PROFUNDIDAD (m) : 0.60 - 3.00  
 CLASIFICACION (SUCS) : SM  
 ESTADO : Remoldeado / Parcialmente saturado  
 FECHA DE EMISION : 15/10/2011



## **ANEXO 10**

### **MAPA DE UBICACIÓN DE LAS SECCIONES DE ESTABILIDAD**

## UBICACIÓN DE LAS SECCIONES DE ESTABILIDAD



### LEYENDA

|   |  |
|---|--|
| <b>CURVAS MAYORES</b>                         |  |
| <b>CURVAS MENORES</b>                         |  |
| <b>AUTOPISTA</b>                              |  |
| <b>PROGRESIVA</b>                             |  |
| <b>GRIETA</b>                                 |  |
| <b>FALLA POR CORTE</b>                        |  |
| <b>SECCIONES PARA ANALISIS DE ESTABILIDAD</b> |  |



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

|   |                             |   |   |  |           |
|---|-----------------------------|---|---|--|-----------|
| <b>TESIS:</b><br>"ANÁLISIS DE RIESGO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO DE TALUD EN VÍA PRINCIPAL PANAMERICANA SUR TRAMO KM 171+330 AL KM 172+130, DISTRITO SAN VICENTE DE CAÑETE - LIMA 2023" |                             |   |   | <b>PLANO:</b><br>UBICACIÓN DE INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS                  |           |
| <b>DEPARTAMENTO:</b><br>LIMA  | <b>PROVINCIA:</b><br>CAÑETE | <b>DISTRITO:</b><br>SAN VICENTE DE CAÑETE | <b>PROGRESIVA:</b><br>KM169+775 - KM174+150 | <b>PROFESIONAL RESPONSABLE:</b><br>BACH. ELIZABETH P. HUILLCA PARI         | <b>05</b> |
| <b>ELABORADO POR:</b><br>ELIZABETH HUILLCA PARI   | <b>ESCALA:</b><br>1:6,000   | <b>FECHA:</b><br>ENERO 2024               | <b>ZONA:</b><br>18 S                        | <b>PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL:</b><br>INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO |           |

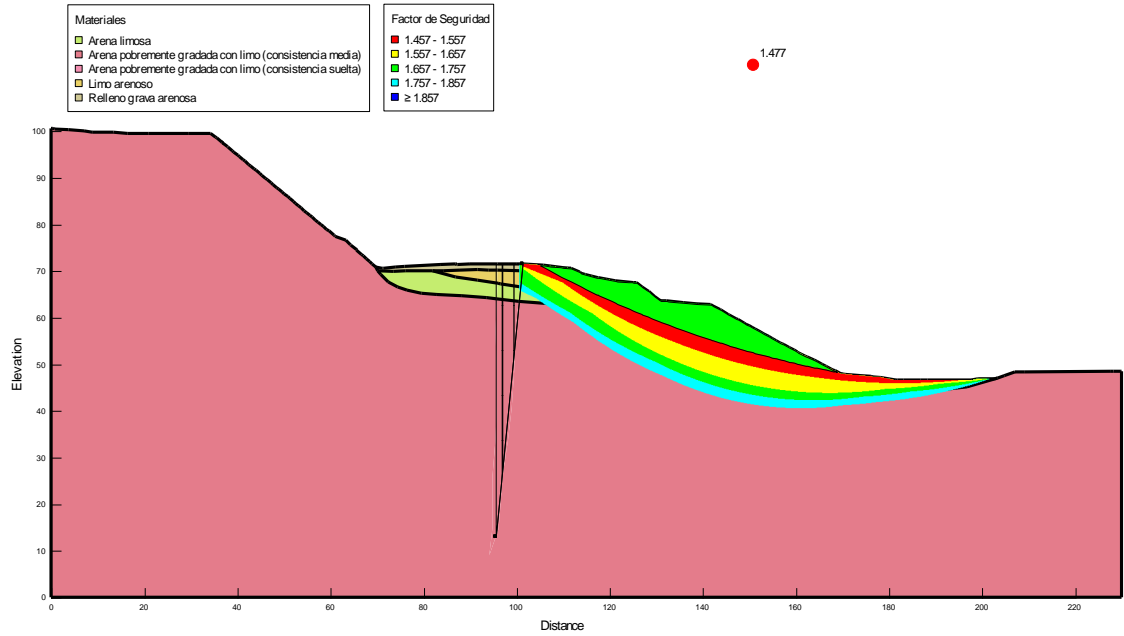
**ANEXO 11**  
**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD**

ANÁLISIS ESTÁTICO

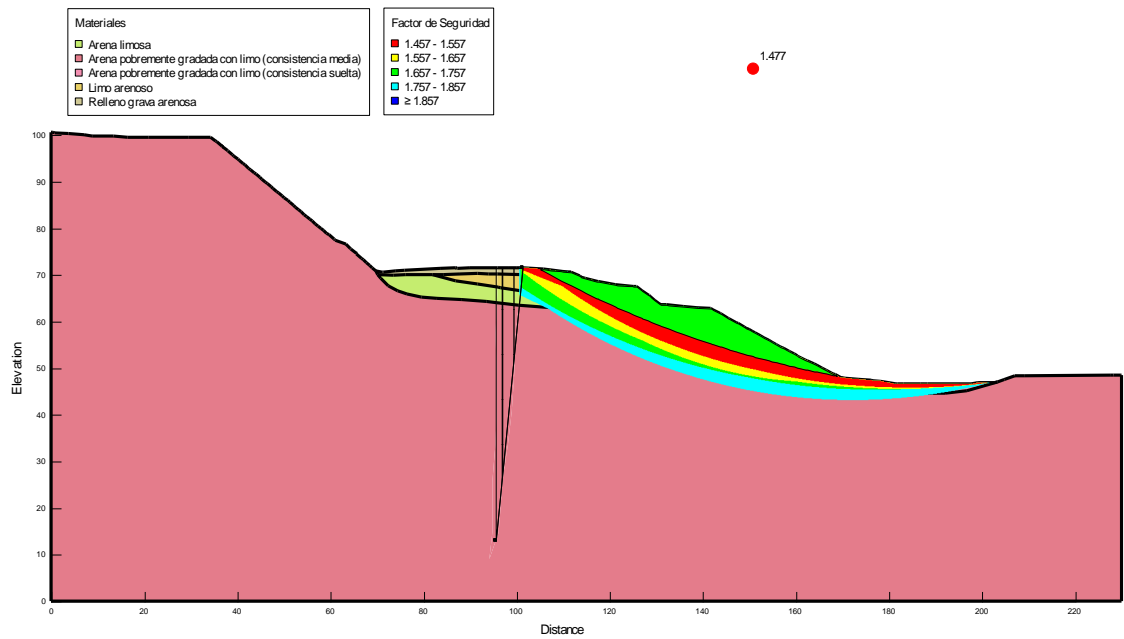
TALUD DE LA VÍA

## Progresiva Km 171+355

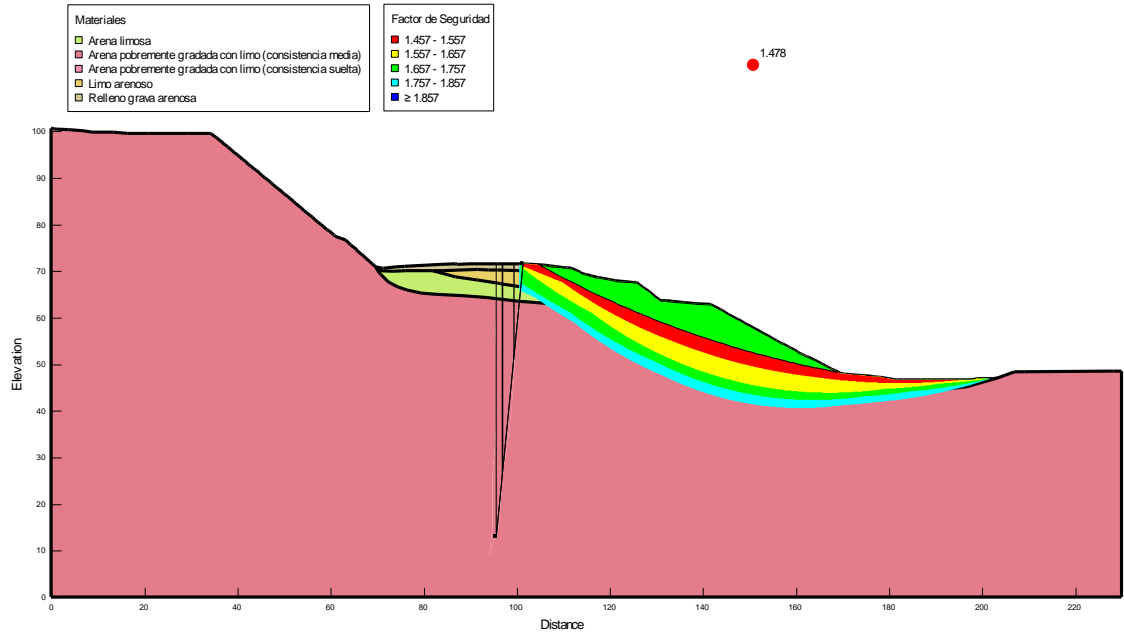
Método: Bishop



Método: Janbu Generalizado

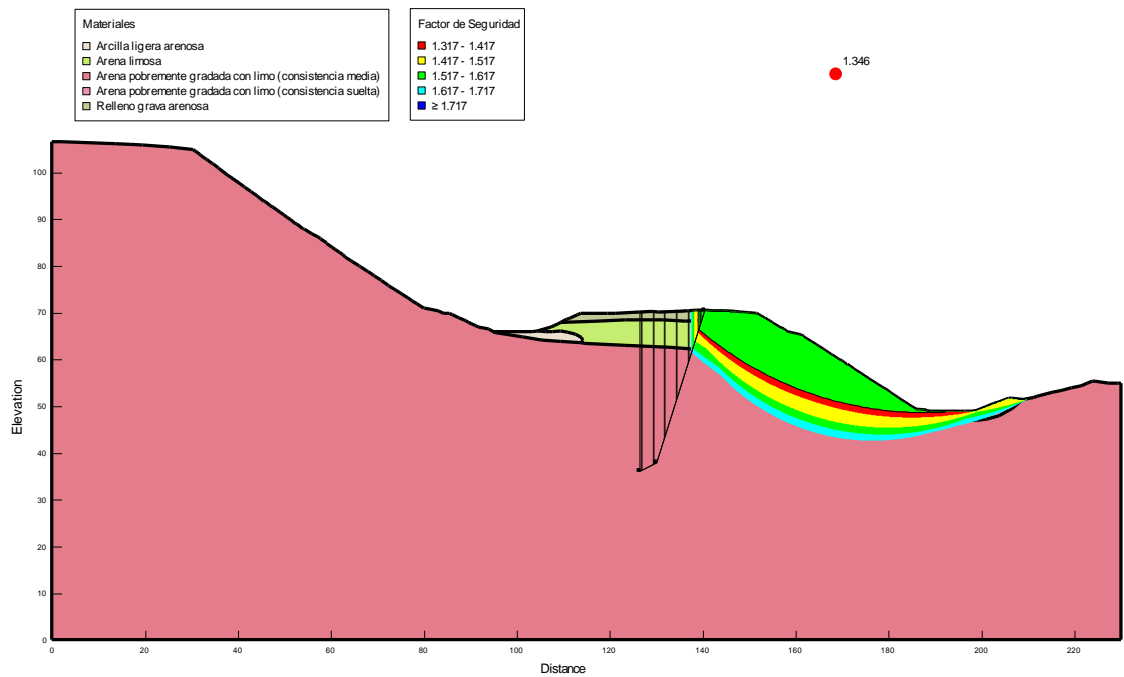


## Método: Spencer

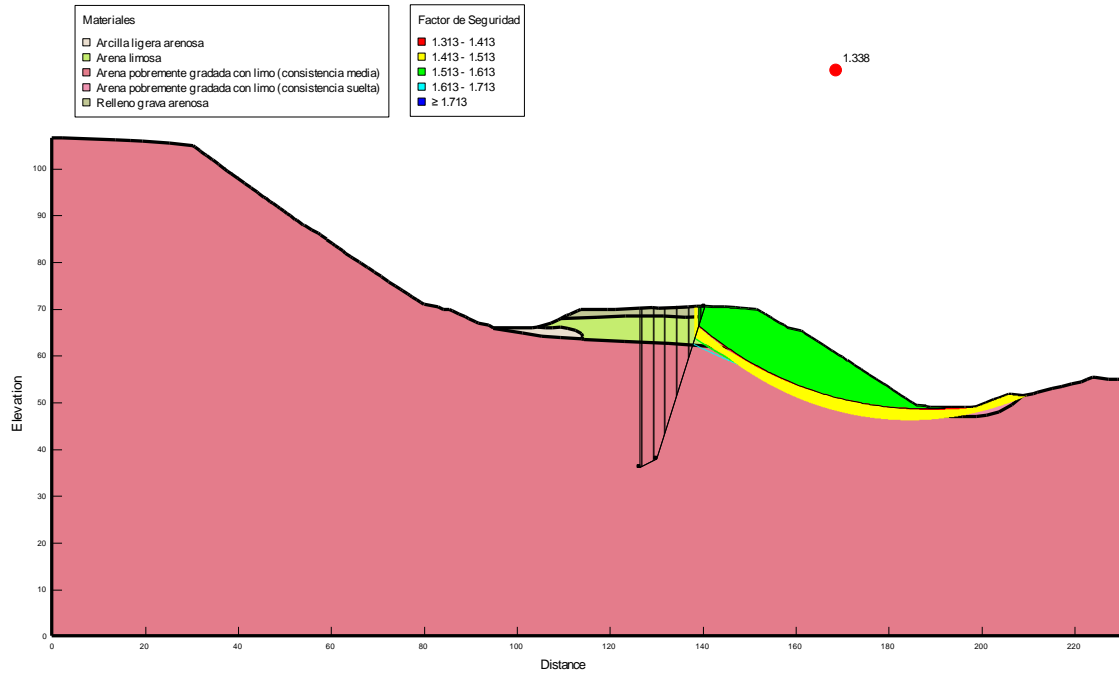


## Progresiva Km 171+450

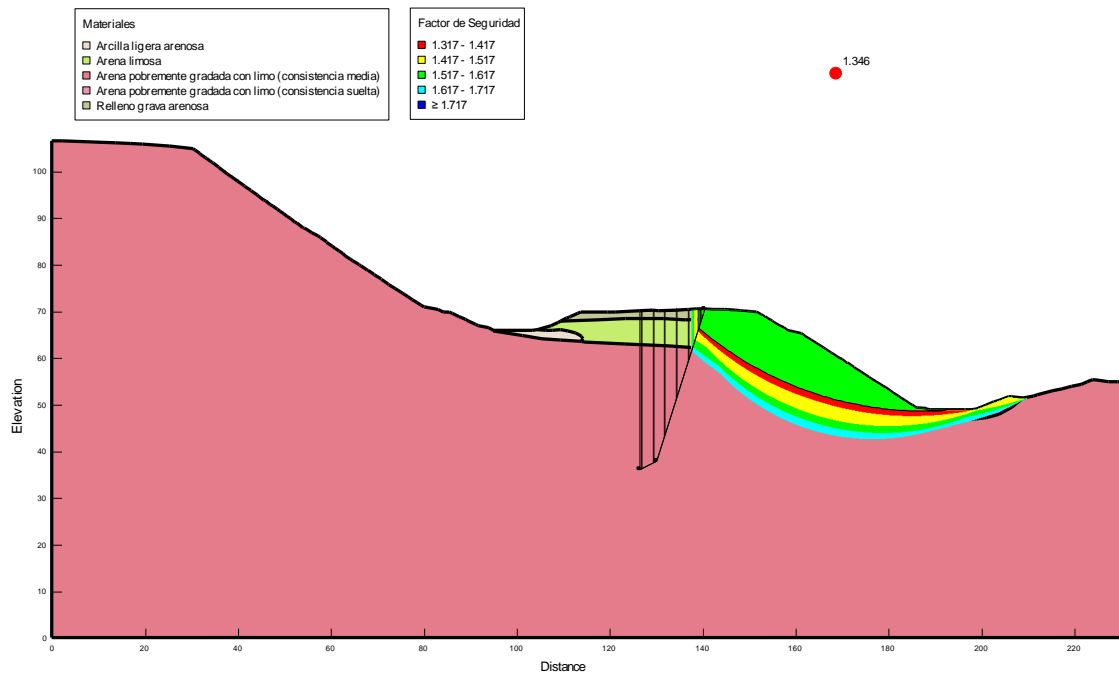
## Método: Bishop



## Método: Janbu Generalizado

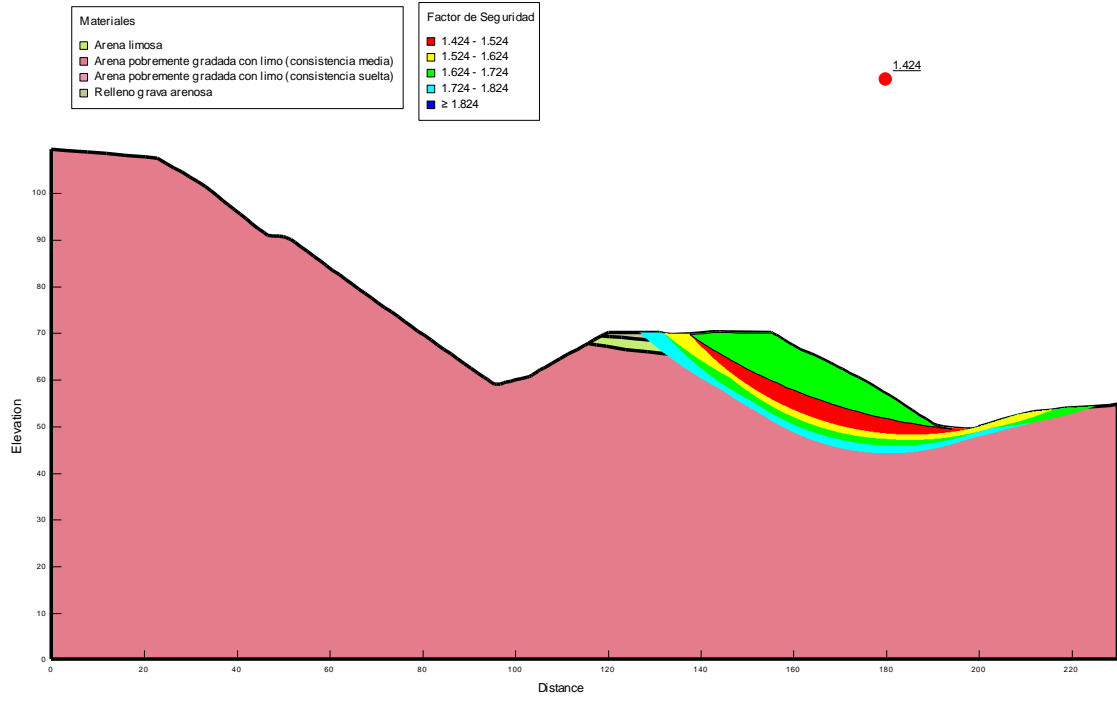


## Método: Spencer

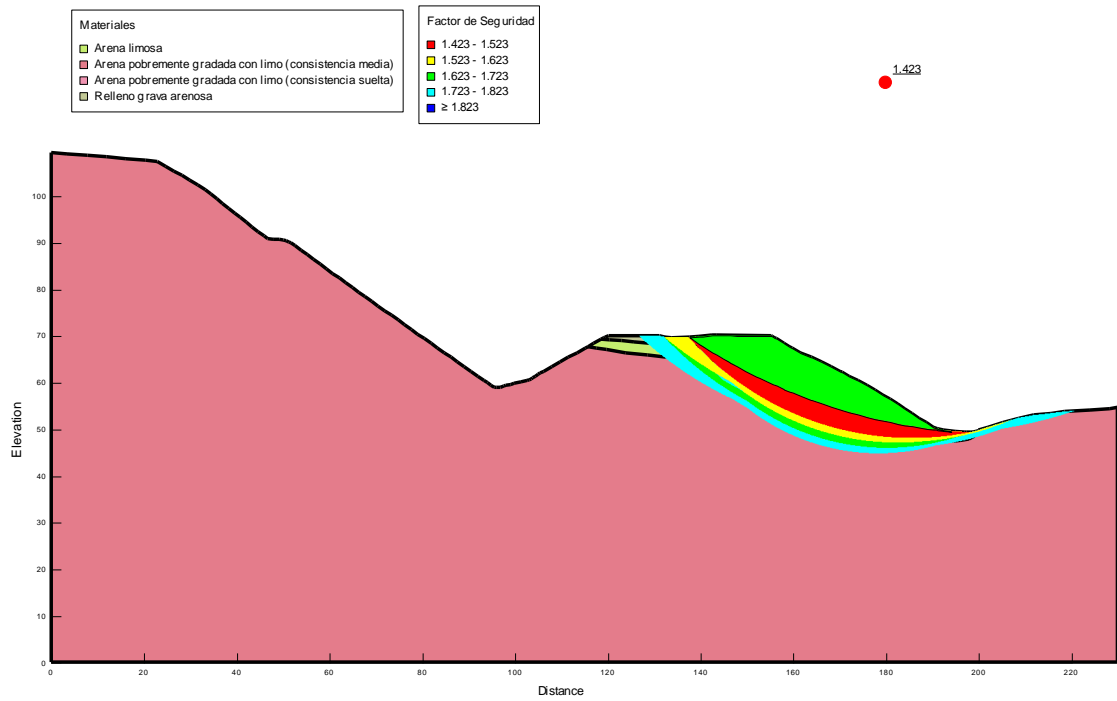


## Progresiva Km 171+550

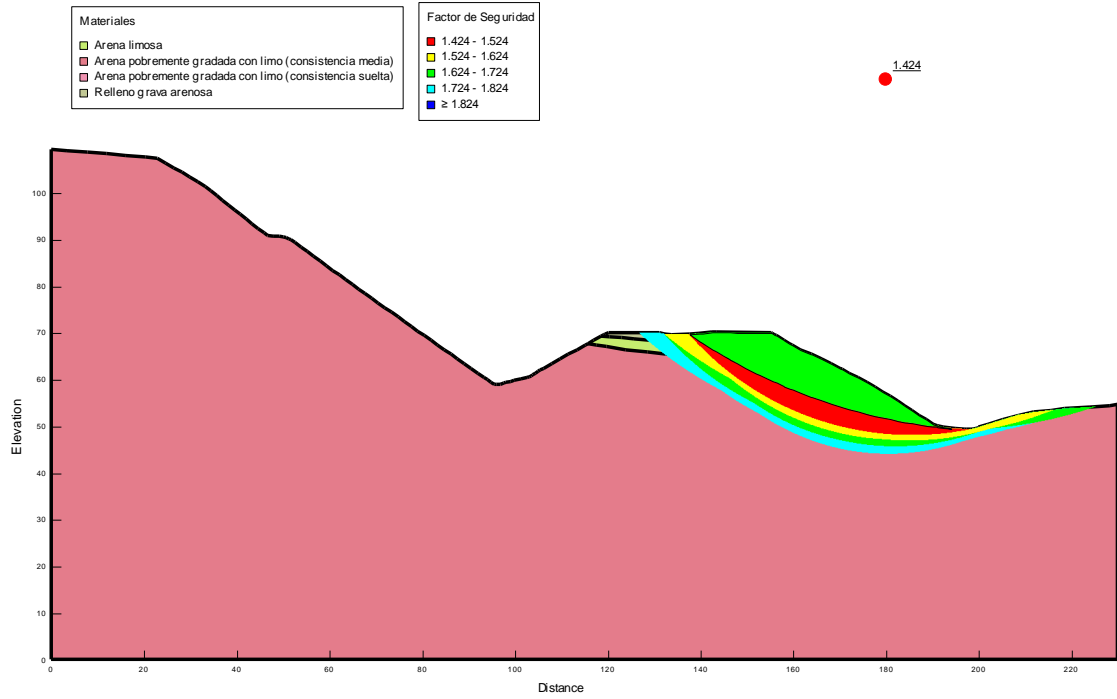
Método: Bishop



Método: Janbu Generalizado

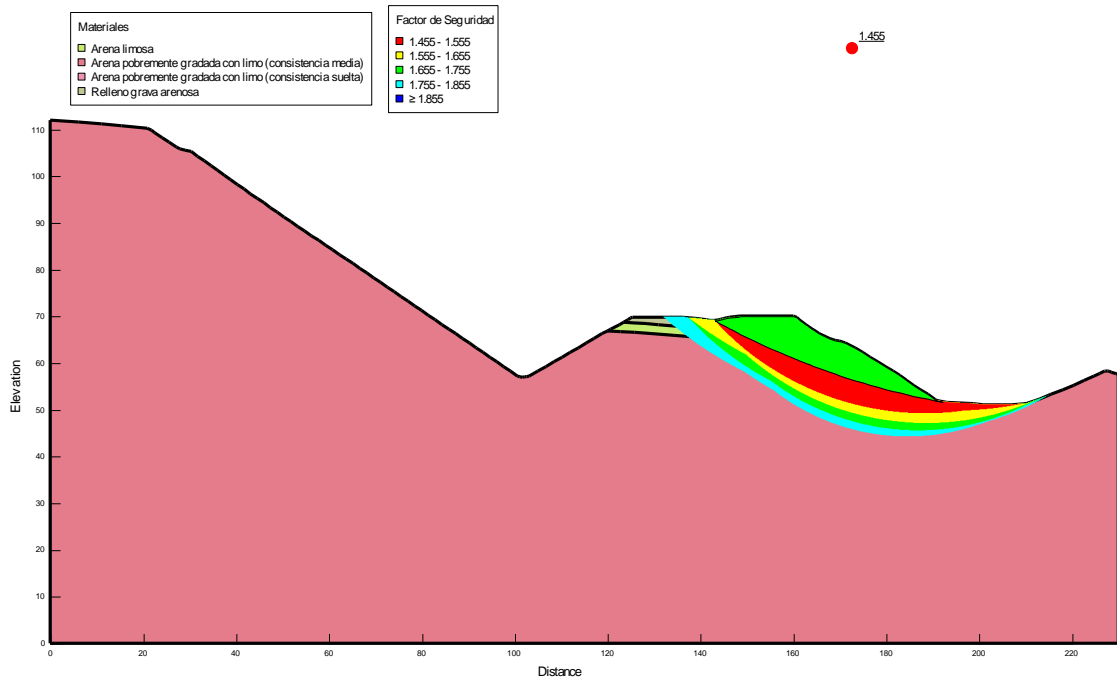


## Método: Spencer

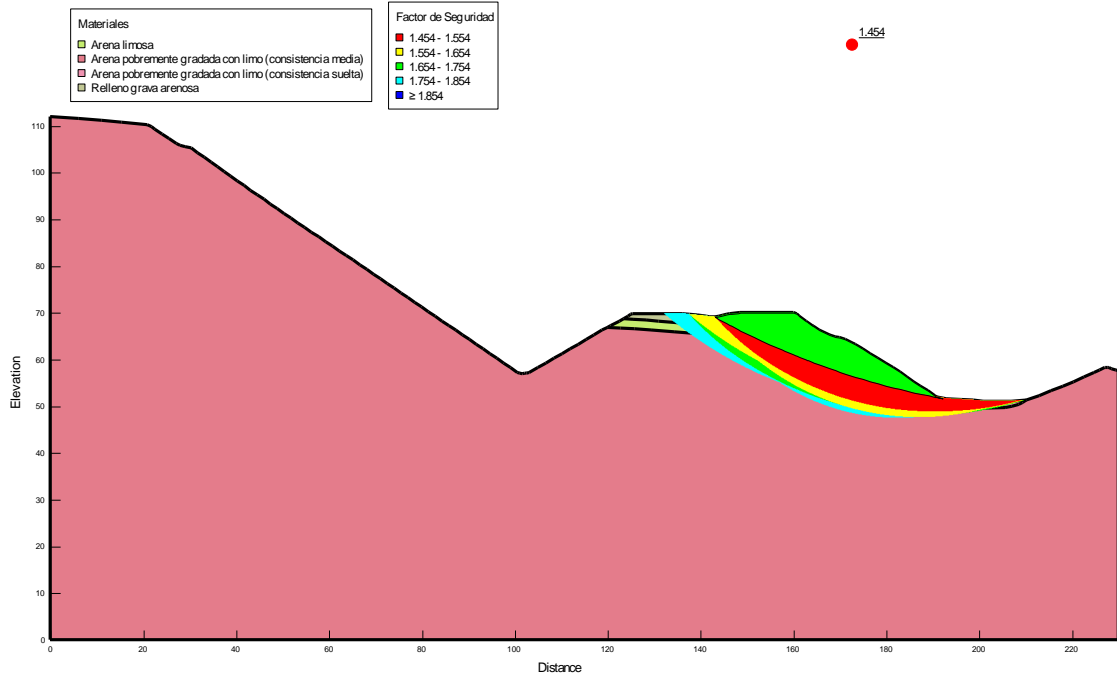


### Progresiva Km 171+650

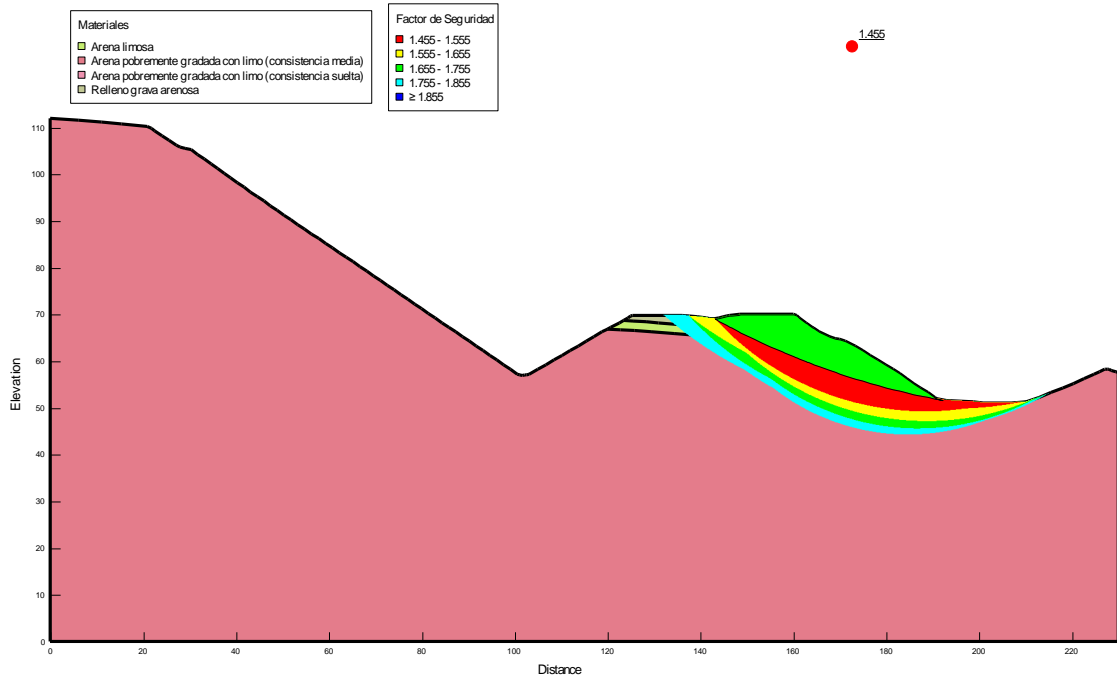
## Método: Bishop



## Método: Janbu Generalizado

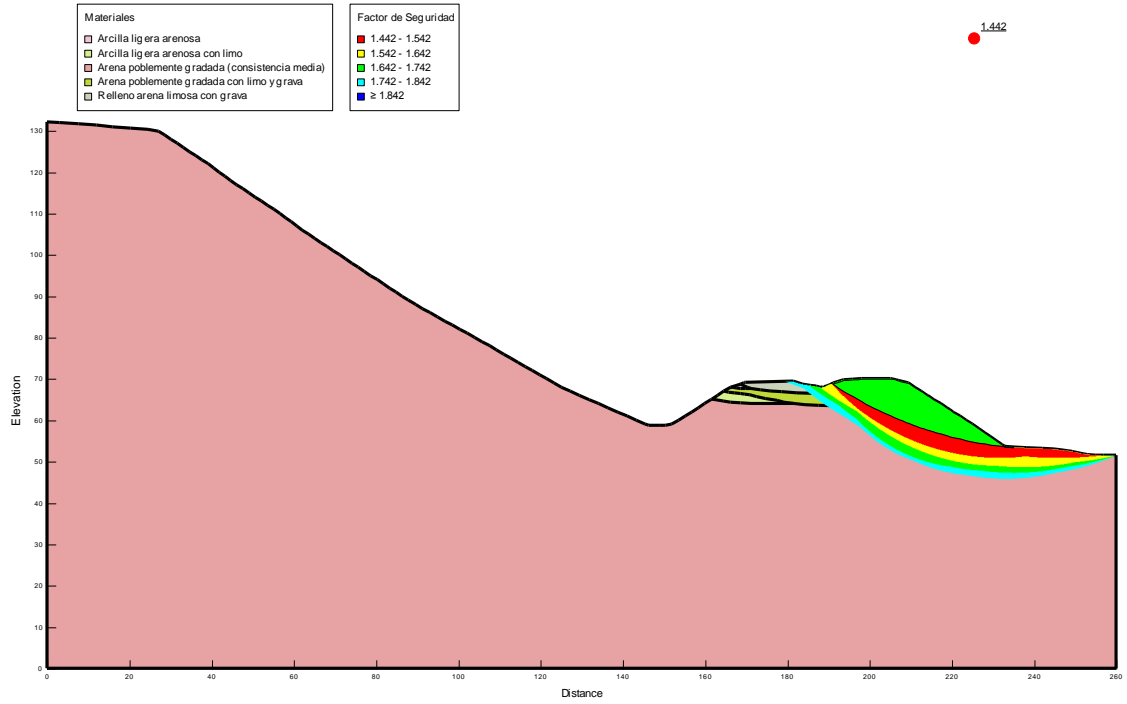


## Método: Spencer

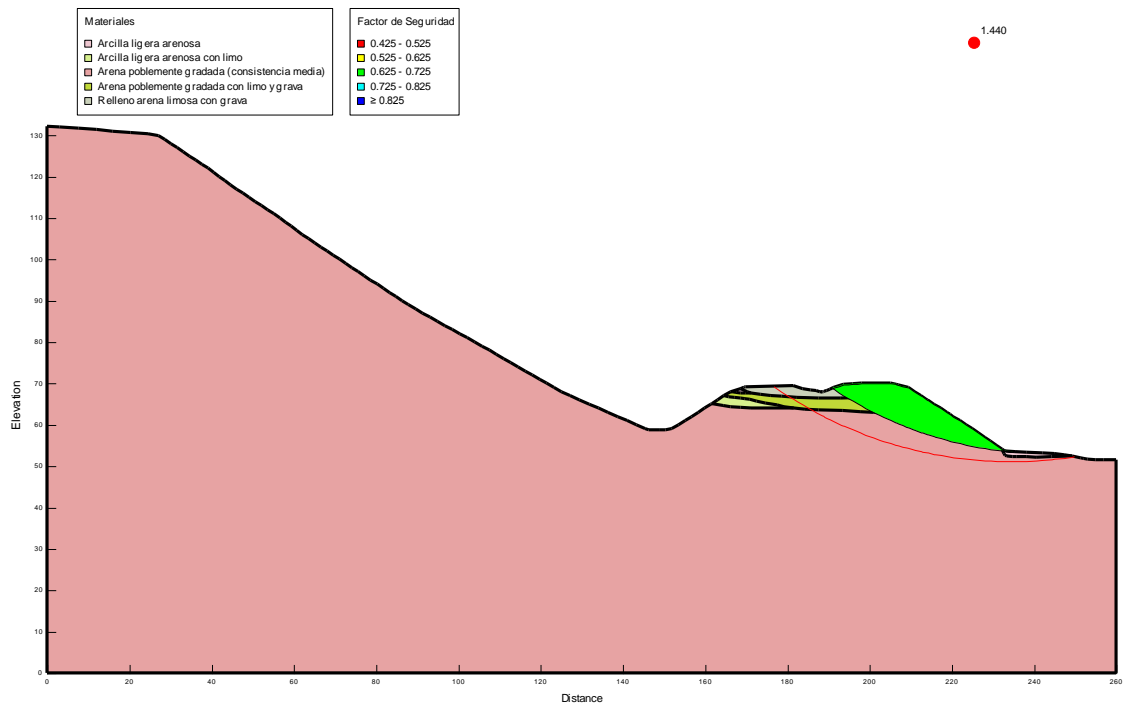


# Progresiva Km 171+980

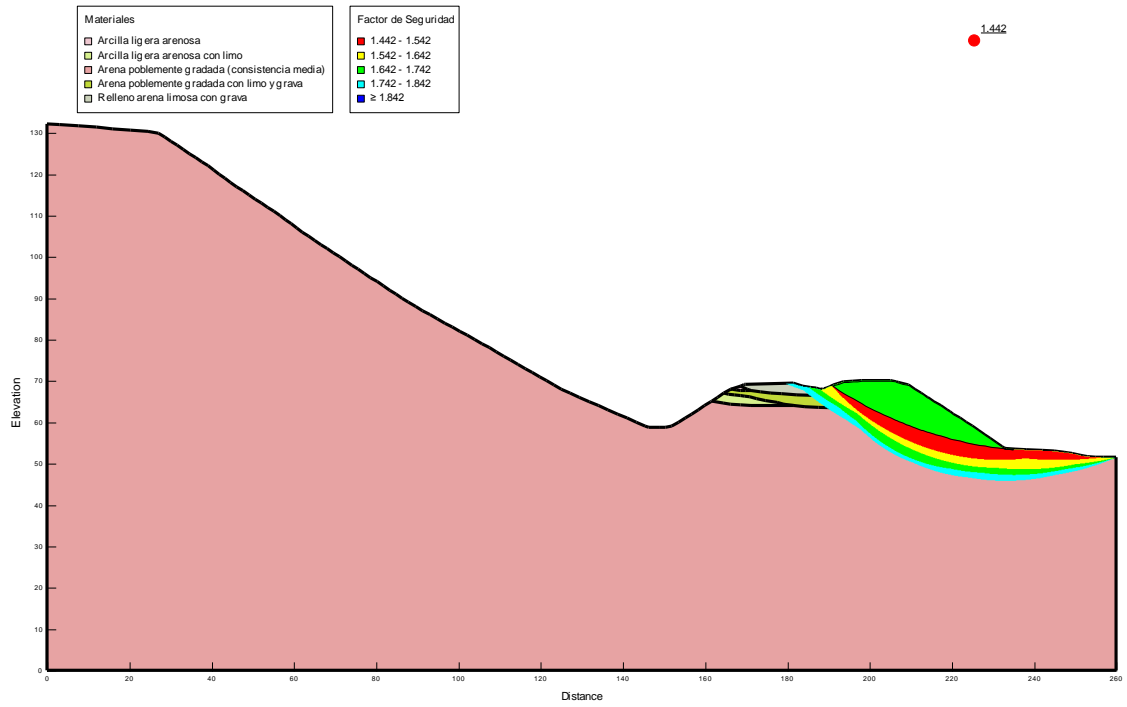
Método: Bishop



Método: Janbu Generalizado

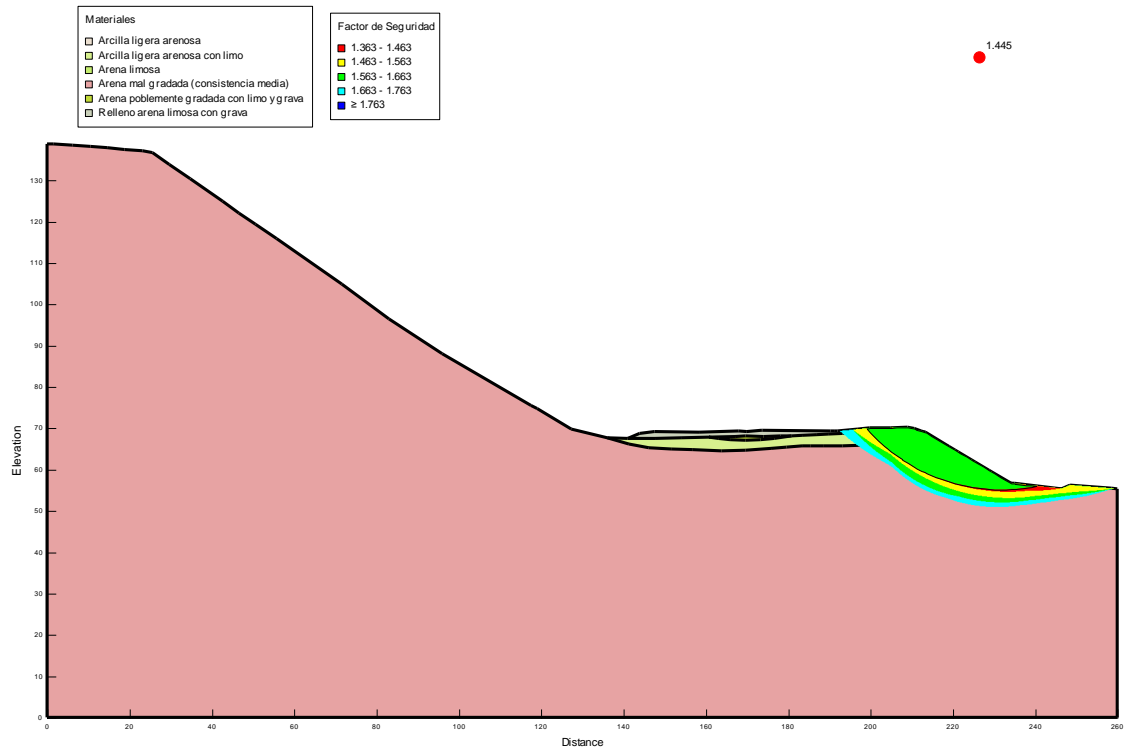


## Método: Spencer

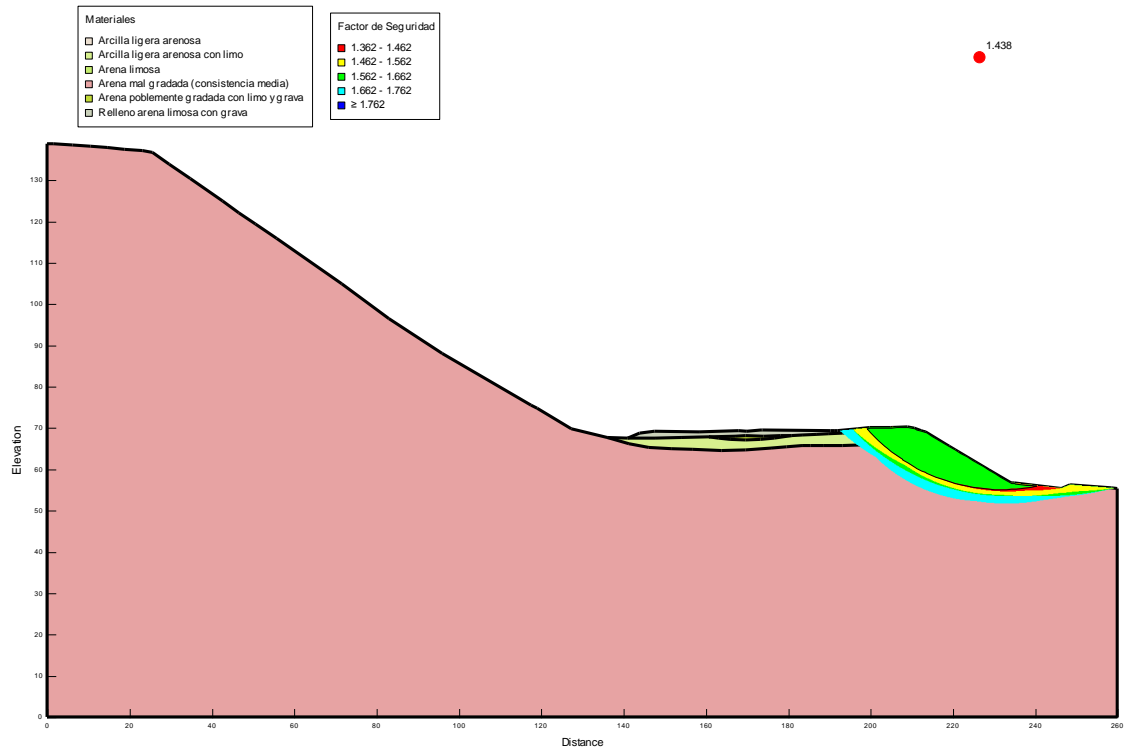


## Progresiva Km 172+080

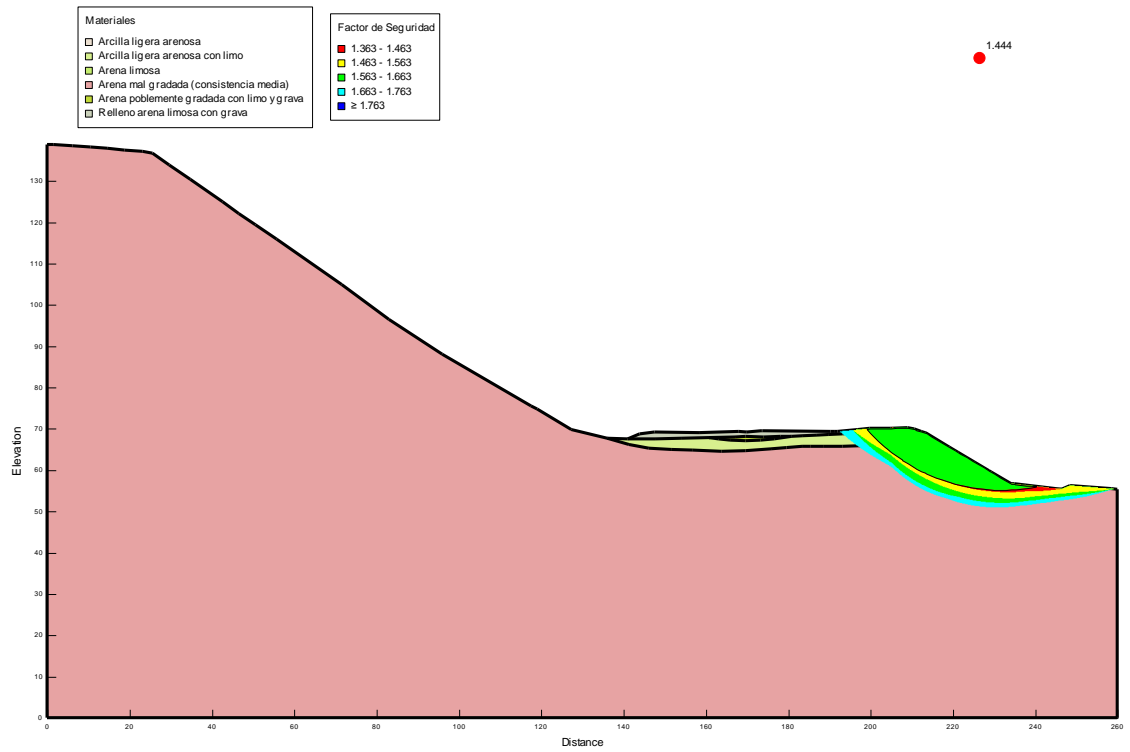
## Método: Bishop



## Método: Janbu Generalizado



## Método: Spencer

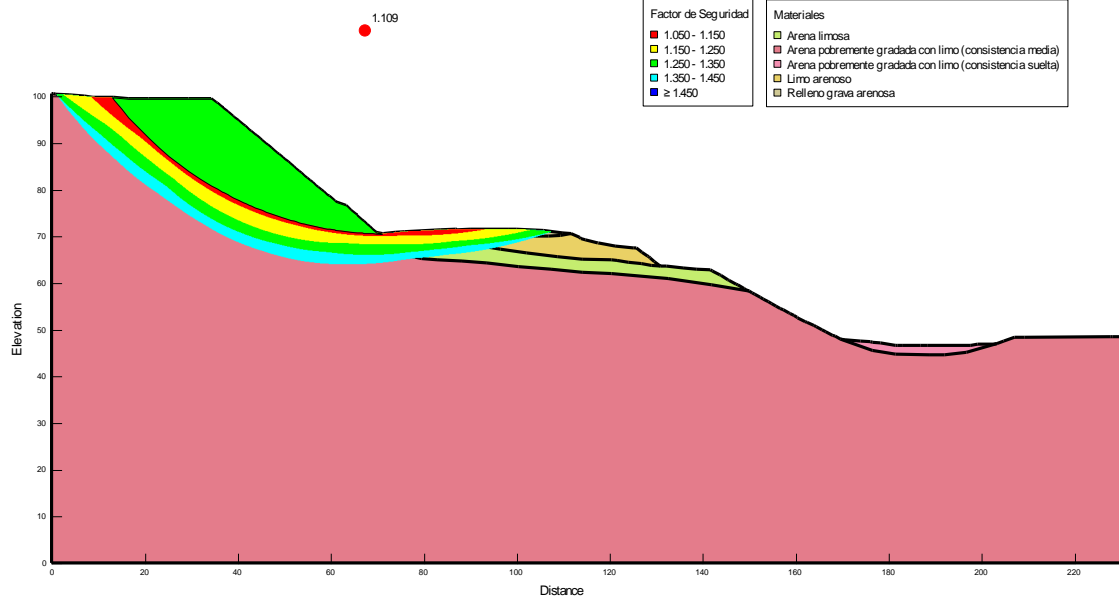


ANÁLISIS ESTÁTICO

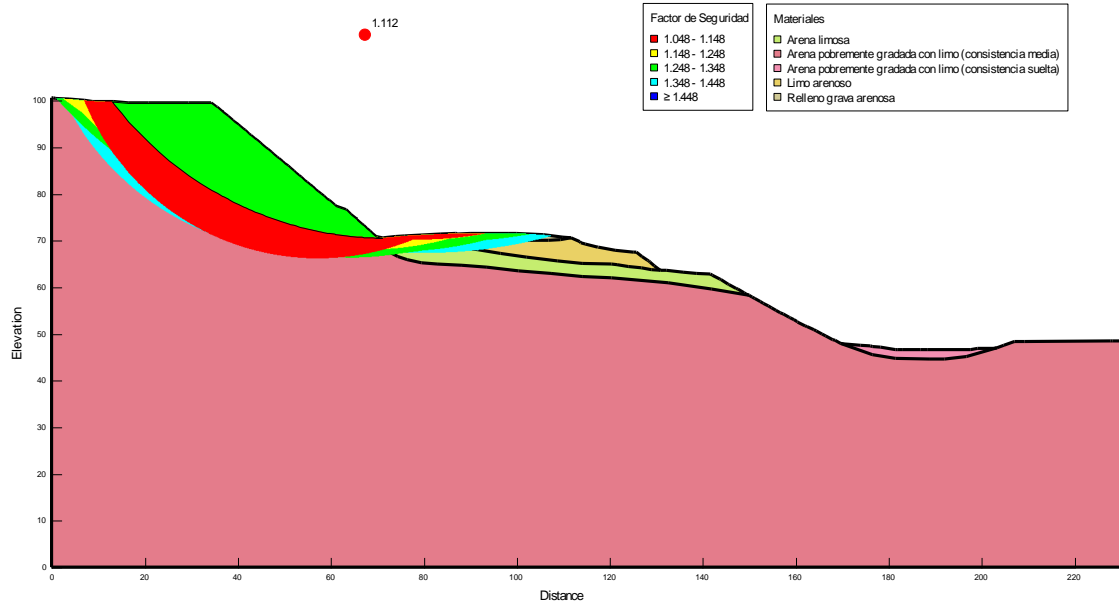
TALUD SUPERIOR

## Progresiva Km 171+355

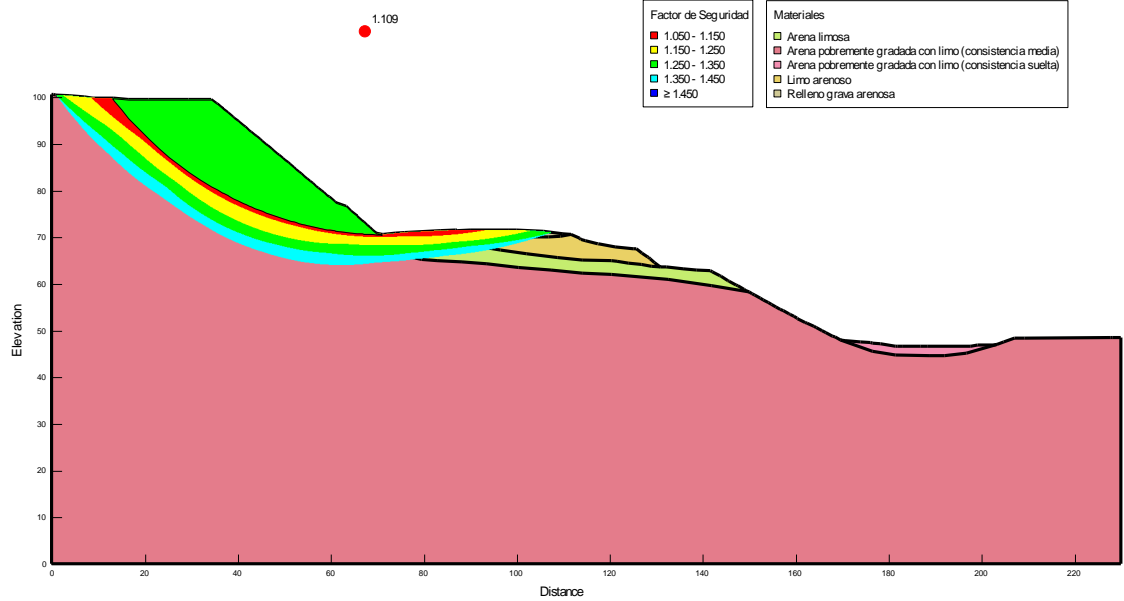
Método: Bishop



Método: Janbu Generalizado

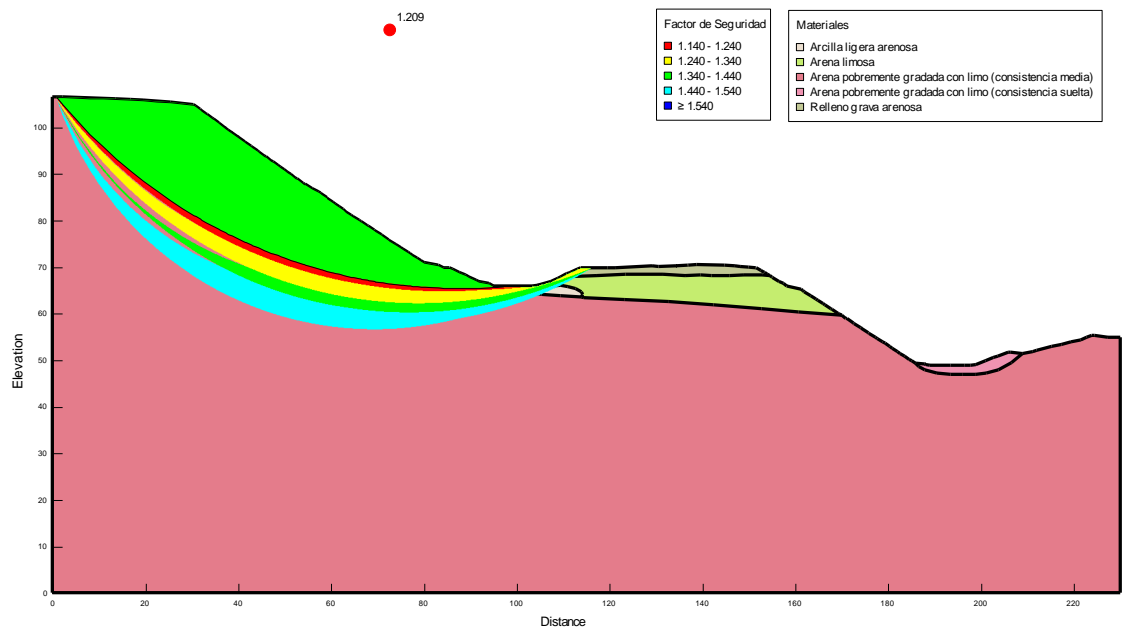


## Método: Spencer

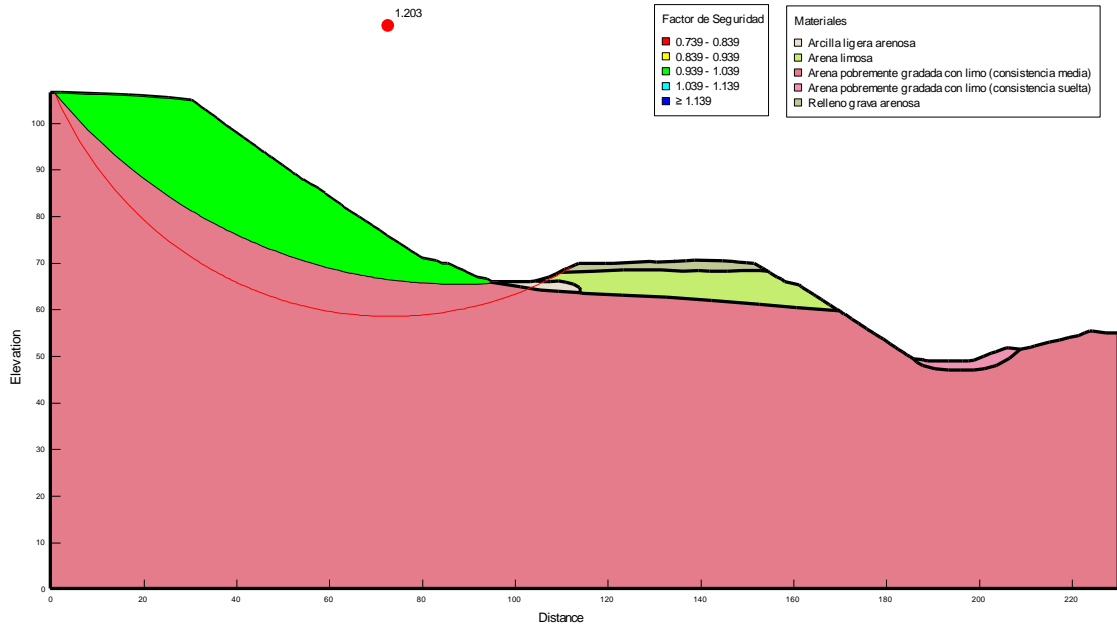


## Progresiva Km 171+450

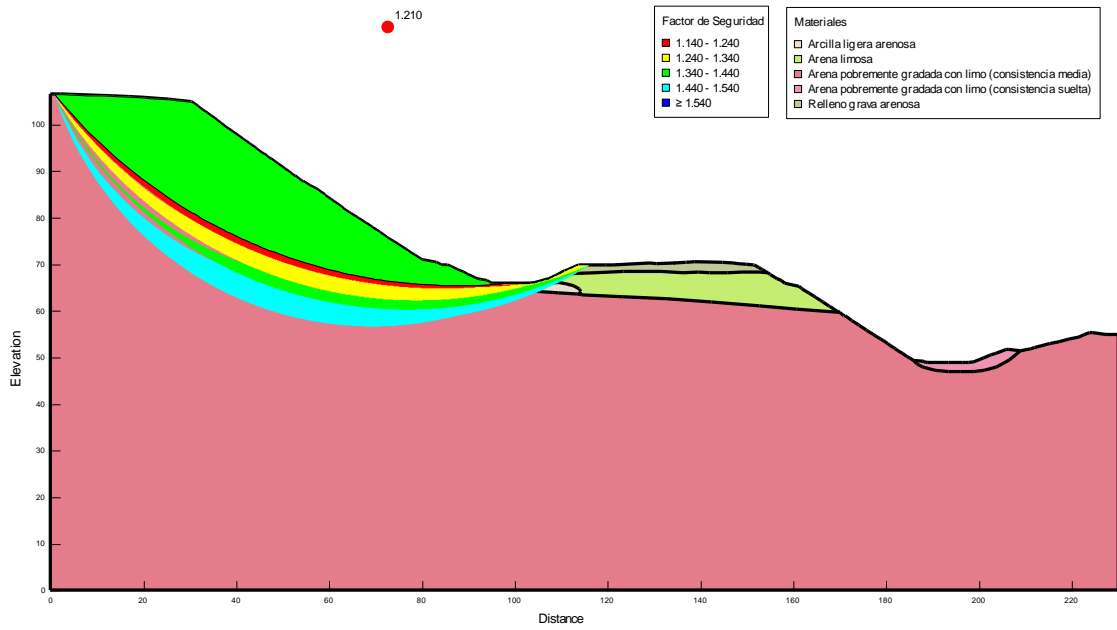
## Método: Bishop



### Método: Janbu Generalizado

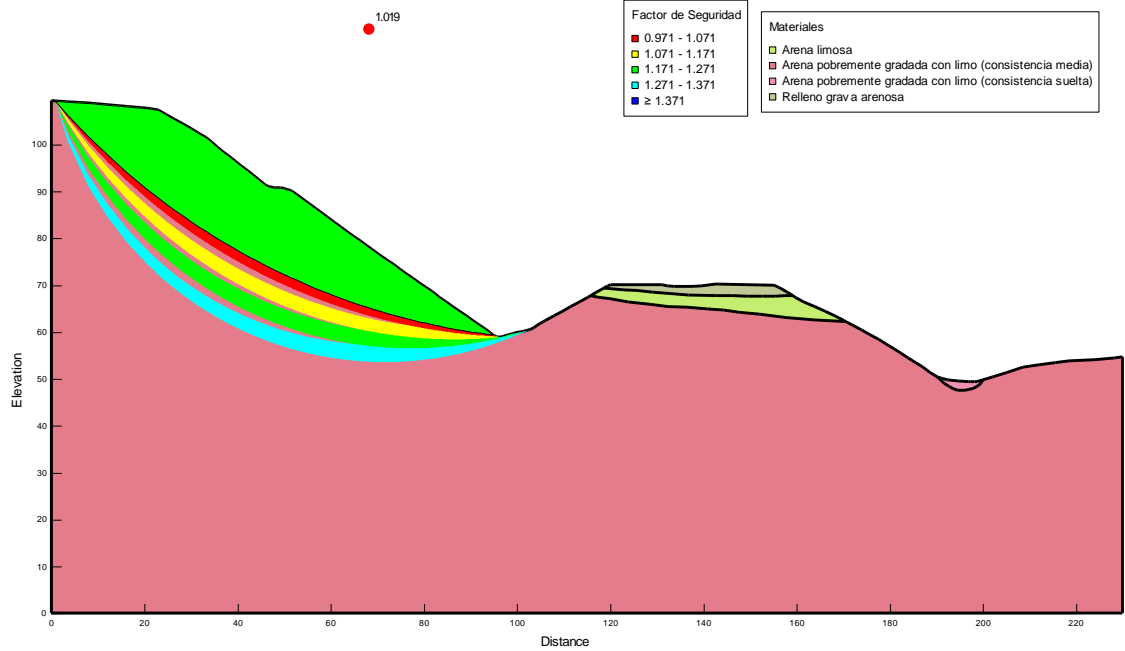


### Método: Spencer

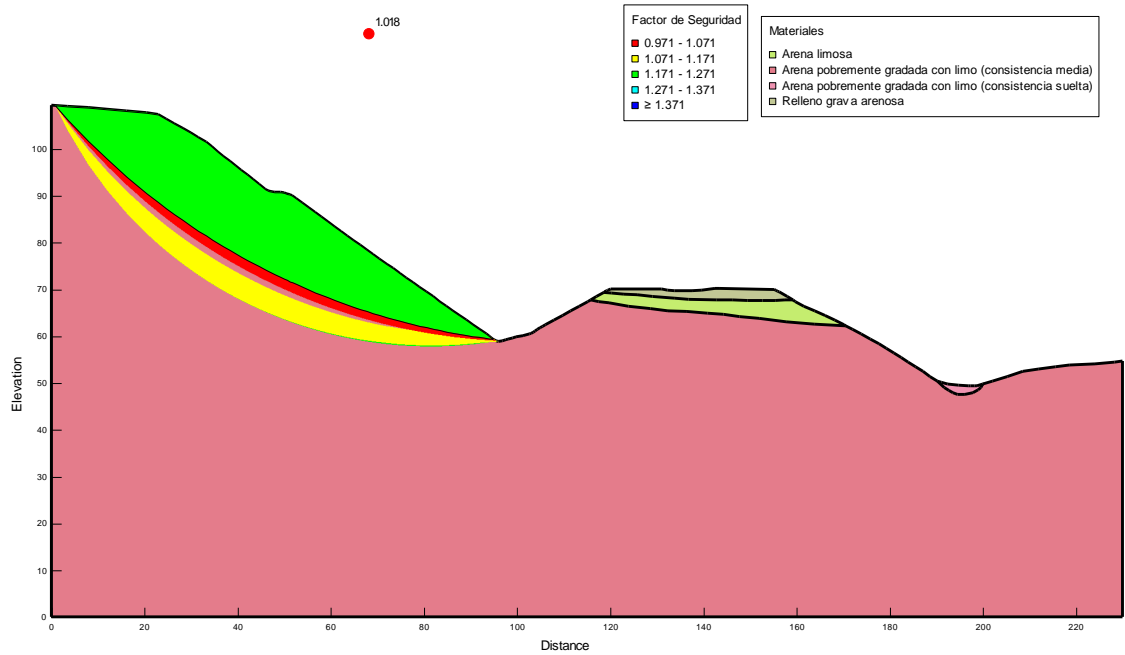


## Progresiva Km 171+550

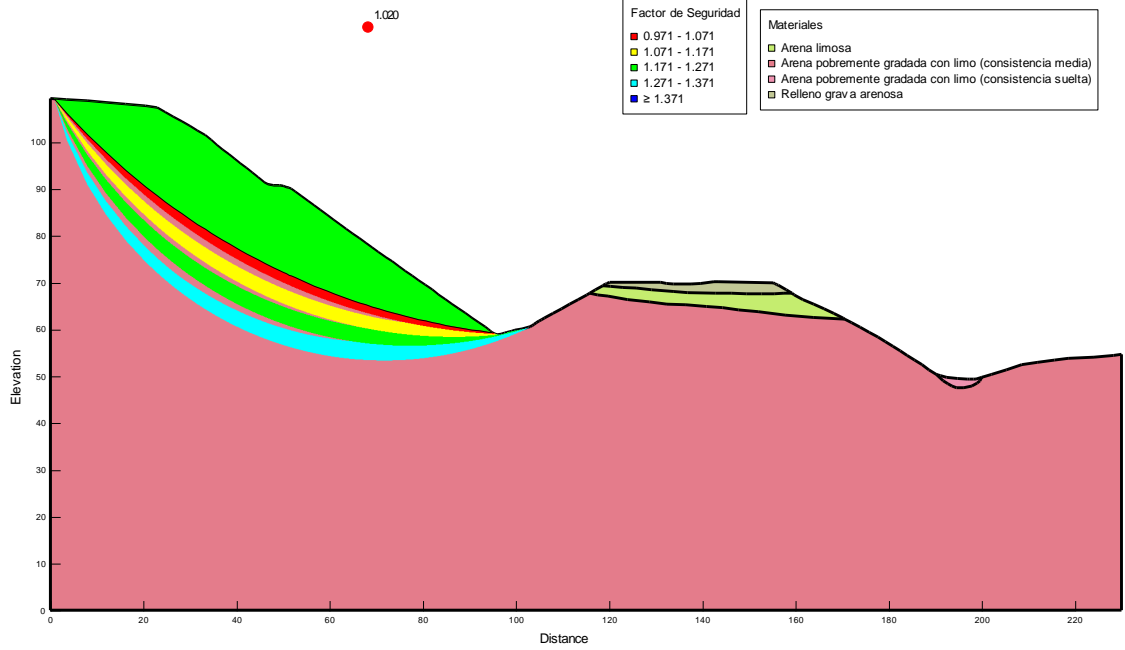
Método: Bishop



Método: Janbu Generalizado

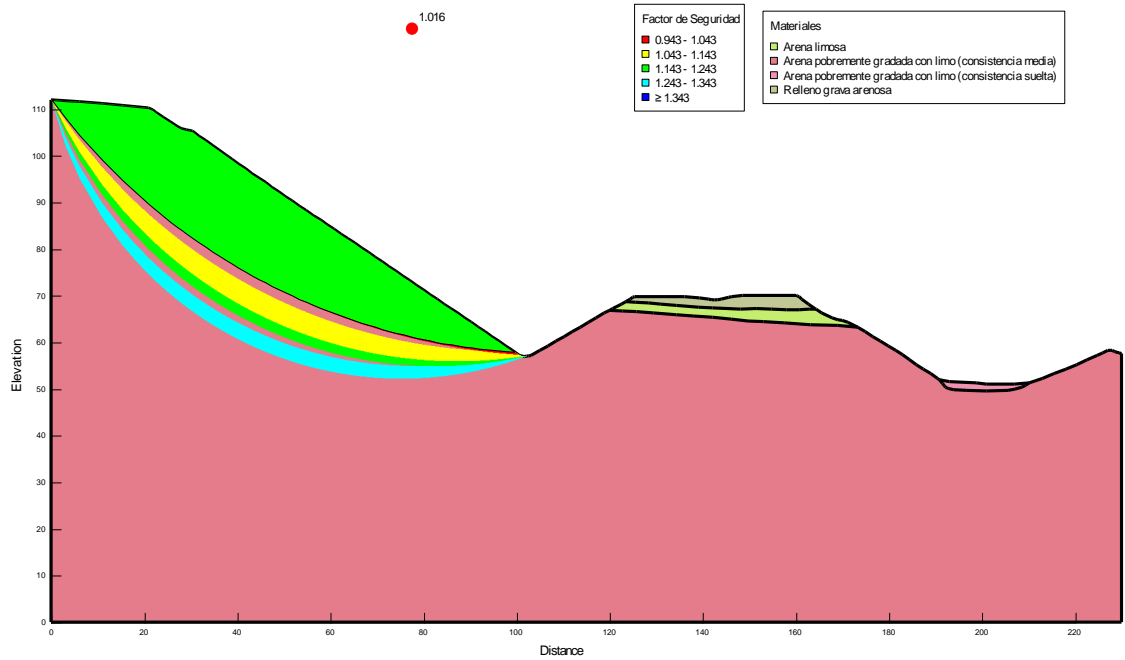


## Método: Spencer

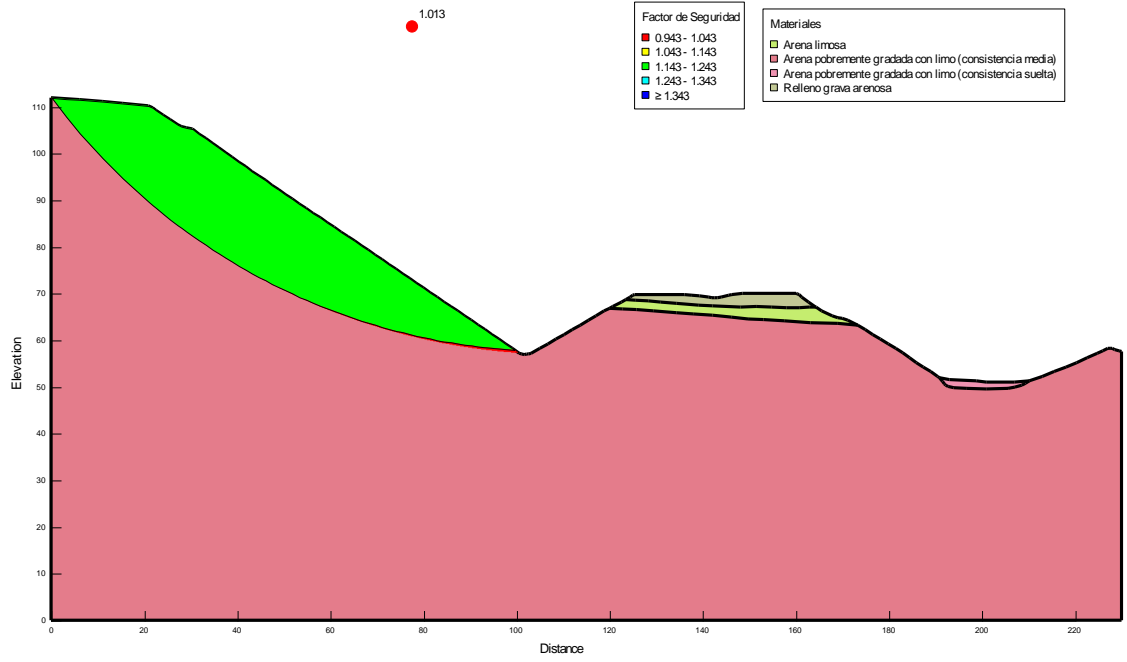


## Progresiva Km 171+650

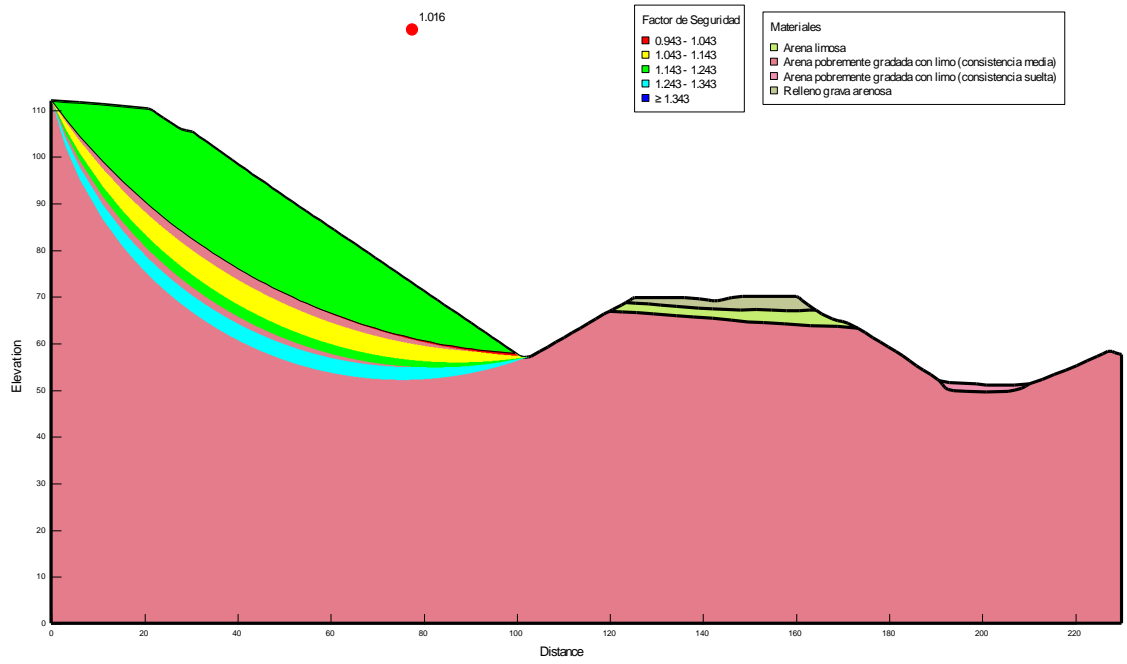
## Método: Bishop



### Método: Janbu Generalizado

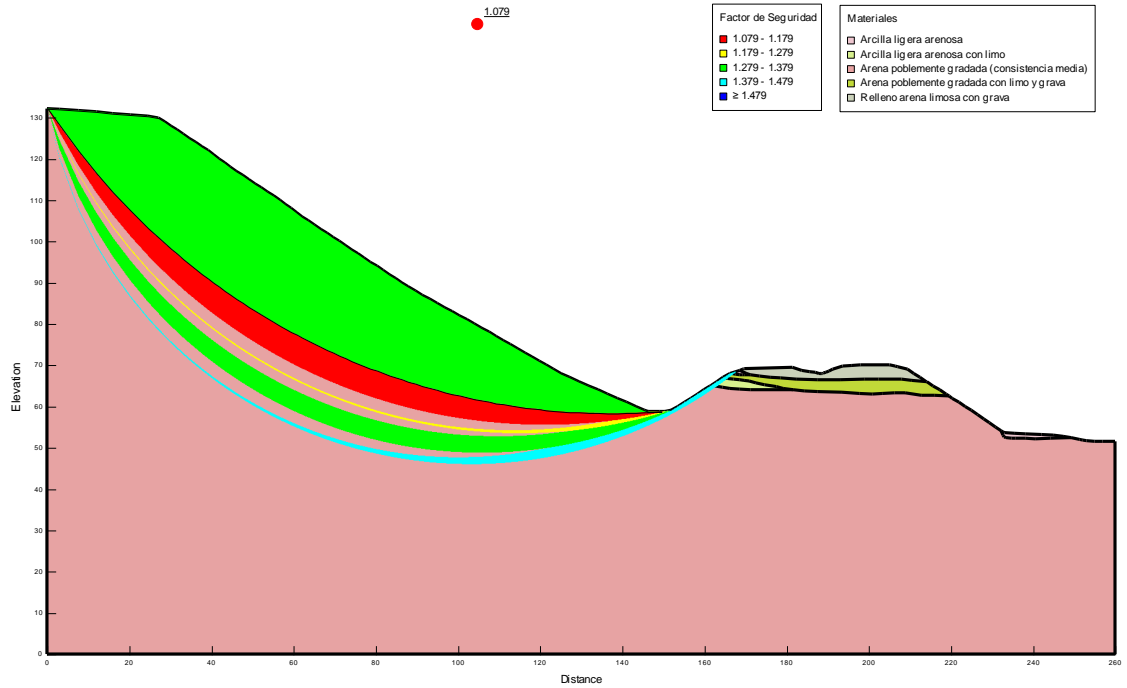


### Método: Spencer

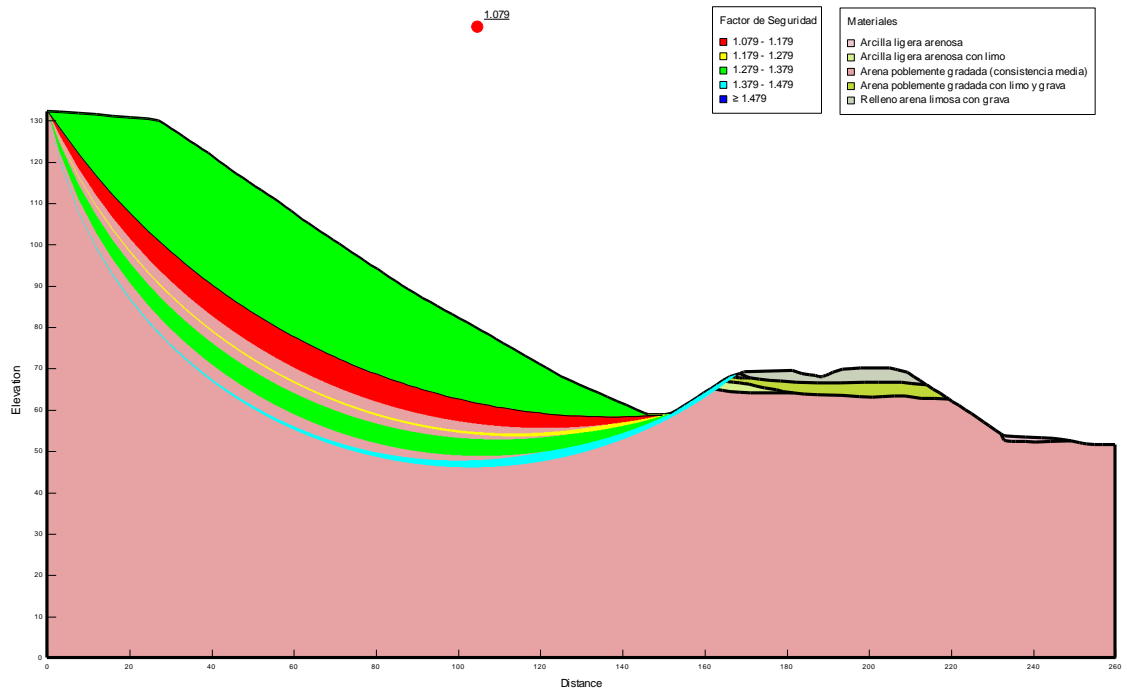


## Progresiva Km 171+980

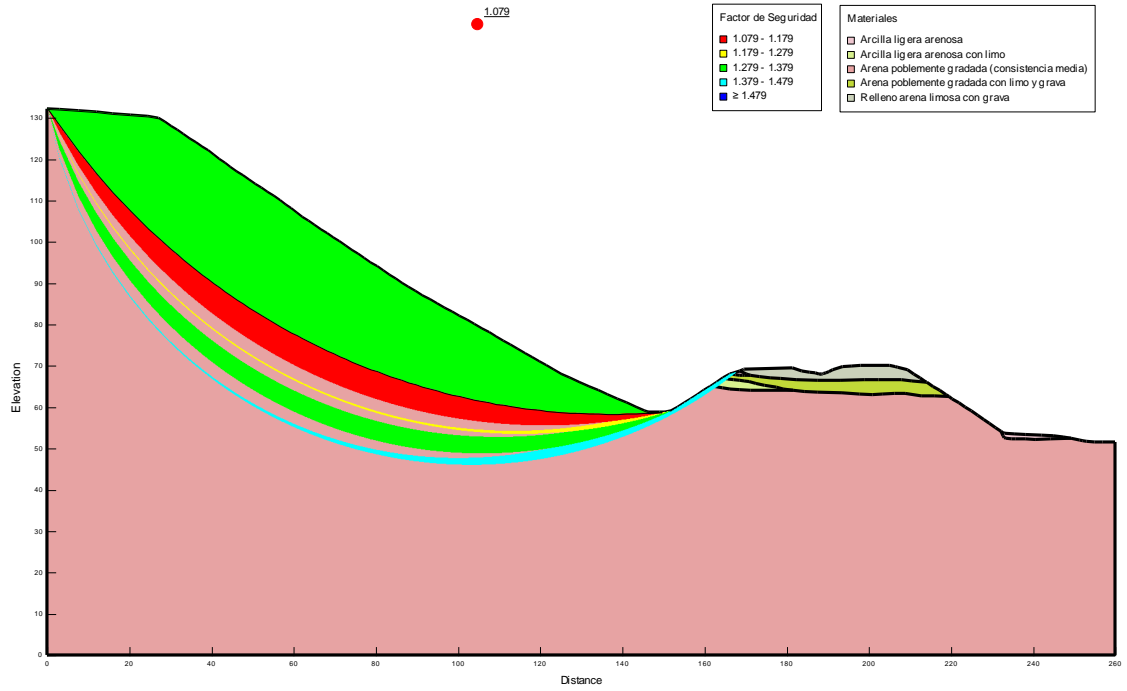
Método: Bishop



Método: Janbu Generalizado

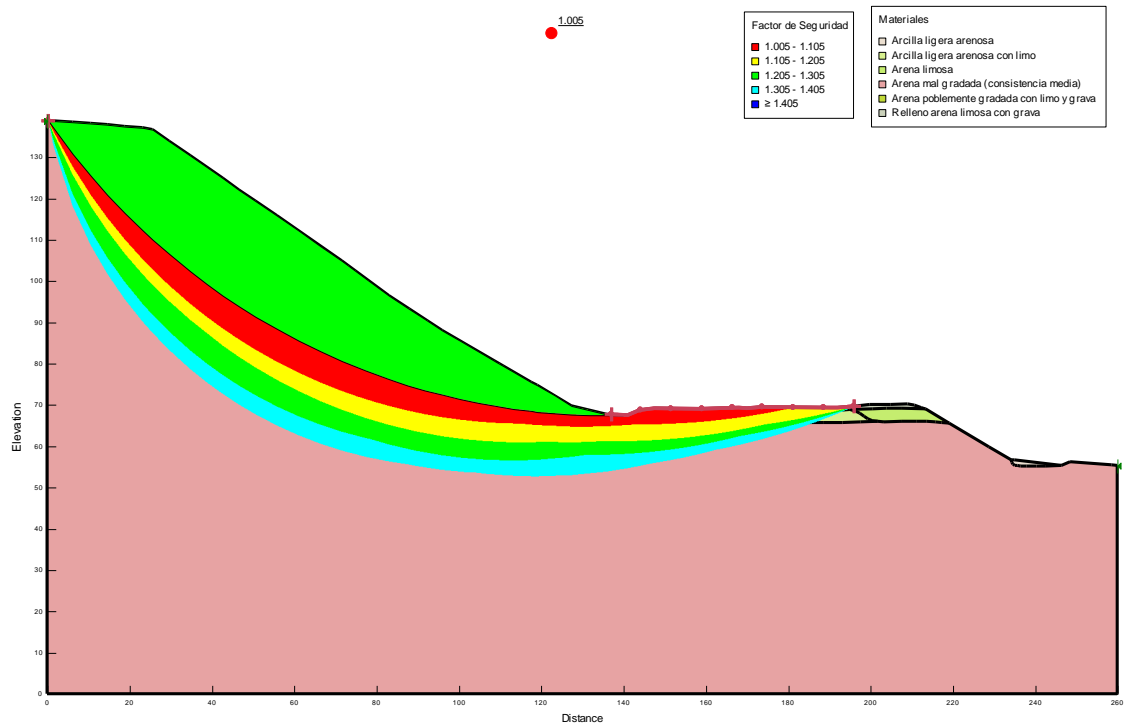


## Método: Spencer

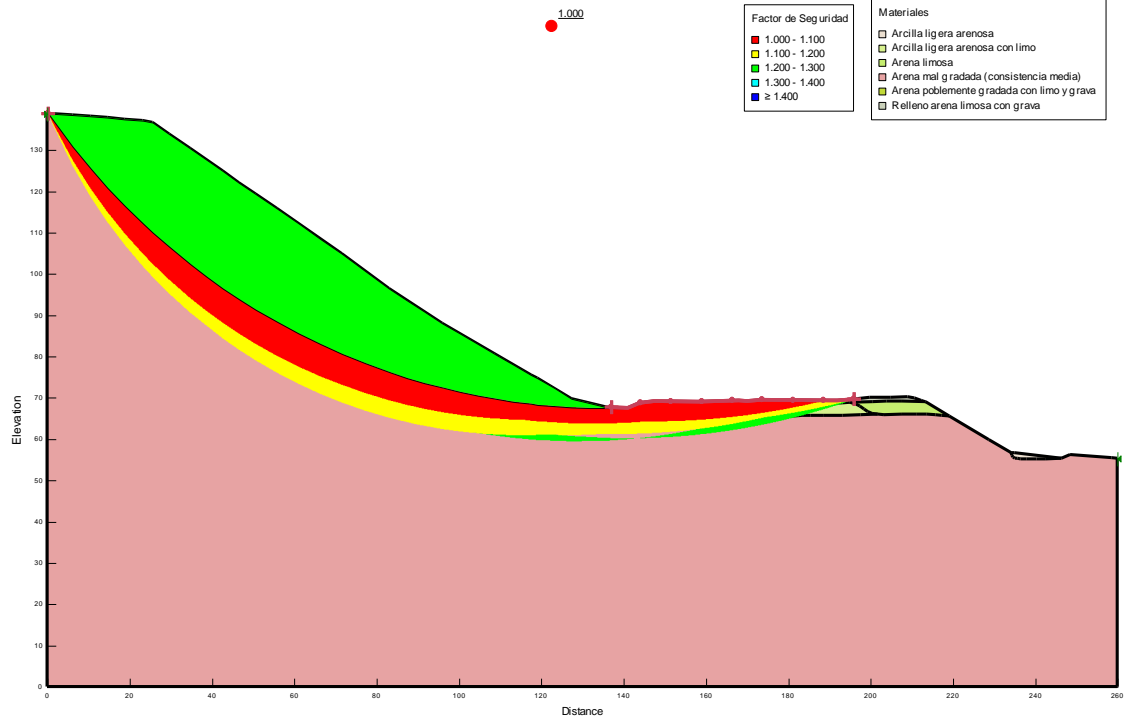


## Progresiva Km 172+080

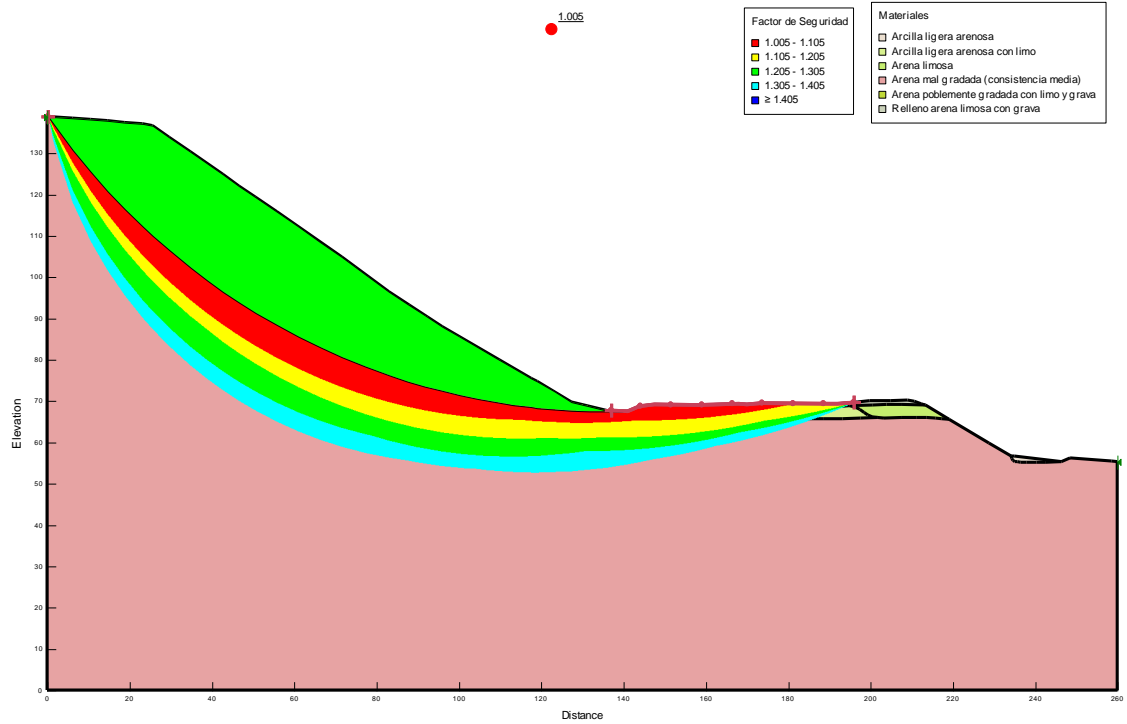
## Método: Bishop



## Método: Janbu Generalizado



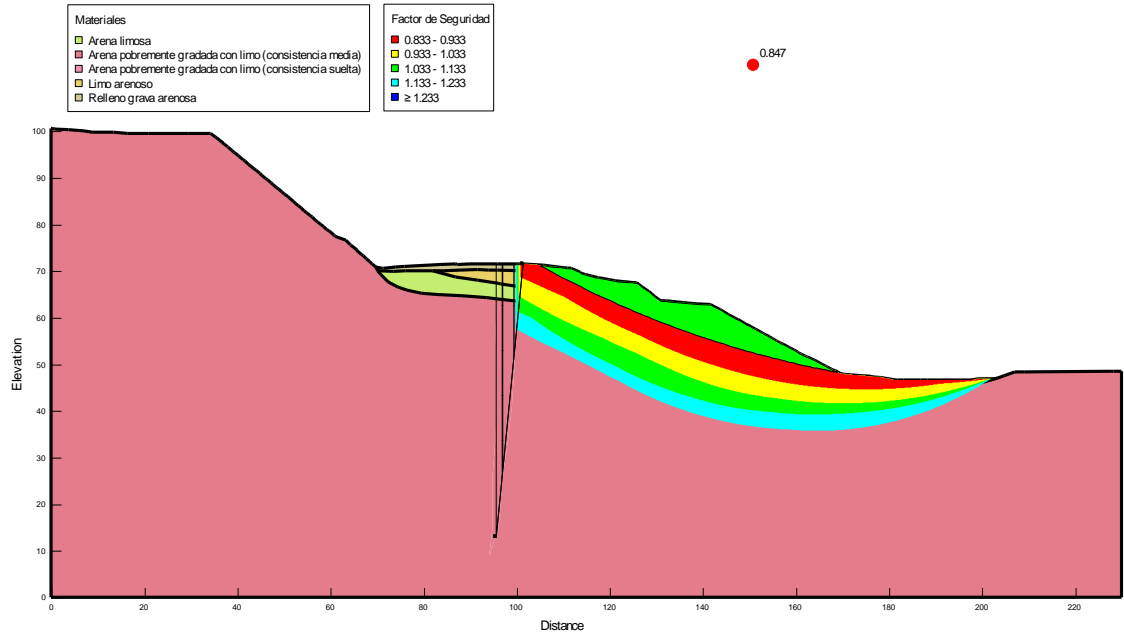
## Método: Spencer



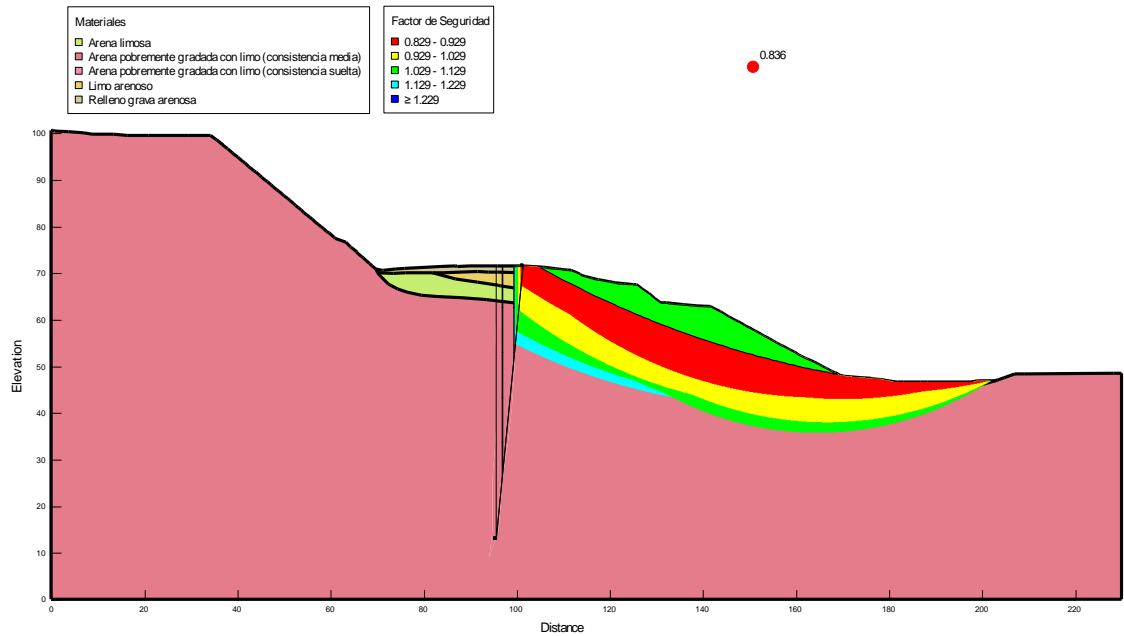
ANÁLISIS PSEUDOESTÁTICO  
TALUD DE LA VÍA

## Progresiva Km 171+355

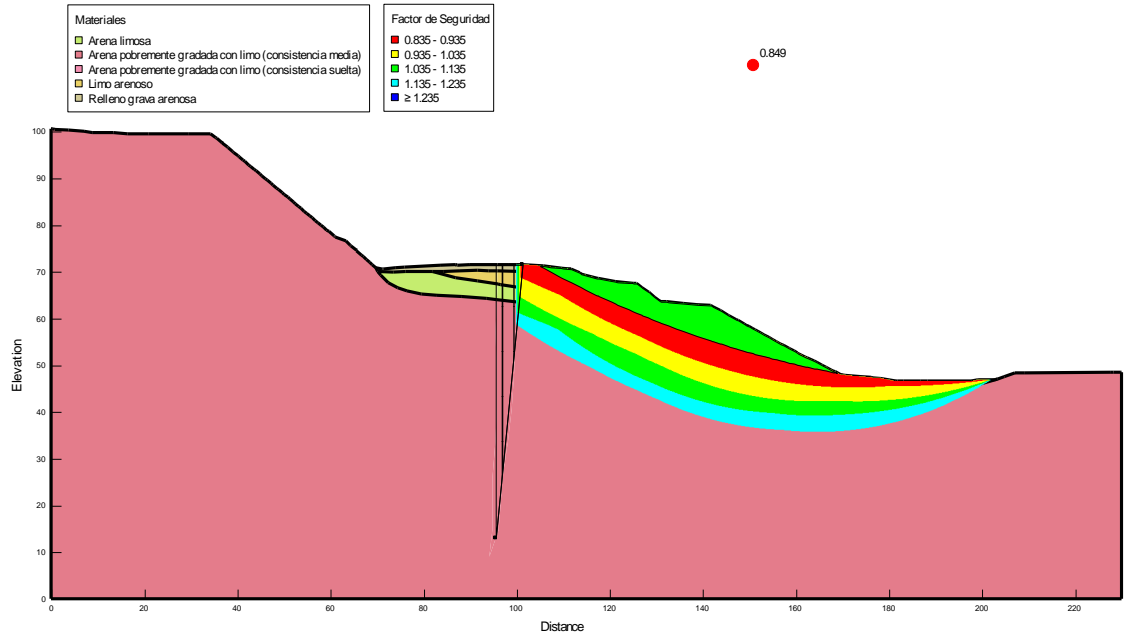
Método: Bishop



Método: Janbu Generalizado

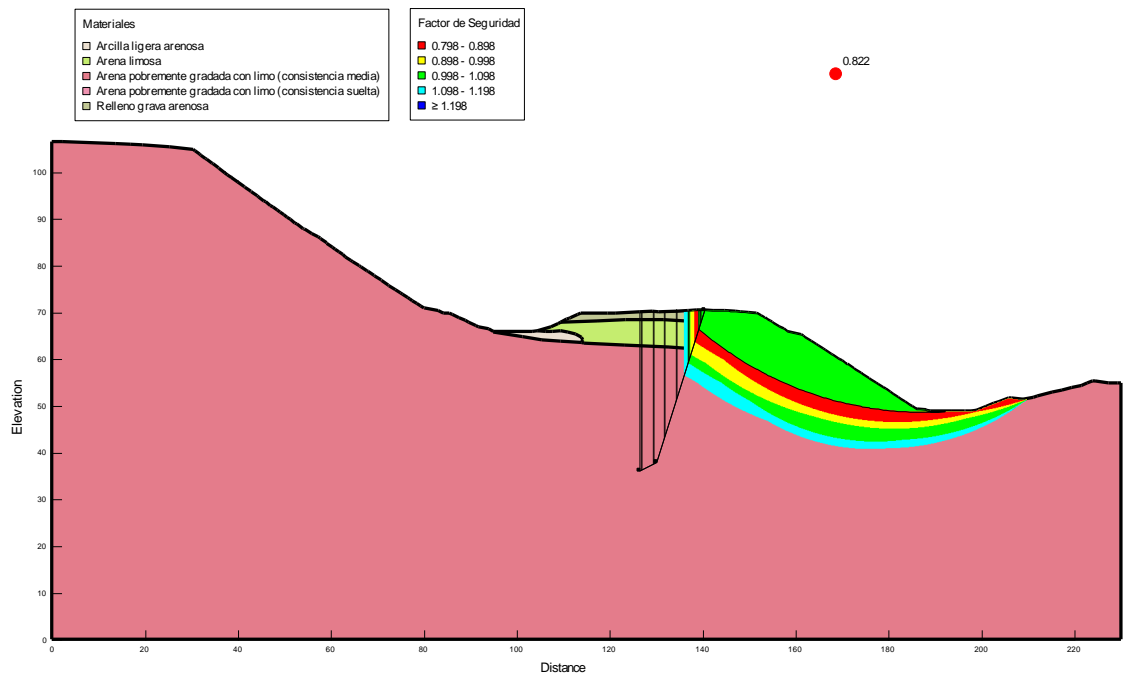


## Método: Spencer

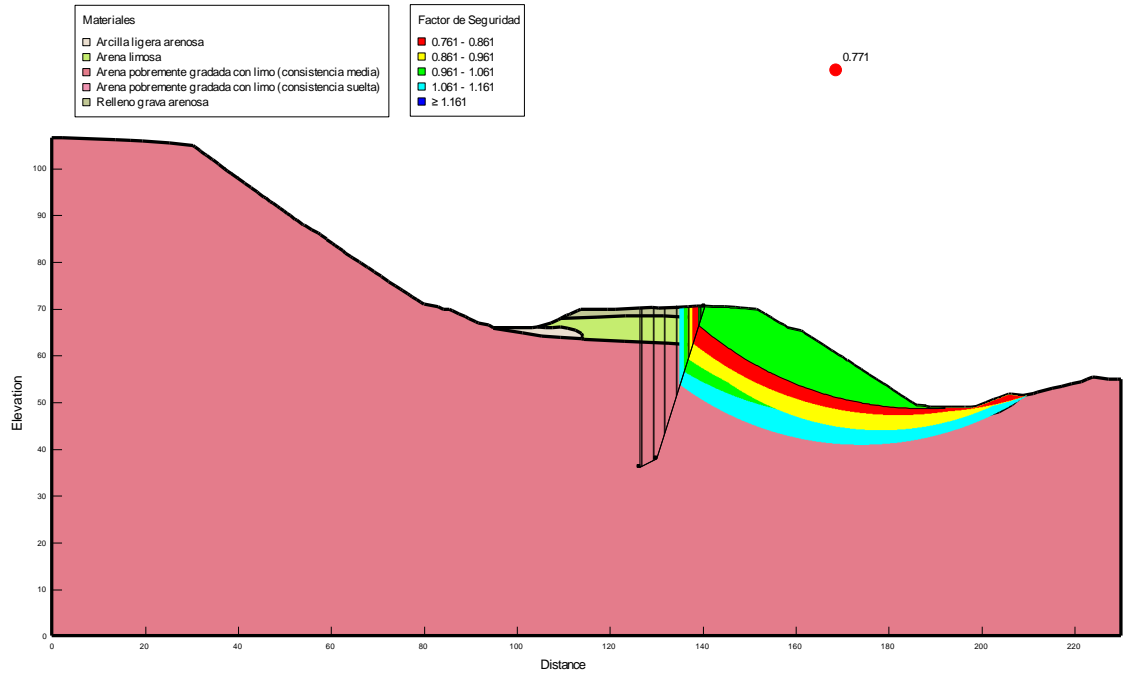


## Progresiva Km 171+450

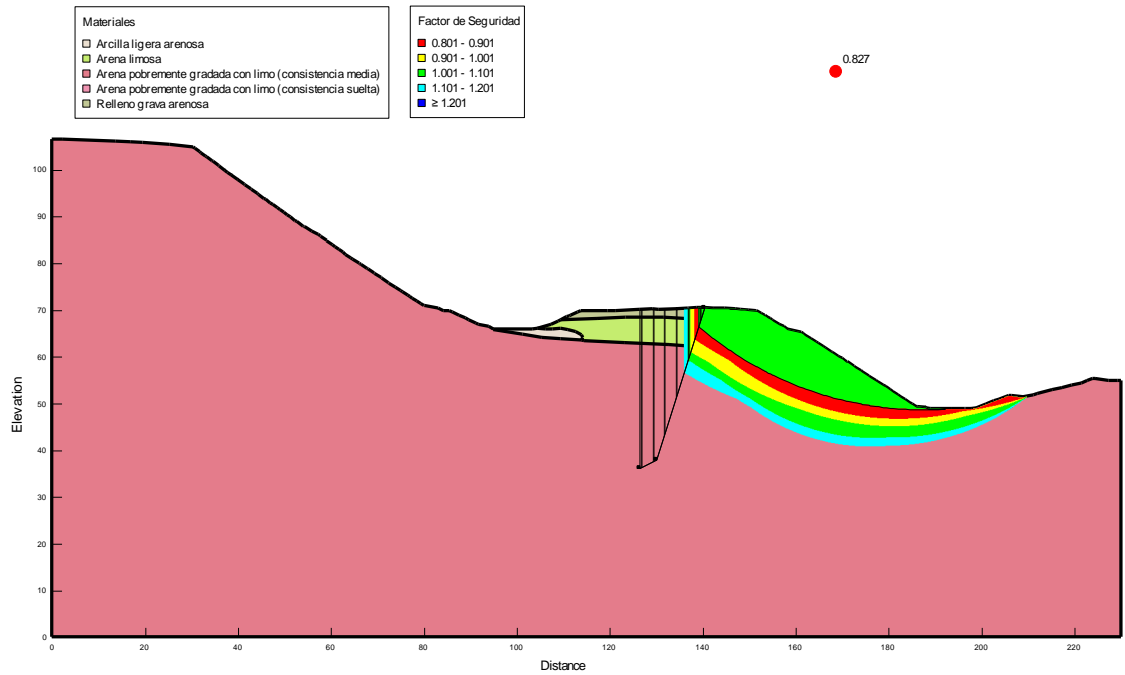
## Método: Bishop



## Método: Janbu Generalizado

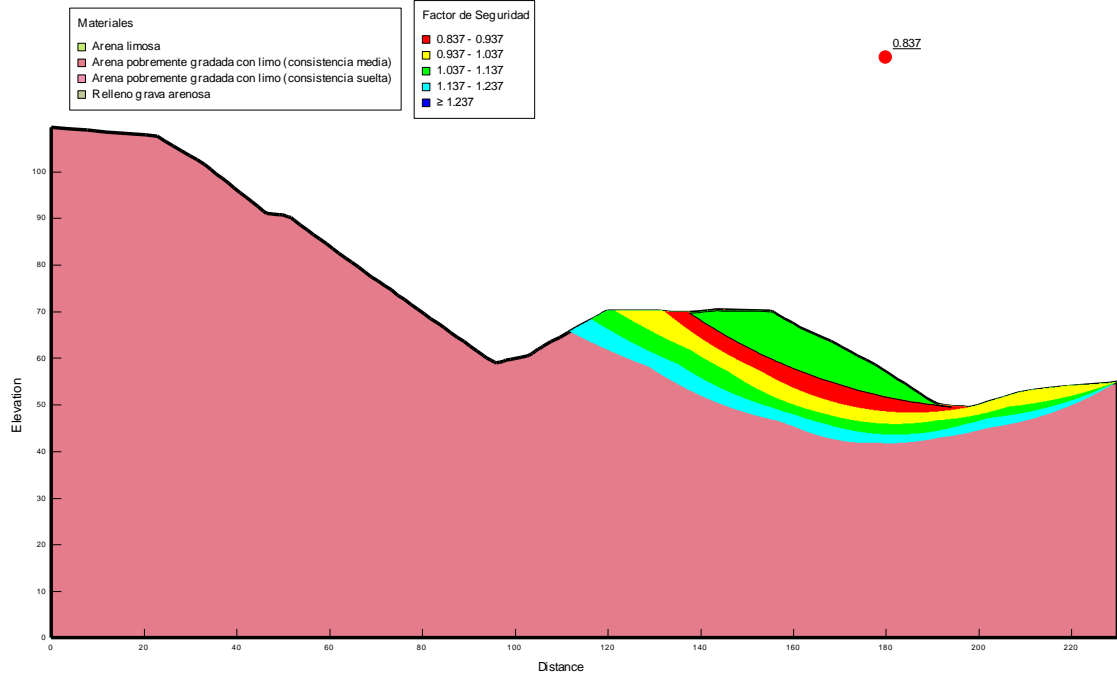


## Método: Spencer

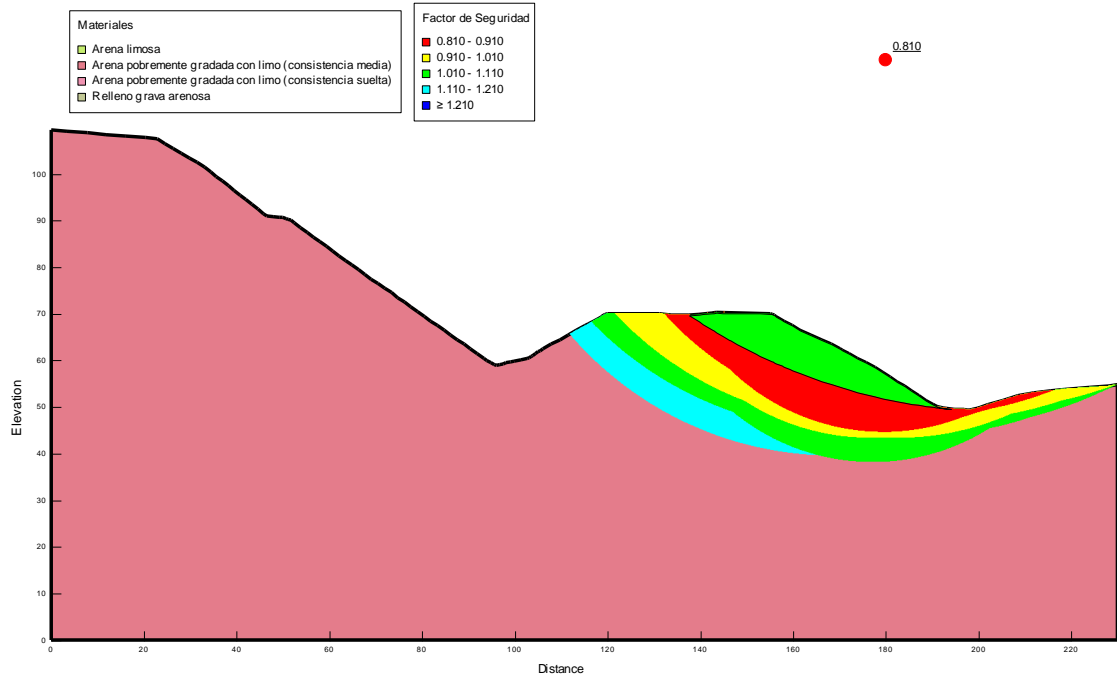


## Progresiva Km 171+550

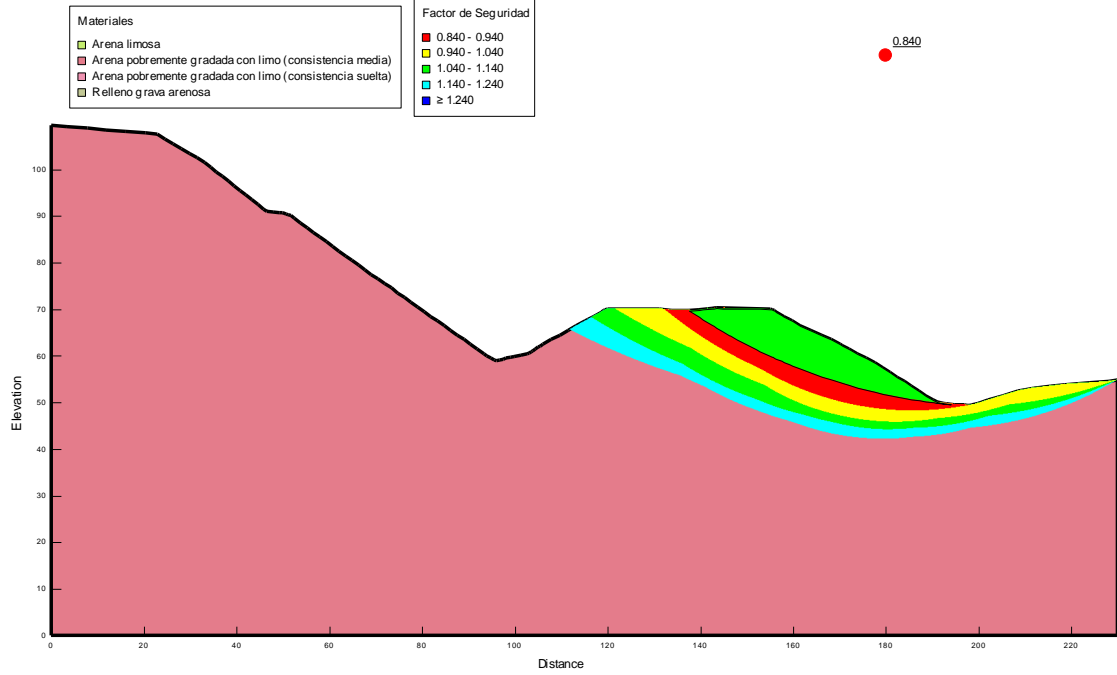
Método: Bishop



Método: Janbu Generalizado

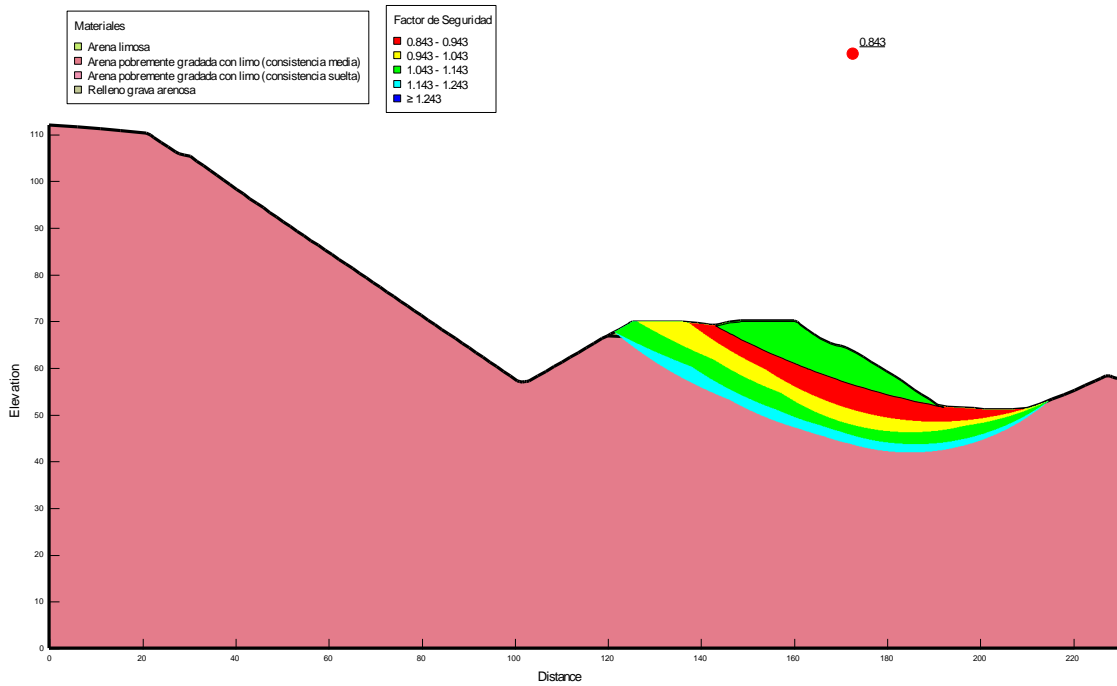


## Método: Spencer

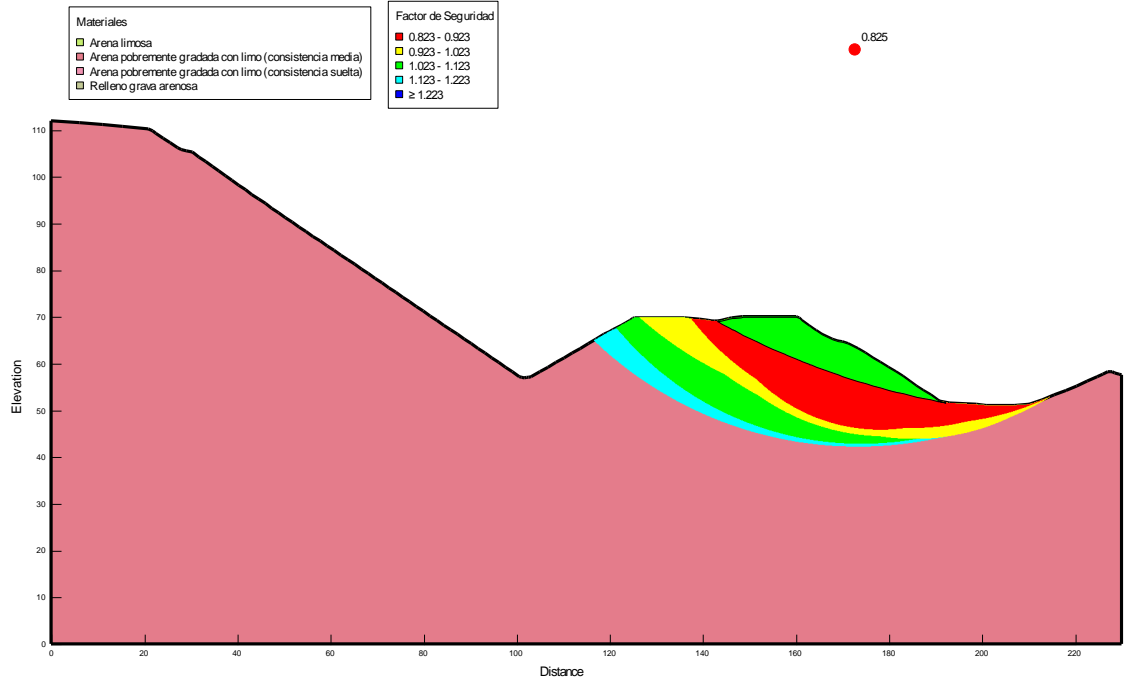


## Progresiva Km 171+650

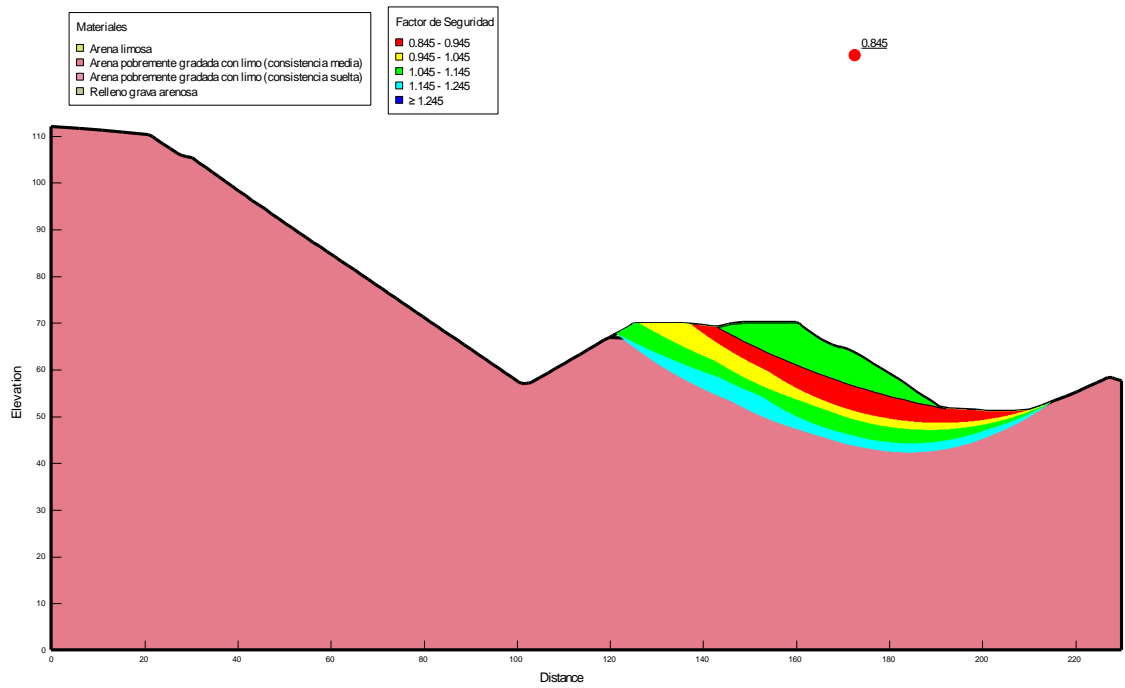
## Método: Bishop



## Método: Janbu Generalizado

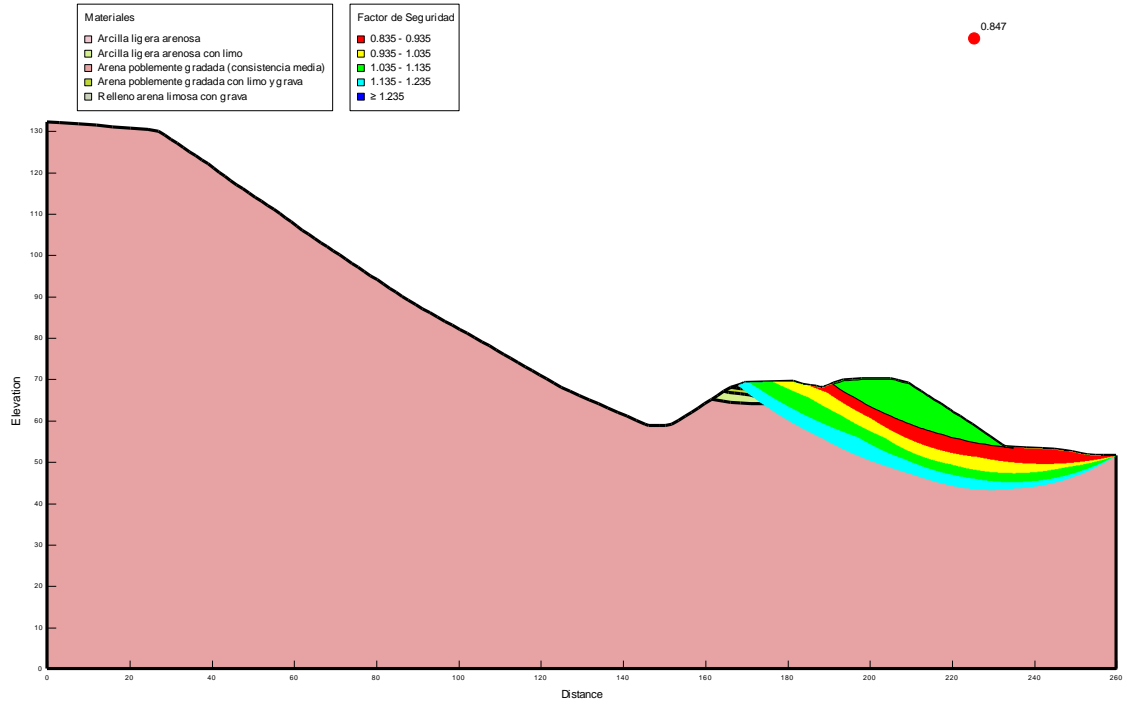


## Método: Spencer

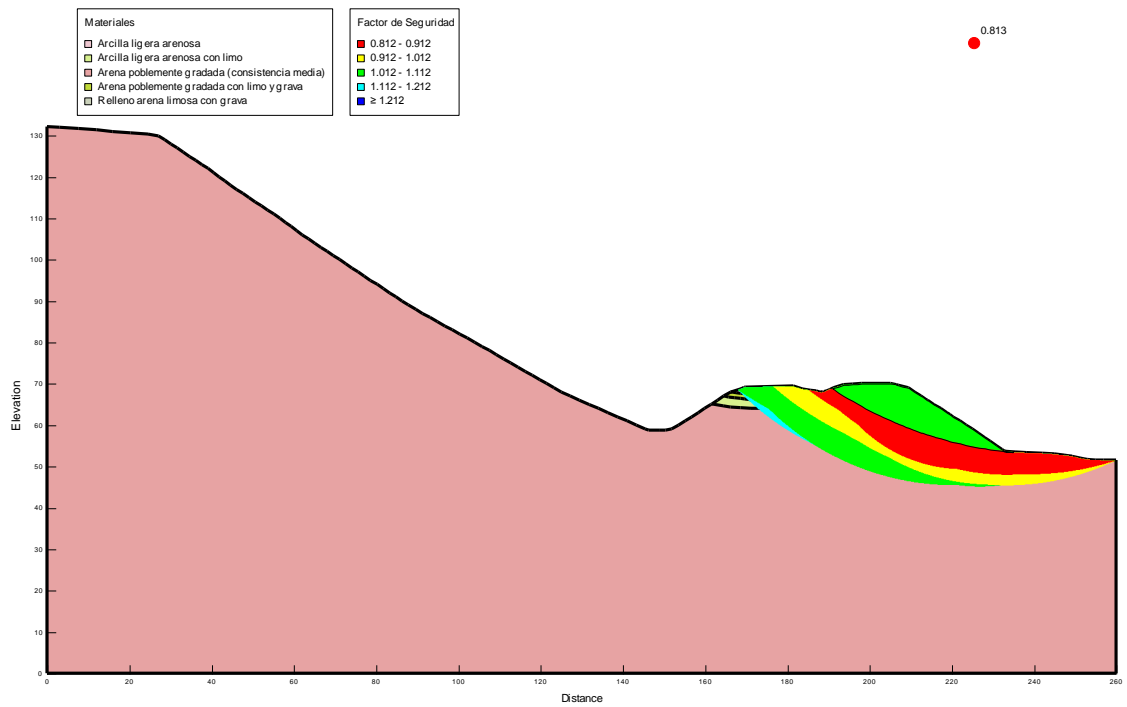


## Progresiva Km 171+980

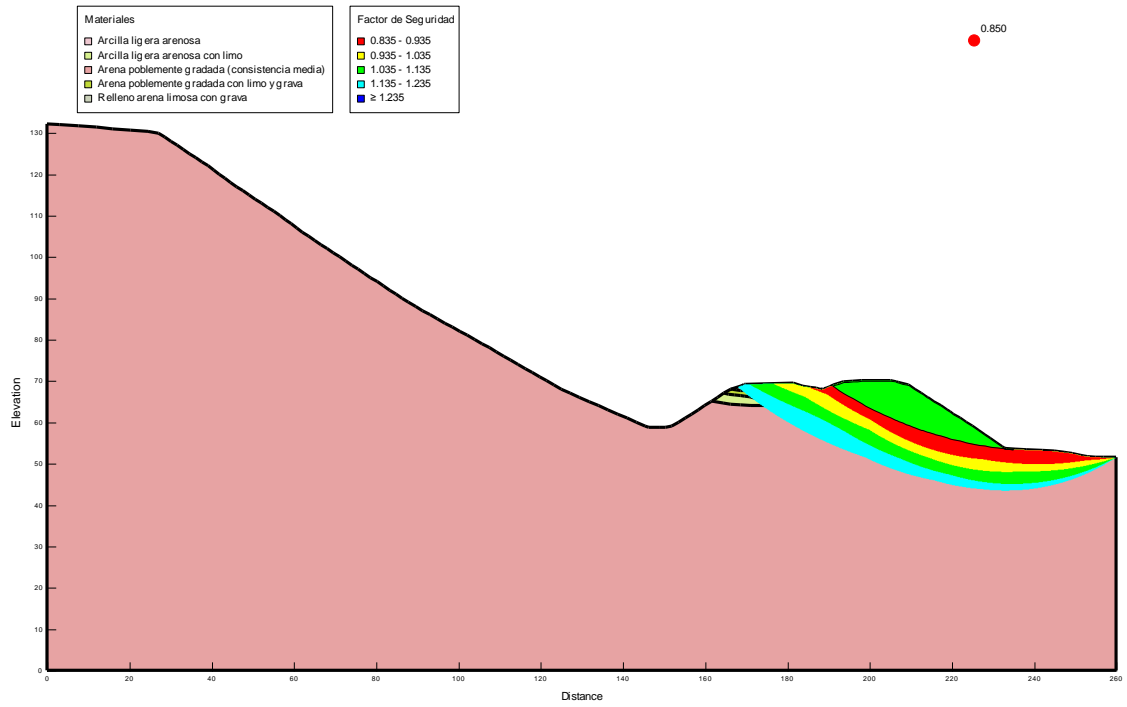
Método: Bishop



Método: Janbu Generalizado

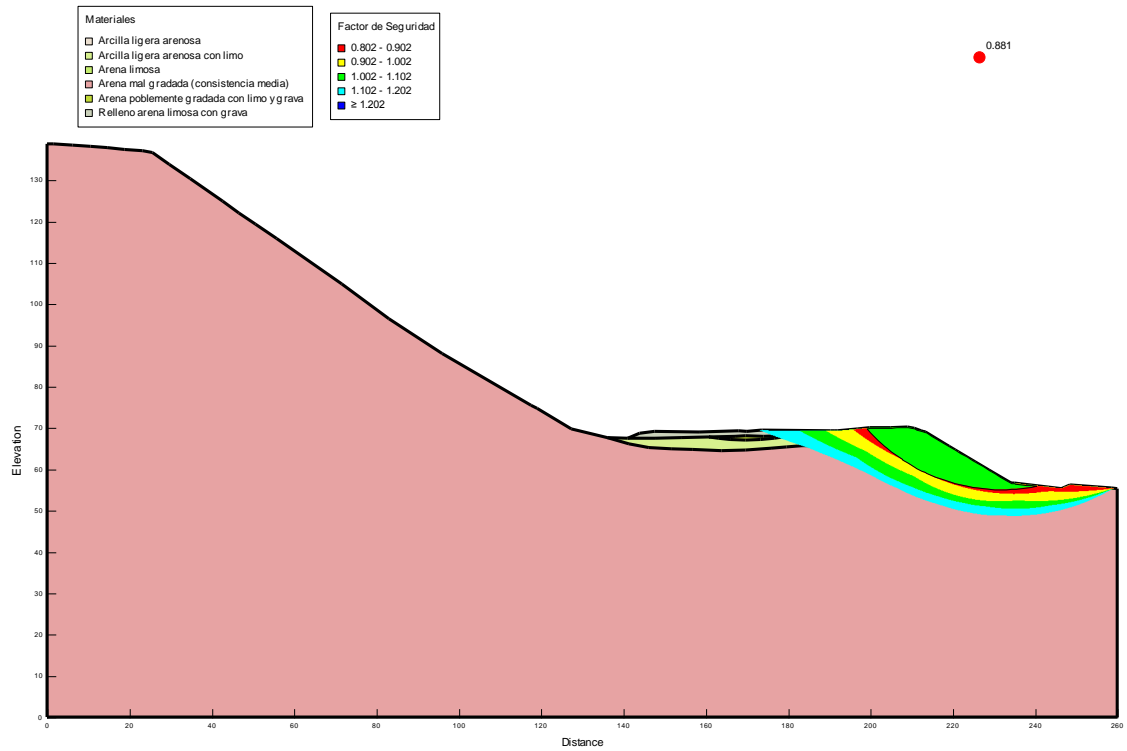


## Método: Spencer

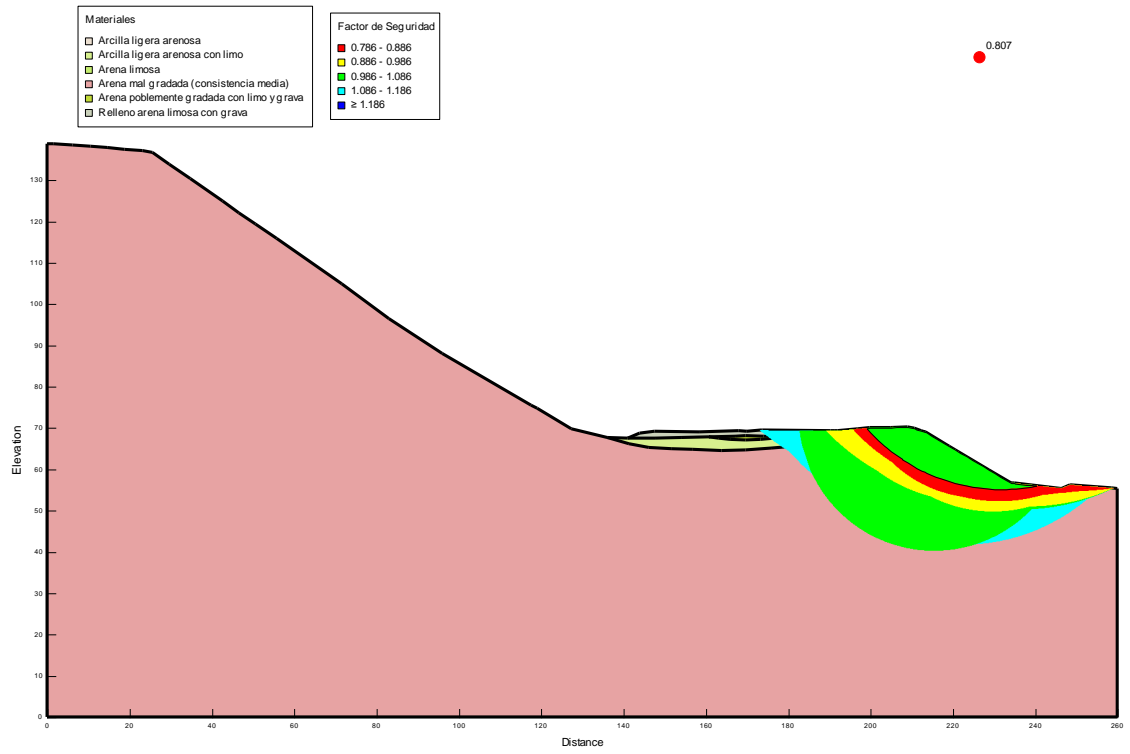


## Progresiva Km 172+080

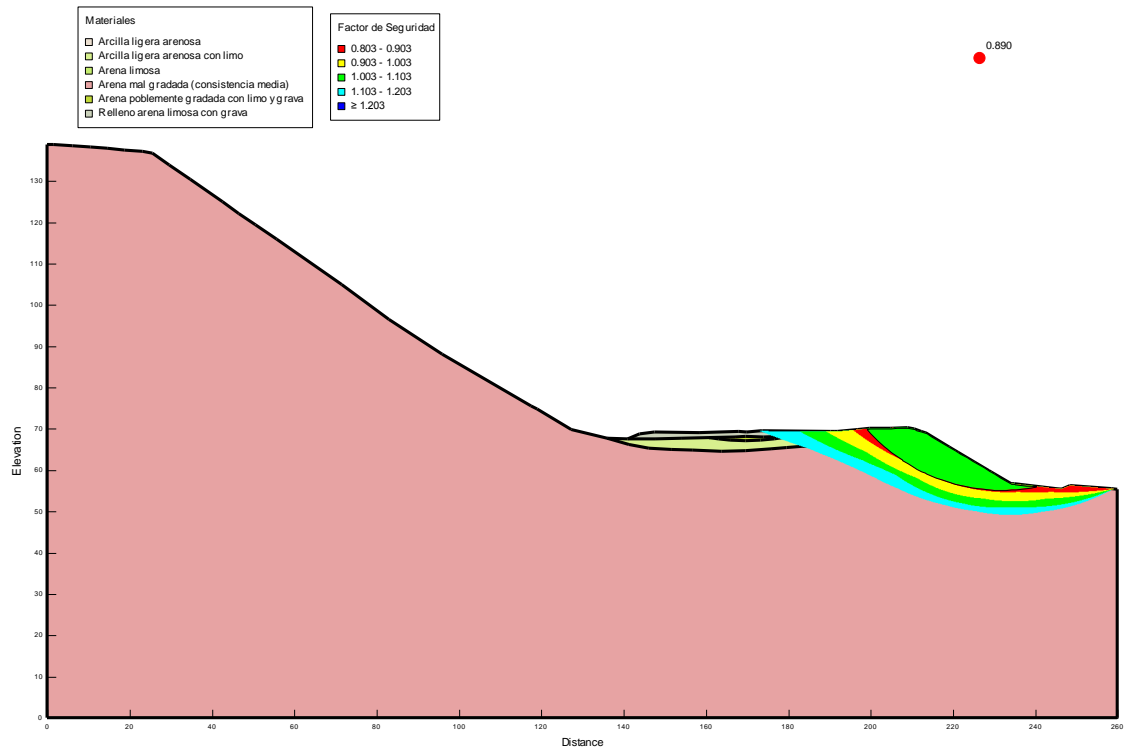
## Método: Bishop



## Método: Janbu Generalizado



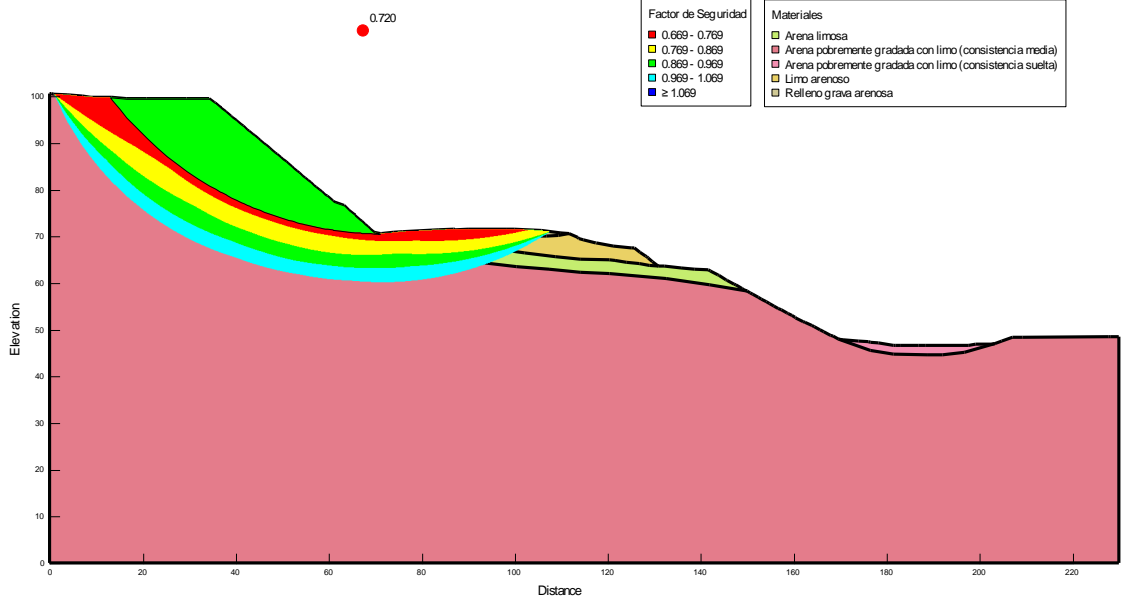
## Método: Spencer



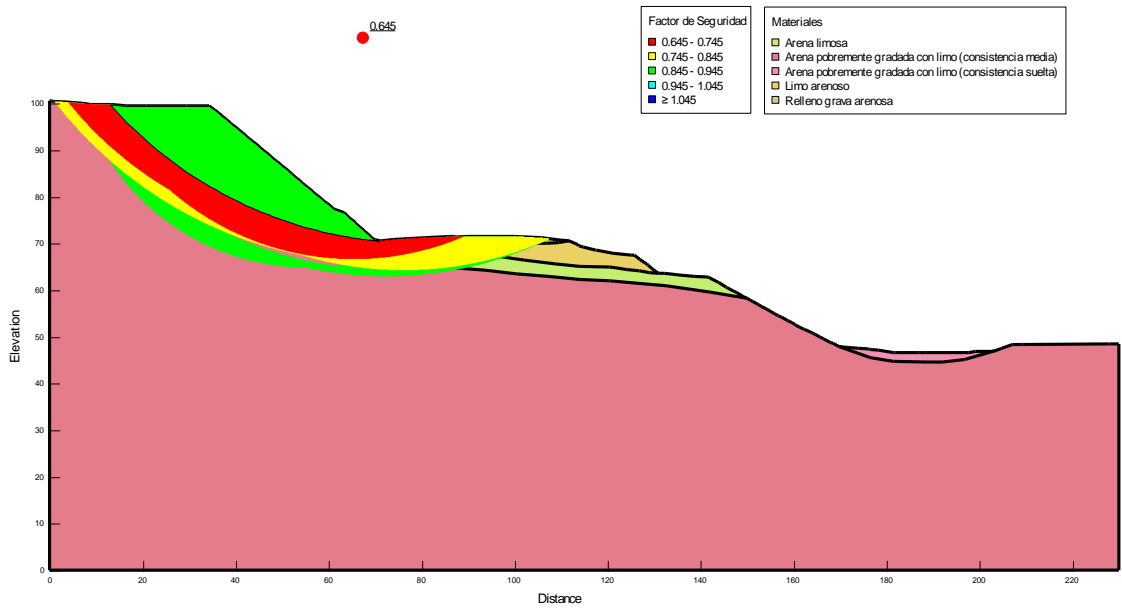
ANÁLISIS PSEUDOESTÁTICO  
TALUD SUPERIOR

## Progresiva Km 171+355

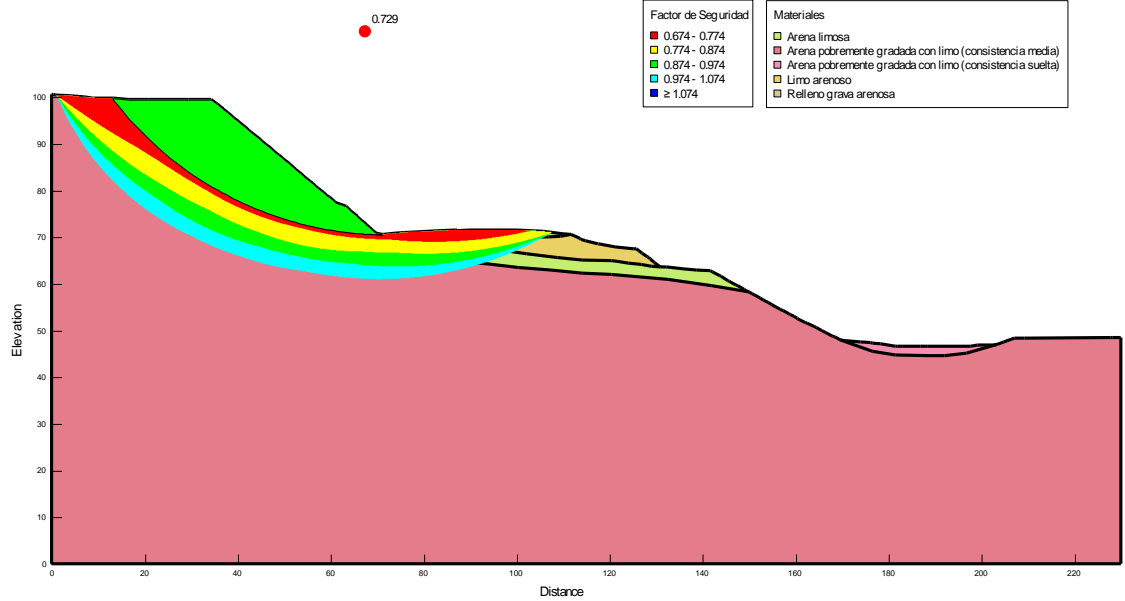
Método: Bishop



Método: Janbu Generalizado

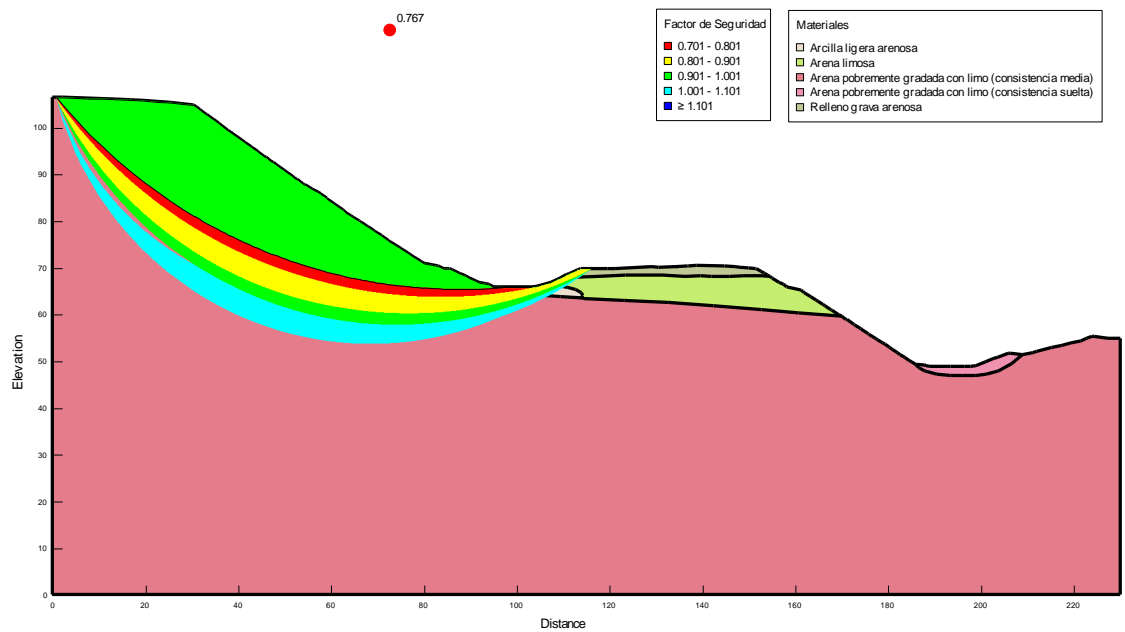


Método: Spencer

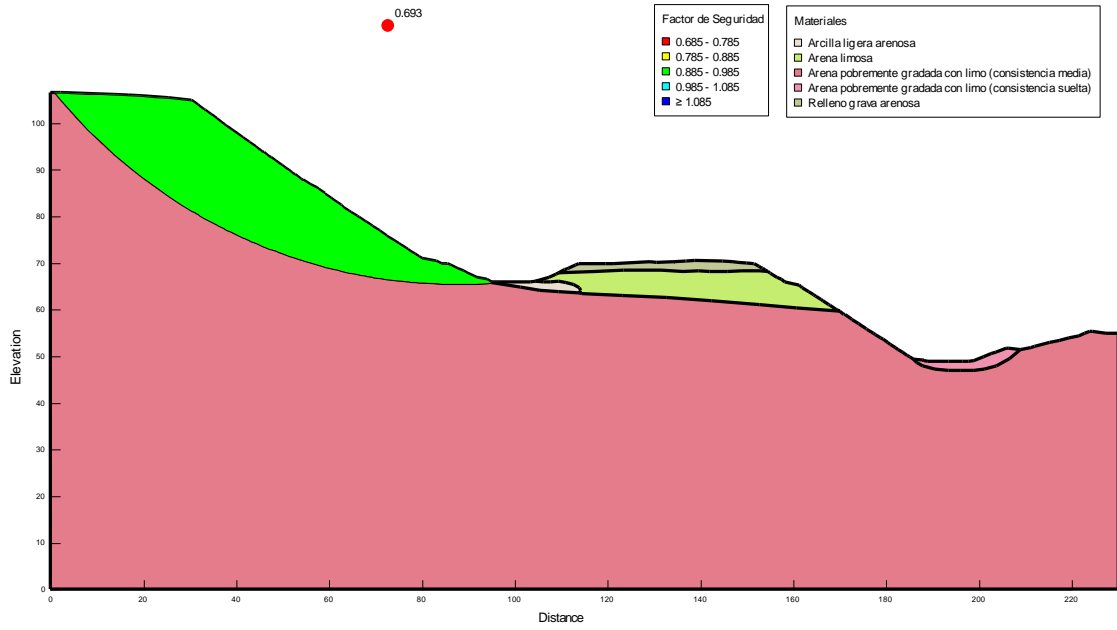


### Progresiva Km 171+450

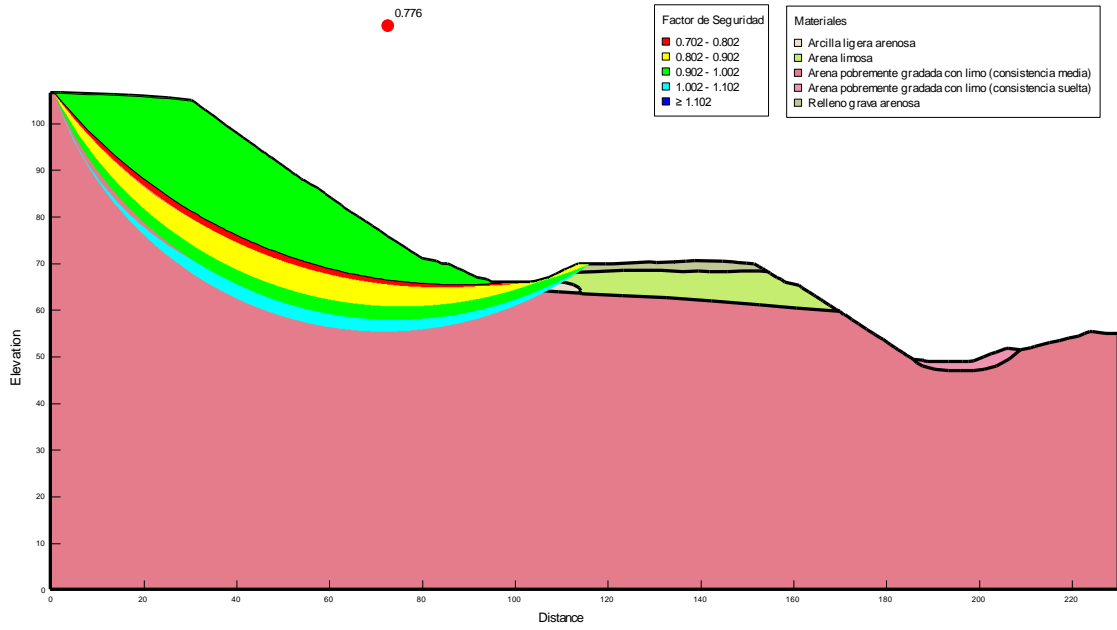
Método: Bishop



### Método: Janbu Generalizado

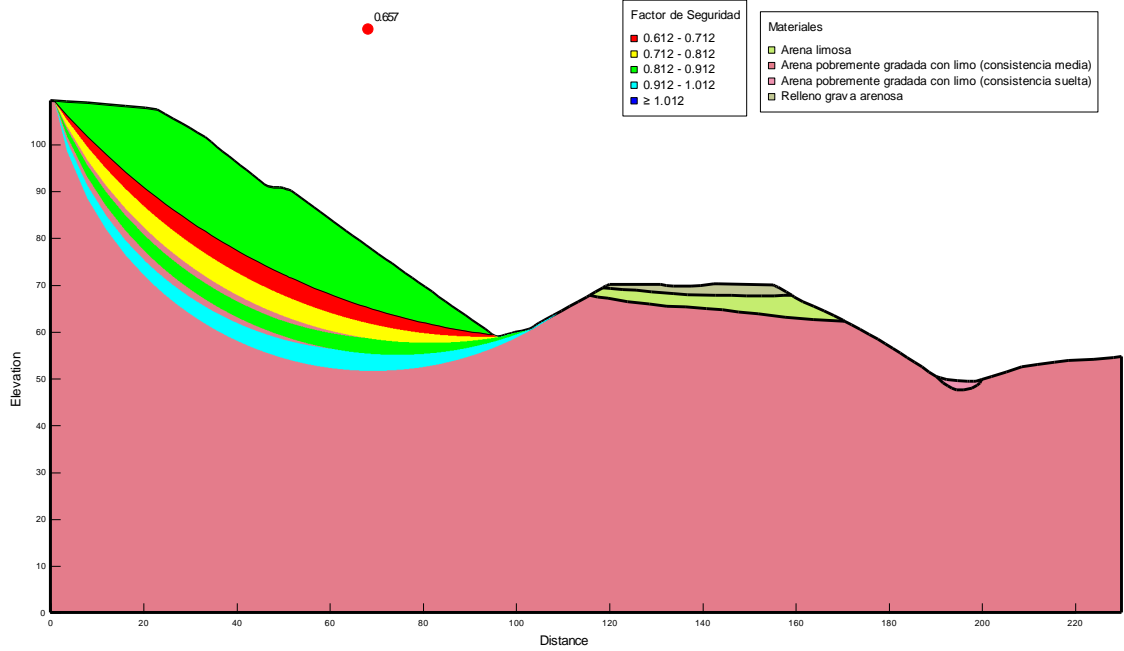


### Método: Spencer

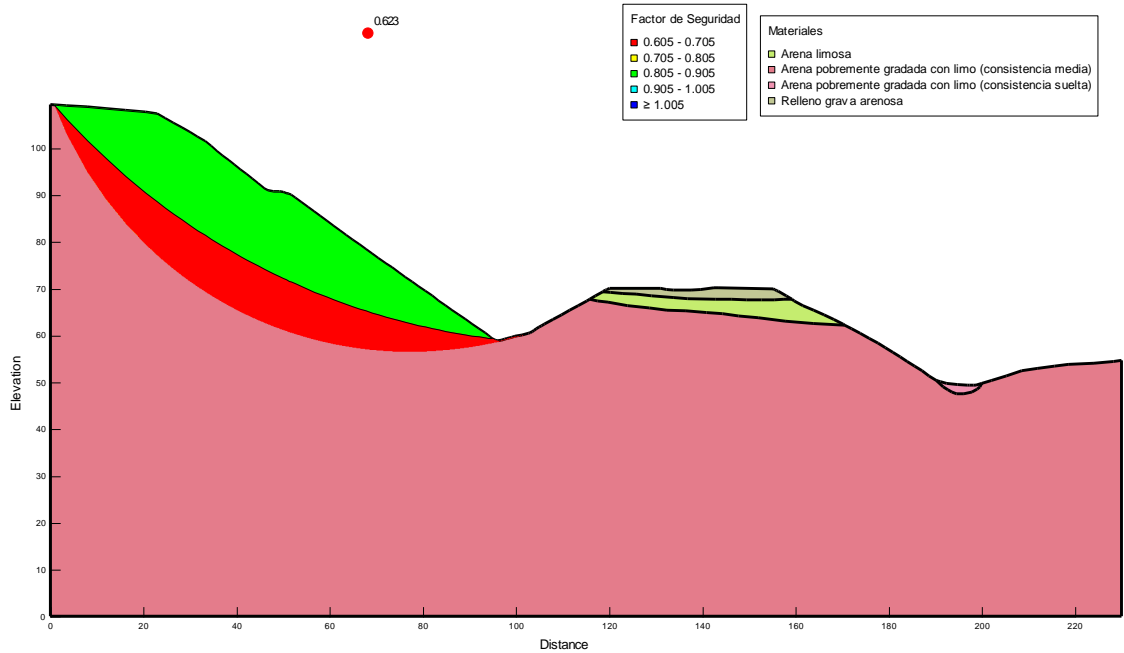


## Progresiva Km 171+550

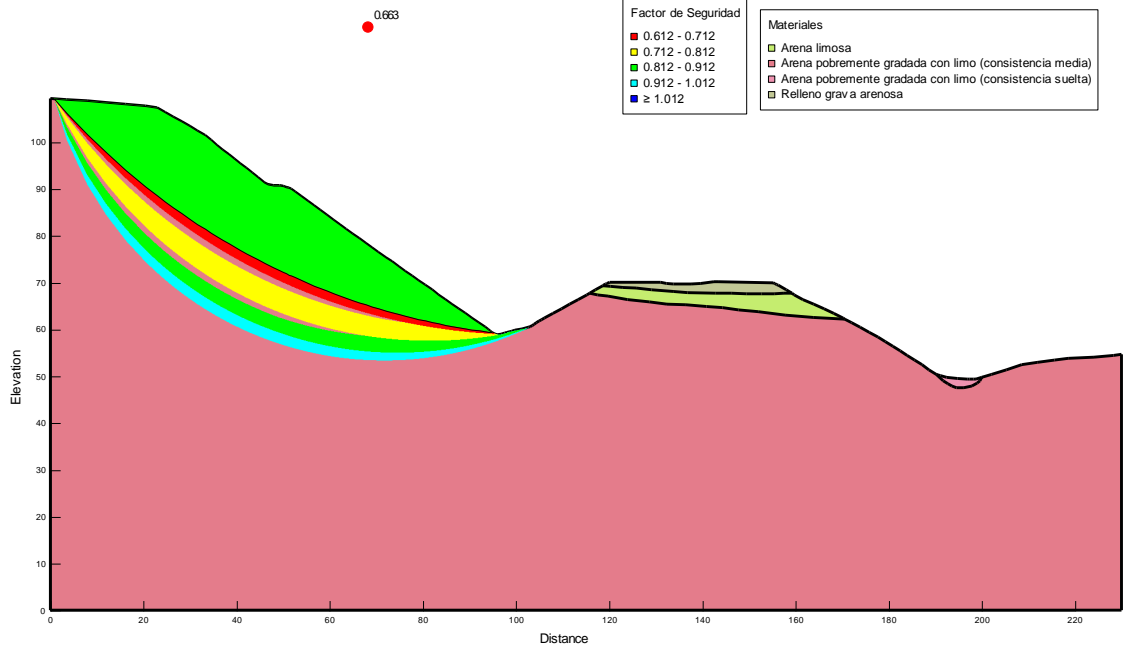
Método: Bishop



Método: Janbu Generalizado

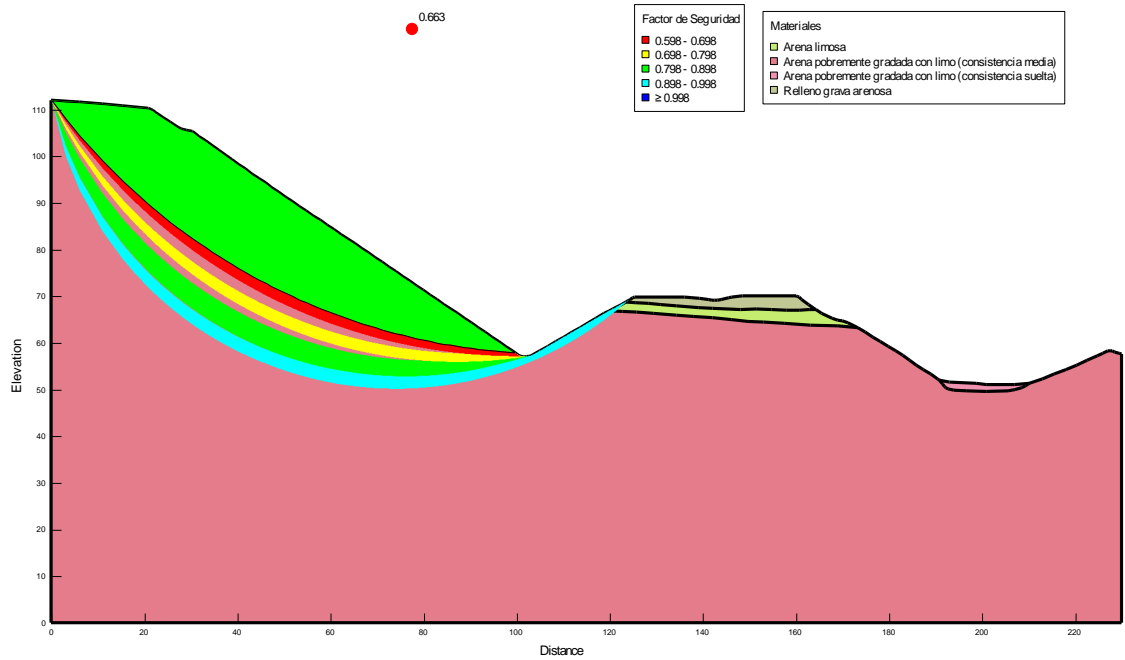


## Método: Spencer

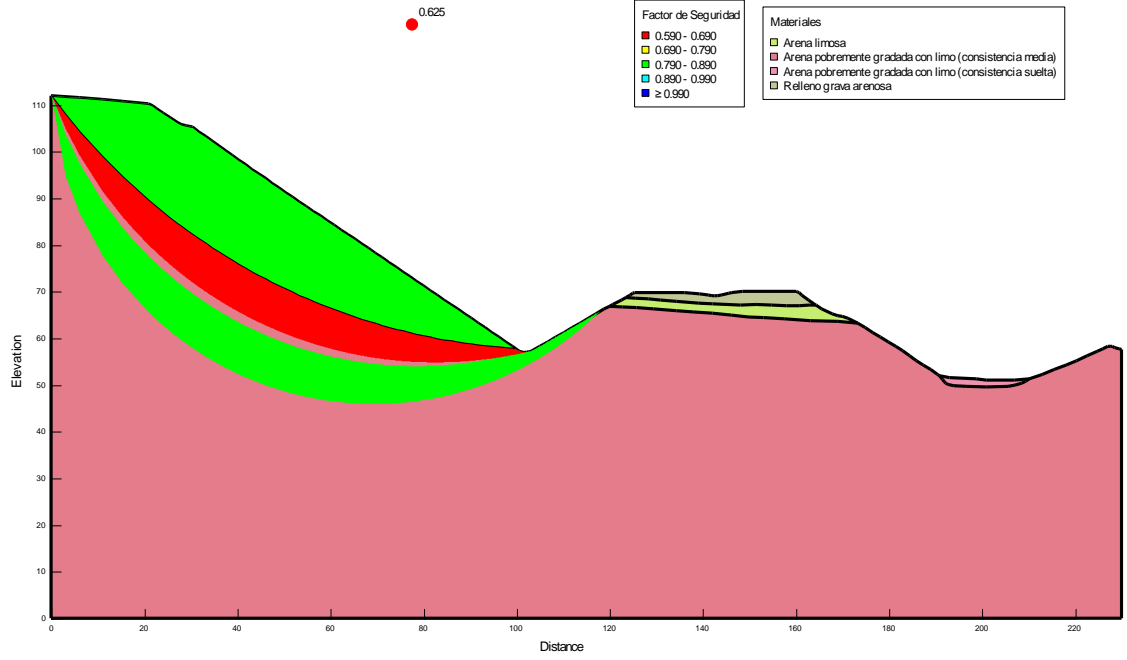


## Progresiva Km 171+650

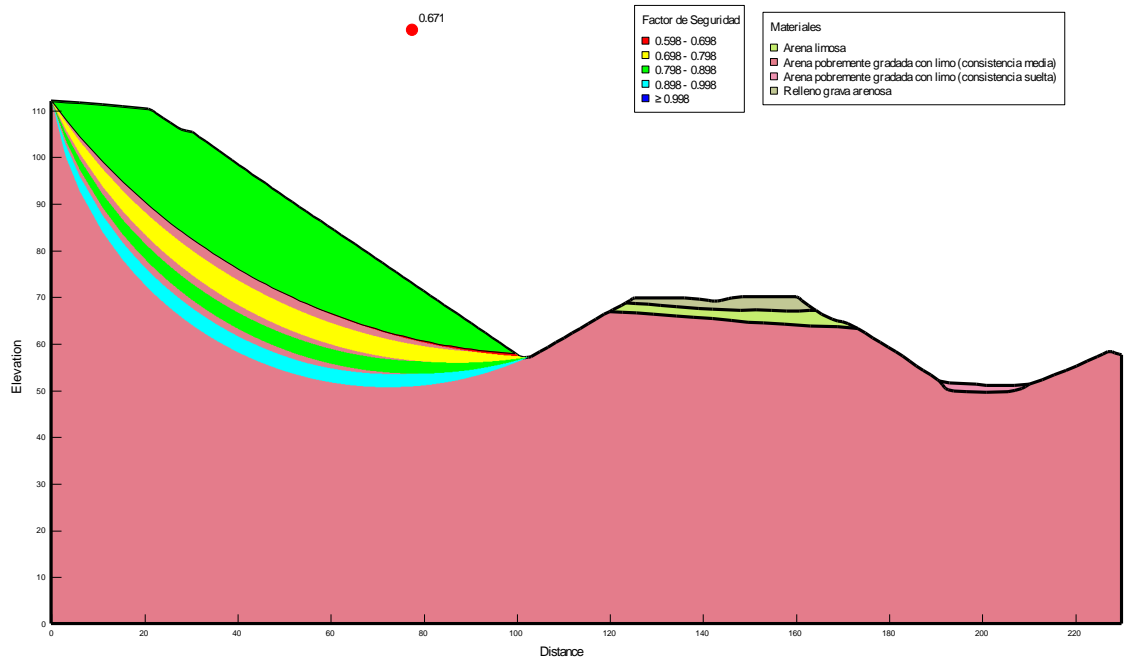
## Método: Bishop



### Método: Janbu Generalizado

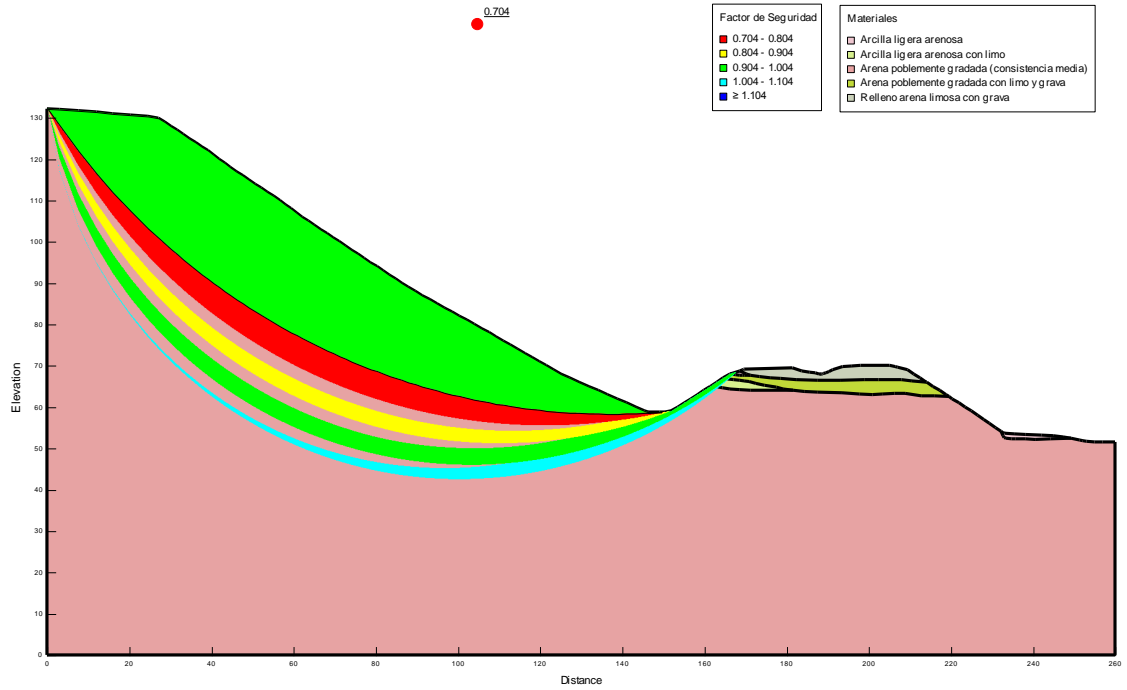


### Método: Spencer

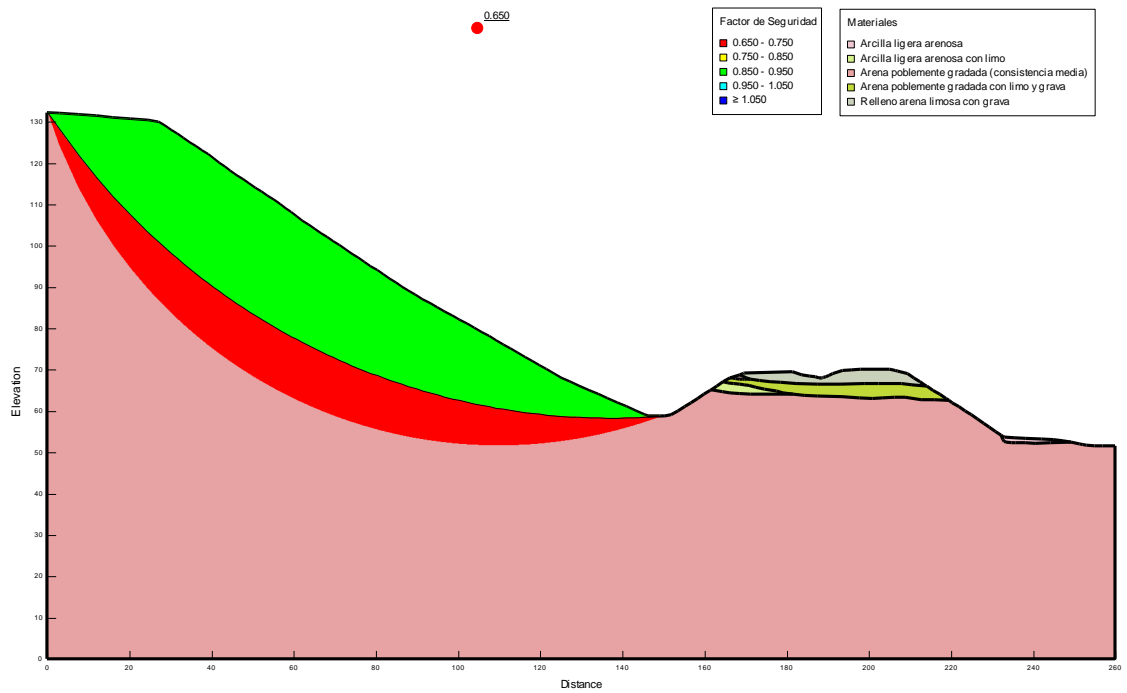


## Progresiva Km 171+980

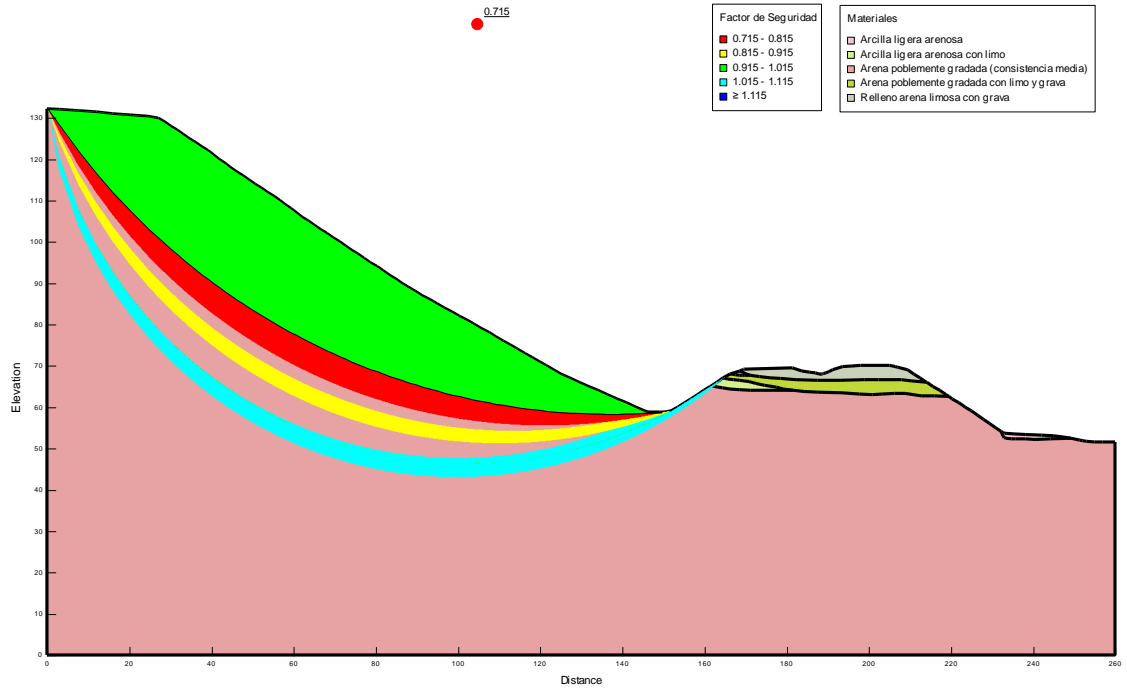
Método: Bishop



Método: Janbu Generalizado

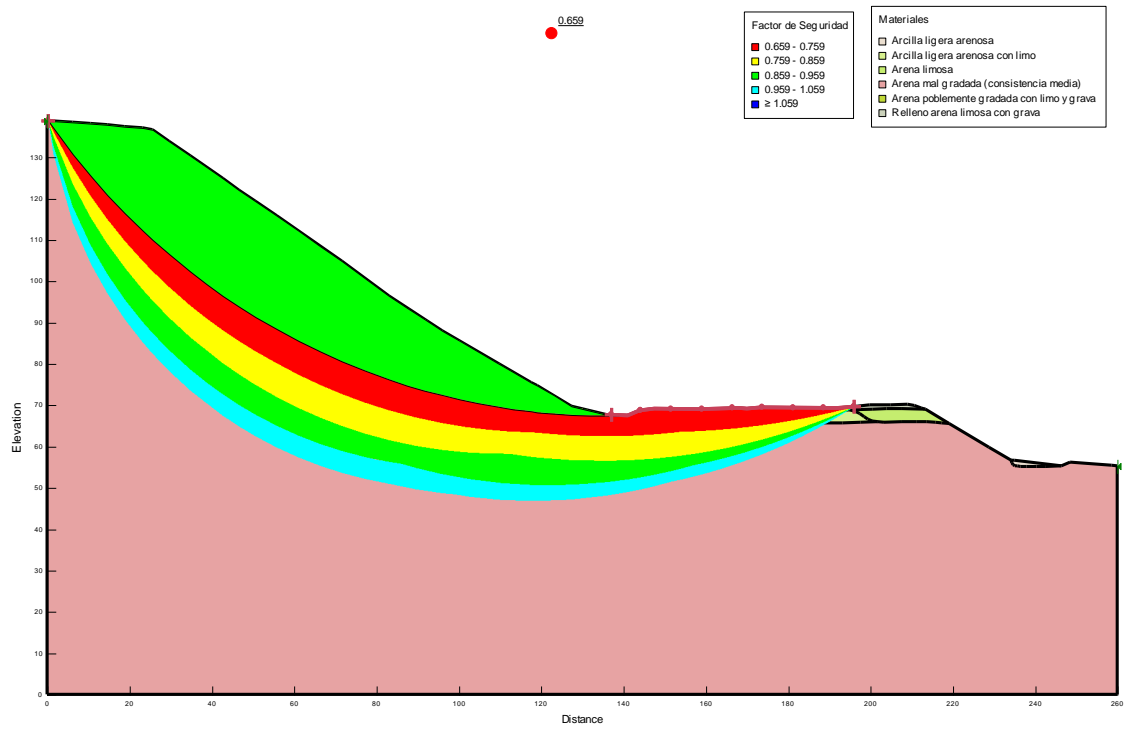


## Método: Spencer

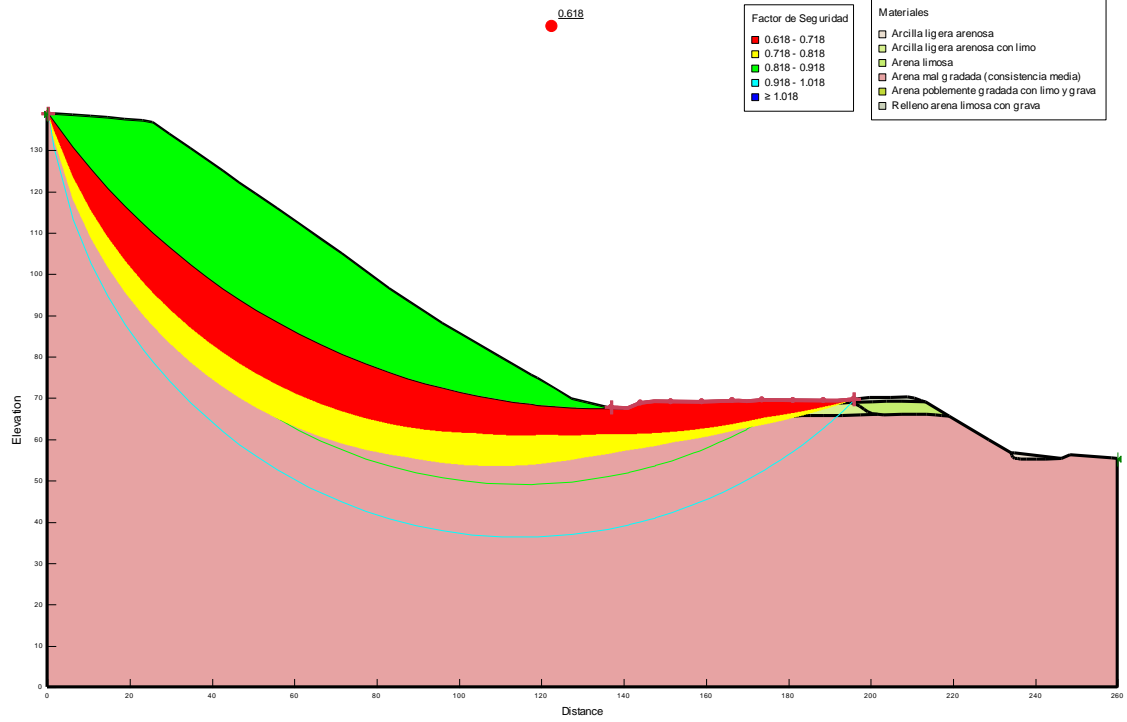


## Progresiva Km 172+080

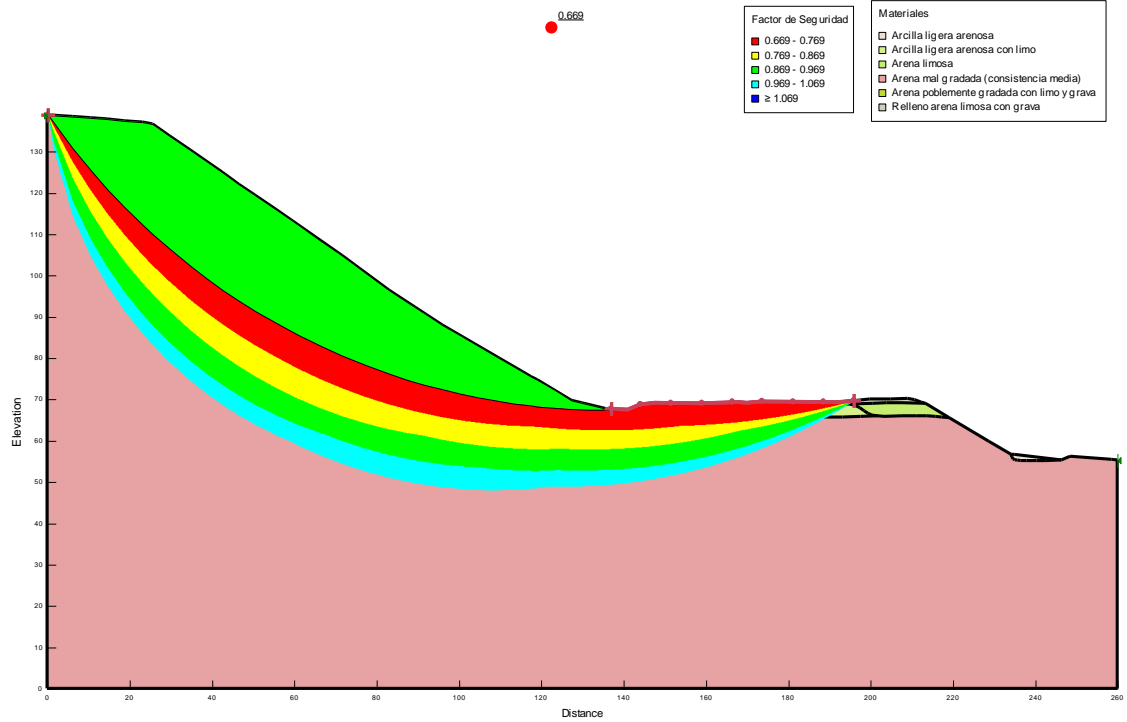
## Método: Bishop



## Método: Janbu Generalizado



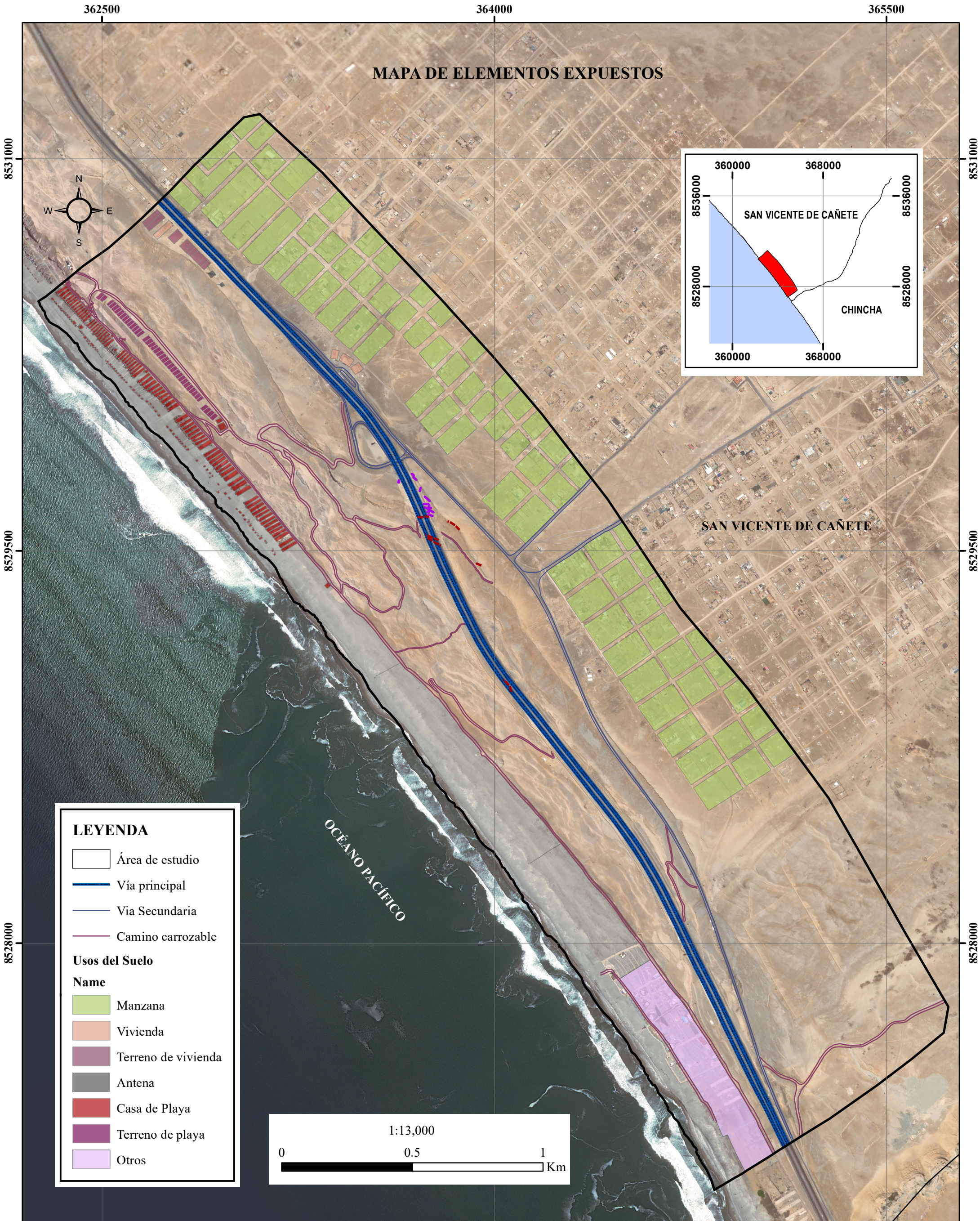
## Método: Spencer



## **ANEXO 12**

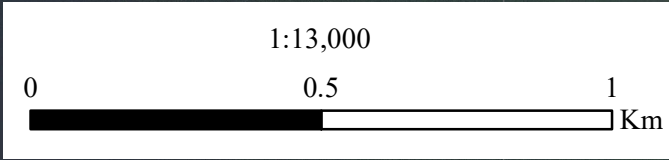
### **MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTOS**

# MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTOS



## LEYENDA

- Área de estudio
  - Vía principal
  - Vía Secundaria
  - Camino carrozable
- Usos del Suelo**
- Name**
- Manzana
  - Vivienda
  - Terreno de vivienda
  - Antena
  - Casa de Playa
  - Terreno de playa
  - Otros



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

|  |                      |                                    |                                      |   |                      |
|--|----------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|----------------------|
| TESIS:<br>"ANÁLISIS DE RIESGO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO DE TALUD EN VÍA PRINCIPAL PANAMERICANA SUR TRAMO KM 171+330 AL KM 172+130, DISTRITO SAN VICENTE DE CAÑETE - LIMA 2023" |                      |                                    |                                      | PLANO:<br>MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTOS                               |                      |
| DEPARTAMENTO:<br>LIMA  | PROVINCIA:<br>CAÑETE | DISTRITO:<br>SAN VICENTE DE CAÑETE | PROGRESIVA:<br>KM169+775 - KM174+150 | PROFESIONAL RESPONSABLE:<br>BACH. ELIZABETH P. HUILLCAPARI          | LAMINA:<br><b>07</b> |
| ELABORADO POR:<br>ELIZABETH HUILLCAPARI  | ESCALA:<br>1:13,000  | FECHA:<br>ENERO 2024               | ZONA:<br>18 S                        | PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL:<br>INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO |                      |

362500

364000

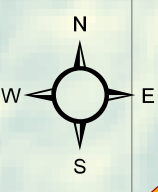
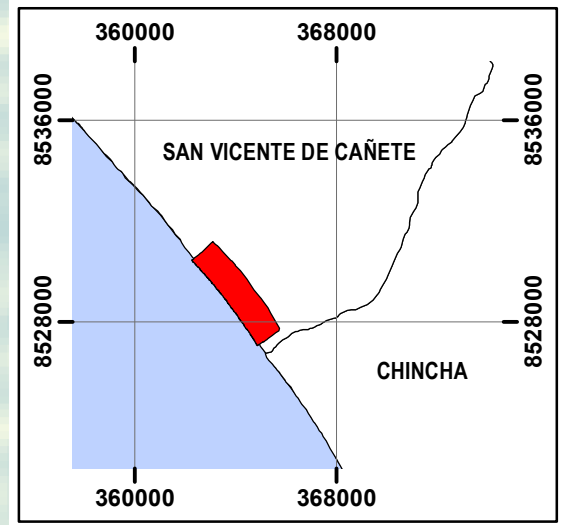
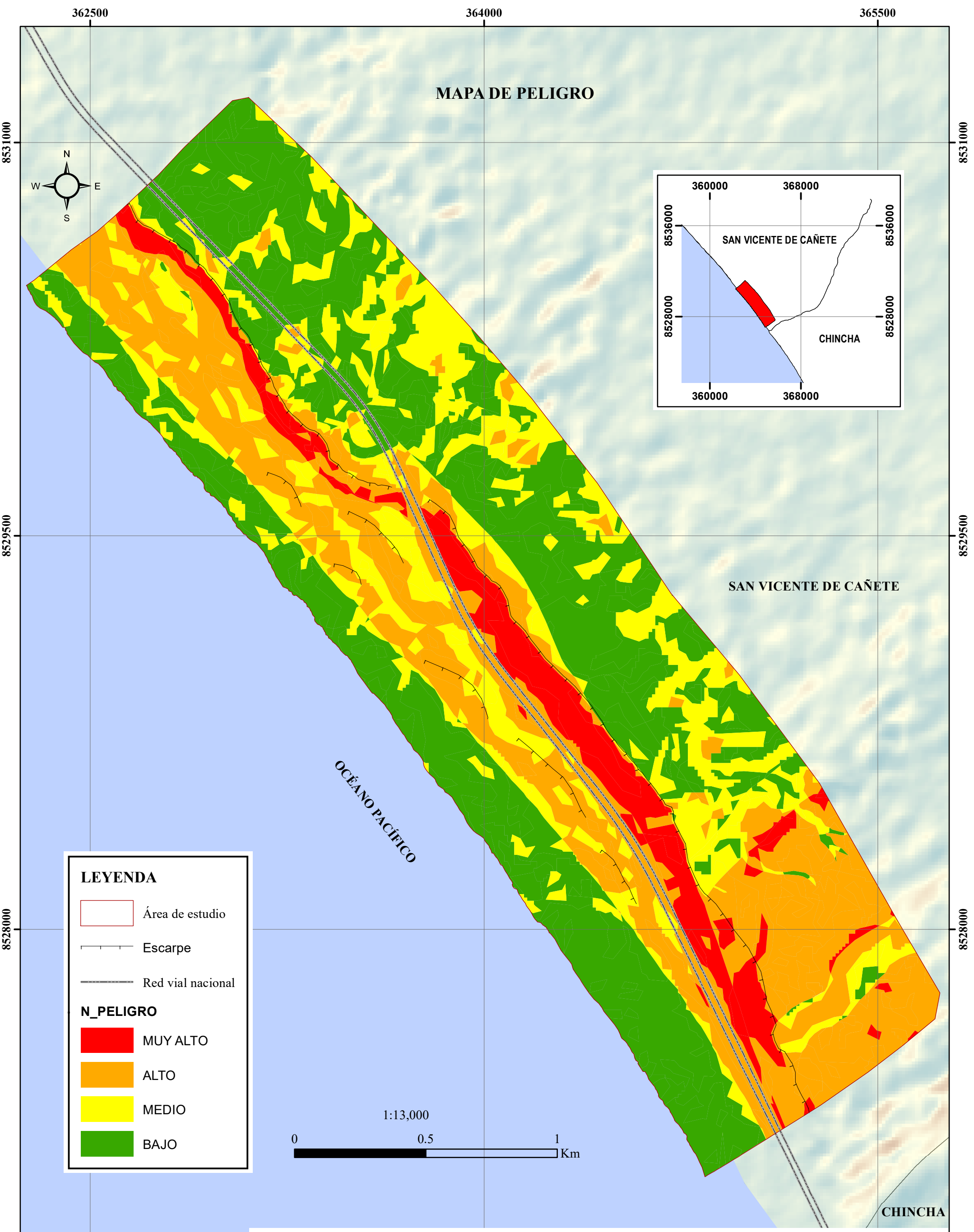
365500

8526500

8526500

**ANEXO 13**  
MAPA DE PELIGRO

# MAPA DE PELIGRO

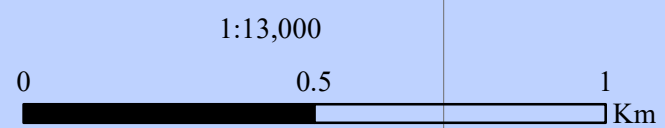


**LEYENDA**

- Área de estudio
- Escarpe
- Red vial nacional

**N\_PELIGRO**

- MUY ALTO
- ALTO
- MEDIO
- BAJO



|  |   |                        |                                    |   |   |
|--|---|------------------------|------------------------------------|---|---|
|  | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA</b> |                        |                                    |   |   |
|  | TESIS:<br>"ANÁLISIS DE RIESGO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO DE TALUD EN VÍA PRINCIPAL PANAMERICANA SUR TRAMO KM 171+330 AL KM 172+130, DISTRITO SAN VICENTE DE CAÑETE - LIMA 2023"      |                        |                                    |   | PLANO:<br>MAPA DE PELIGRO                                   |
|  | DEPARTAMENTO:<br>LIMA   | PROVINCIA:<br>CAÑETE   | DISTRITO:<br>SAN VICENTE DE CAÑETE | PROGRESIVA:<br>KM169+775 - KM174+150                                | PROFESIONAL RESPONSABLE:<br>BACH. ELIZABETH P. HUILLCA PARI |
| ELABORADO POR:<br>ELIZABETH HUILLCA PARI | ESCALA:<br>1:13,000   | FECHA:<br>FEBRERO 2024 | ZONA:<br>18 S                      | PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL:<br>INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO |   |

8526500

362500

364000

365500

8526500

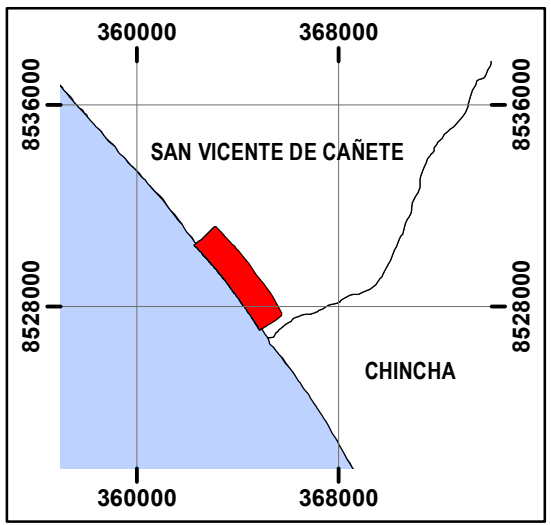
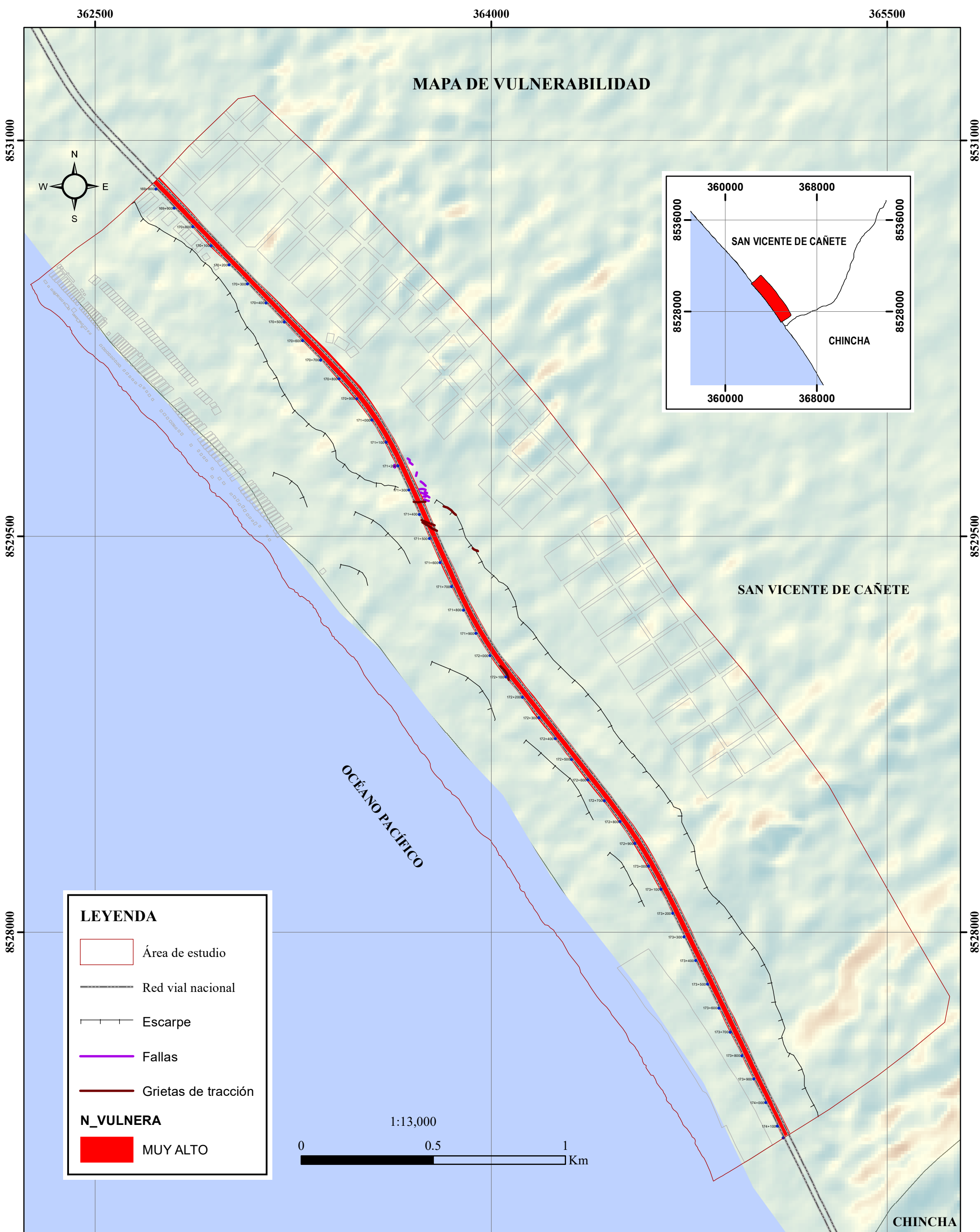
8529500

8531000

## **ANEXO 14**

### **MAPA DE VULNERABILIDAD**

# MAPA DE VULNERABILIDAD

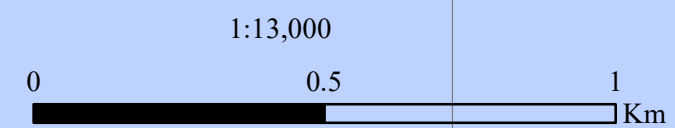


**LEYENDA**

- Área de estudio
- Red vial nacional
- Escarpe
- Fallas
- Grietas de tracción

**N\_VULNERA**

- MUY ALTO

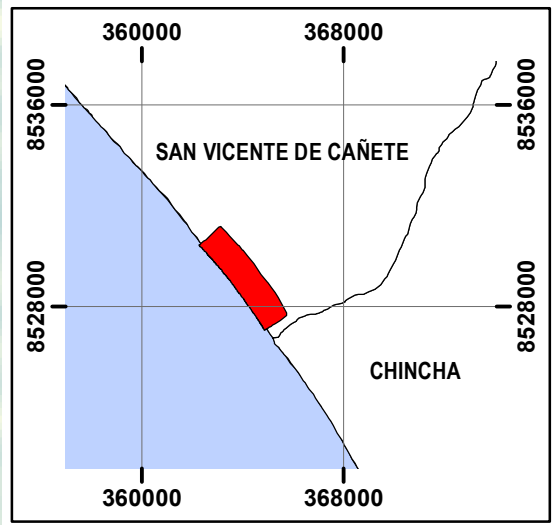
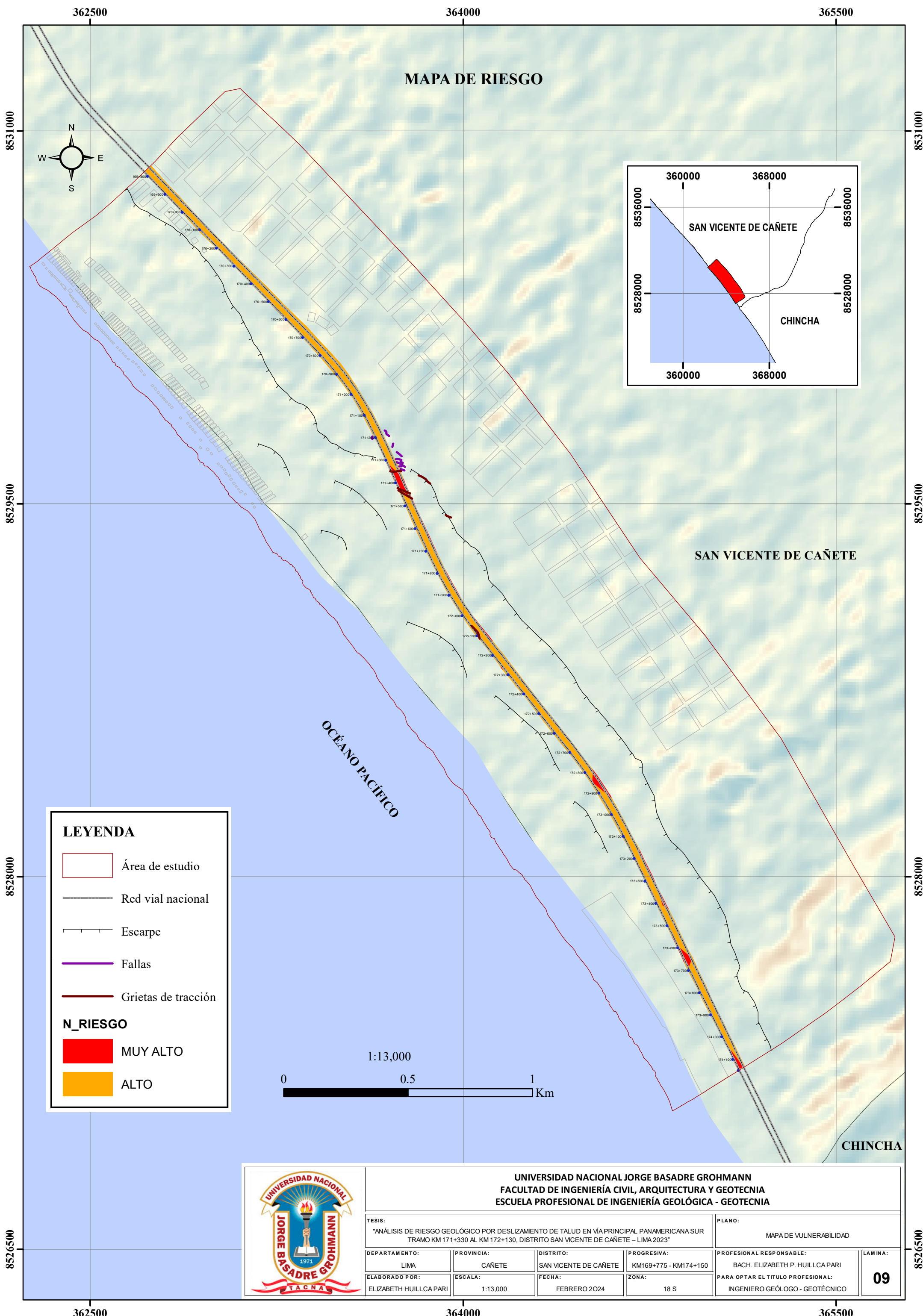


|  |   |                      |                                    |   |   |
|--|---|----------------------|------------------------------------|---|---|
|  | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA</b> |                      |                                    |   |   |
|  | TESIS:<br>"ANÁLISIS DE RIESGO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO DE TALUD EN VÍA PRINCIPAL PANAMERICANA SUR TRAMO KM 171+330 AL KM 172+130, DISTRITO SAN VICENTE DE CAÑETE – LIMA 2023"      |                      |                                    | PLANO:<br>MAPA DE VULNERABILIDAD  |   |
|  | DEPARTAMENTO:<br>LIMA   | PROVINCIA:<br>CAÑETE | DISTRITO:<br>SAN VICENTE DE CAÑETE | PROGRESIVA:<br>KM169+775 - KM174+150  | PROFESIONAL RESPONSABLE:<br>BACH. ELIZABETH P. HULLCAPARI           |
|  | ELABORADO POR:<br>ELIZABETH HULLCAPARI  | ESCALA:<br>1:13,000  | FECHA:<br>FEBRERO 2024             | ZONA:<br>18 S   | PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL:<br>INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO |
|  |   |                      |                                    | <b>LAMINA:</b><br><span style="font-size: 24px; font-weight: bold;">09</span> |   |

362500 364000 365500 8526500 8528000 8529500 8531000

**ANEXO 15**  
**MAPA DE RIESGO**

# MAPA DE RIESGO

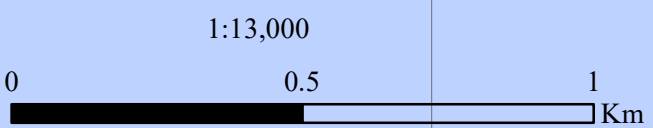


**LEYENDA**

- Área de estudio
- Red vial nacional
- Escarpe
- Fallas
- Grietas de tracción

**N\_RIESGO**

- MUY ALTO
- ALTO



|   |   |                        |                                    |   |
|---|---|------------------------|------------------------------------|---|
|  | <b>UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA</b><br><b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTECNIA</b> |                        |                                    |   |
|   | TESIS:<br>"ANÁLISIS DE RIESGO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTO DE TALUD EN VÍA PRINCIPAL PANAMERICANA SUR TRAMO KM 171+330 AL KM 172+130, DISTRITO SAN VICENTE DE CAÑETE - LIMA 2023"      |                        |                                    | PLANO:<br>MAPA DE VULNERABILIDAD  |
|   | DEPARTAMENTO:<br>LIMA   | PROVINCIA:<br>CAÑETE   | DISTRITO:<br>SAN VICENTE DE CAÑETE | PROGRESIVA:<br>KM169+775 - KM174+150  |
| ELABORADO POR:<br>ELIZABETH HUILLCA PARI  | ESCALA:<br>1:13,000   | FECHA:<br>FEBRERO 2024 | ZONA:<br>18 S                      | PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL:<br>INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO           |
|   |   |                        |                                    | <b>LAMINA:</b><br><span style="font-size: 24px; font-weight: bold;">09</span> |