



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**“INDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA
ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA POR MÉTODO DE
TALUDES NATURALES EN LA CUENCA DEL RIO
AZUPIZÚ 2017.”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
FIDELA MIRIAM RAMOS HEREÑA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

HUANCAYO - PERU

2018

DEDICATORIA.

A Dios, a mi familia por su apoyo incondicional pese a la distancia nunca dejaron de brindarme su apoyo moral y sus consejos que siempre me mantuvieron de pie.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por darme la vida y guiar siempre mis pasos, a mis queridos padres por sus enormes esfuerzos que realizan día con día, quienes pese a no estar a mi lado siempre me apoyaron moralmente a seguir adelante y no ceder ante las adversidades. También agradecer muy especialmente a mis amigas(os) quienes son mi nueva familia quienes siempre estuvieron presentes en los buenos y malos momentos, de manera especial a mi asesor Dr. Abel Alberto Muñoz Paucarmayta por su paciencia y comprensión quien estuvo ahí apoyándome desde el planteamiento y posterior desarrollo de la tesis y de igual manera agradecer a mis docentes por impartirme sus conocimientos dentro de las aulas.

RESUMEN

La investigación tiene por objetivo analizar los índices de vulnerabilidad a través de los factores involucrados, el efecto del porcentaje de pendiente, la influencia del tipo de suelo, la estructura geológica (roca), la permeabilidad de los suelos y las probabilidades de fallar en taludes naturales, con la finalidad de generar un mapa de zonificación geotécnica de áreas estables e inestables de acuerdo con el índice de vulnerabilidad en la cuenca del río Azupizú.

En la investigación se empleó el método científico, nivel explicativo con un diseño no experimental; iniciándose con la observación directa en el campo y la recolección de muestras para realizar ensayos de laboratorio y establecer sus parámetros, también se empleó como herramientas los softwares de Slide 5.0 y ArcGis 10.3.

Como resultados se obtuvo que para suelos del tipo SM, cohesión 4.9, ángulo de fricción interna de 18.27° y pendientes superiores a $22.4\% \pm 7.83$ los taludes naturales son inestables, debido a que la resistencia al corte $0.75 \text{ kg/cm}^2 \pm 10\%$.

Según los resultados de la tabla 32 y el plano del anexo 4.10 se muestra: baja probabilidad de falla (sector Acolla), media probabilidad (sector de Miritiriani) y la zona más crítica (sector de Platanillo de Shimaki)

En cuanto al índice de vulnerabilidad estas varían desde 0 (zonas de orillas de río), 0.5 (zonas de terrazas), 1 (montañas).

Palabras claves: vulnerabilidad, probabilidad, susceptibilidad, taludes naturales, geotecnia.

ABSTRAC

The objective of the research is to analyze the vulnerability indexes through the factors involved, the effect of the slope percentage, the influence of the type of soil, the geological structure (rock), the permeability of the soils and the probabilities of failure on slopes. natural, in order to generate a geotechnical zoning map of stable and unstable areas according to the vulnerability index in the Azupizú river basin.

In the research, the scientific method was used, an explanatory level with a non-experimental design; Starting with the direct observation in the field and the collection of samples to perform laboratory tests and establish their parameters, the softwares of Slide 5.0 and ArcGis 10.3 were also used as tools.

As results it was obtained that for soils of type SM, cohesion 4.9, internal friction angle of 18.27° and slopes greater than $22.4\% \pm 7.83$ natural slopes are unstable, because the cut resistance $0.75 \text{ kg/cm}^2 \pm 10\%$.

According to the results of table 32 and the plan of annex 4.10, it is shown: low probability of failure (sector Acolla), average probability (sector of Miritiriani) and the most critical zone (sector of Platanillo de Shimaki)

In terms of the vulnerability index, these vary from 0 (riverbank areas), 0.5 (terraced areas), 1 (mountains).

Keywords: Vulnerability, probability, susceptibility, natural slopes, geotecnia.

ÍNDICE

	Páginas
CAPITULO I.	
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.....	20
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	20
1.2. Delimitaciones de la investigación.....	23
1.2.1. Delimitación conceptual.....	23
1.2.2. Espacial.....	23
1.2.3. Temporal.....	23
1.3. Planteamiento de problemas de investigación.	24
1.3.1. Problema general.....	24
1.3.2. Problemas específicos.....	24
1.4. Objetivos de la investigación.....	25
1.4.1. Objetivo general.....	25
1.4.2. Objetivos específicos.....	25
1.5. Formulación de la hipótesis de investigación.....	26
1.5.1. Hipótesis general.....	26
1.5.2. Hipótesis específicas.....	26
1.6. Variables de la investigación.	26
1.6.1. variable independiente.....	26
1.6.2. variable dependiente.....	26
1.7. Justificación e importancia de la investigación.....	28
1.7.1. Justificación.....	28
1.7.2. Importancia.....	28
CAPITULO II.	
MARCO TEORICO.....	29
2.1. Antecedentes de la investigación.....	29
2.1.1. Nacionales.....	29
2.1.2. Internacionales.....	31

2.2.	Bases teóricas.....	33
2.2.1.	Talud natural.....	33
2.2.2.	Análisis para tipos de suelos.....	35
2.2.3.	Análisis de probabilidades de falla.....	41
2.2.4.	Parámetros y criterios para el cálculo del índice de vulnerabilidad.....	46
2.3.	Definiciones de términos básicos.....	48
CAPITULO III.		
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....		50
3.1.	Diseño de la investigación.....	50
3.1.1.	Tipo de investigación.....	50
3.1.2.	Nivel de investigación.....	50
3.1.4.	Diseño de la investigación.....	51
3.2.	Población y muestra de la investigación.....	51
3.2.1.	Población.....	51
3.2.2.	Muestra.....	52
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	52
3.3.1.	Técnicas.....	52
3.3.2.	Instrumentos.....	53
CAPITULO IV.		
ANALISIS Y RESULTADOS.....		54
4.1.	Análisis.....	54
4.1.1.	Breve descripción de la zona de estudio.....	54
4.1.2.	Ubicación.....	54
4.2.	Aplicación de los métodos de análisis.....	54
4.2.1.	Análisis del efecto del porcentaje de pendiente en la estabilidad de taludes. 54	
4.2.2.	Determinar la influencia del tipo de suelo en la zona de estudio.....	62
4.2.3.	Determinación de la relación de probabilidad de falla de un talud.....	64
4.2.4.	Determinación del índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica. 66	
4.3.	Resultado.....	67
4.3.1.	Análisis del efecto del porcentaje de pendiente.....	67
4.3.2.	Determinar la influencia de los tipos de suelo.....	72
4.3.3.	Análisis de probabilidades de falla en un talud natural.....	77
4.3.4.	Determinar el índice de vulnerabilidad para la zonificación.....	95
CAPITULO V.		
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		96
Discusión 1:.....		96
Discusión 2:.....		97
Discusión 3:.....		97
Discusión 4:.....		98

CAPITULO VI.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99
CONCLUSIONES.....	99
RECOMENDACIONES.....	101
BIBLIOGRAFIA.....	102
ANEXOS.....	106
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	107
Anexo 2. Ensayo del laboratorio.....	108
Anexo 3. Cálculos realizados por objetivos.....	120
Anexo 4. Planos.....	206
Anexo 5. Otros documentos.....	217
Anexo 6. Panel fotográfico.....	219

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables.....	27
Tabla 2. Factor gravitacional en función a la morfología de las laderas.....	34
Tabla 3. Serie de tamices según la ASTM.	37
Tabla 4. Límites de tamaño de suelos separados.....	38
Tabla 5. Valores promedio de propiedades geotécnicas propuestas para la estimación de deslizamiento traslacional de laderas en función del grupo litológico del país.....	43
Tabla 6. Era geológica según su cronología.	42
Tabla 7. Clasificación de la susceptibilidad a los deslizamientos con base en la observación de la morfología del terreno (crozier, 1986).	47
Tabla 8:valores de vulnerabilidad ambiental.	48
Tabla 9. Determinación del patrón triangular.....	56
Tabla 10. Calculo del porcentaje de pendiente margen derecha.	57
Tabla 11. Calculo del porcentaje de pendiente margen izquierda.....	58
Tabla 12. Pendiente promedio por talud en la margen derecha.....	61
Tabla 13. Pendiente promedio por talud en la izquierda	61
Tabla 14. Factor de seguridad según pendiente.	62
Tabla 15. Índice de vulnerabilidad de la estructura geológica.....	63
Tabla 16. Infiltración sin vegetación.	64
Tabla 17. Infiltración con vegetación.....	64
Tabla 18. Infiltración de promedio.	64
Tabla 19. Porcentaje que pasa según SUCS para cada tipo de suelo, para cada número de calicatas.	72
Tabla 20. Resultados del ensayo de corte directo.....	74
Tabla 21. Índice de vulnerabilidad del suelo.....	75

Tabla 22. Edad geológica del manto rocoso de mayor a menor y el área que abarca dentro de la cuenca.	76
Tabla 23. Índice de vulnerabilidad de los taludes en la margen derecha.	78
Tabla 24 . Análisis de índice de vulnerabilidad (talud 2)	78
Tabla 25. Análisis de índice de vulnerabilidad (talud 4)	81
Tabla 26. Análisis de índice de vulnerabilidad (talud 6)	83
Tabla 27. Análisis de índice de vulnerabilidad (talud 7)	86
Tabla 28. Índice de vulnerabilidad de los taludes en la margen izquierda	87
Tabla 29. Análisis de índice de vulnerabilidad (talud 1)	87
Tabla 30. Análisis de índice de vulnerabilidad (talud 3)	90
Tabla 31. Análisis de índice de vulnerabilidad (talud 5)	92
Tabla 32. Zonificación geotécnica según su vulnerabilidad.	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variación de pendiente en el río Azupizú en el sector Acolla.	22
Figura 2. Deslizamiento en el tramo sector Acolla - Platanillo de Shimaki.	22
Figura 3. Partes de un Talud natural o ladera.	33
Figura 4. Patrón triangular (determinístico).	35
Figura 5. Perfil del suelo en un esquema y en terreno natural.	36
Figura 6. Límites de consistencia o Atterberg.....	38
Figura 7. Composición de un suelo y su relación volumétrica.	39
Figura 8. Deslizamiento rotacional.	45
Figura 9. Deslizamiento traslacional.	45
Figura 10. Falla por flujo.	46
Figura 11. Delimitación de los taludes en la cuenca del río Azupizú.	55
Figura 12. Perfil de cálculo del porcentaje de pendiente progresiva 01+167.70	58
Figura 13. Perfil de cálculo del porcentaje de pendiente progresiva 02+734.10.	59
Figura 14: perfil del terreno en la progresiva 00+00 de la margen derecha. ...	59
Figura 15. perfil del terreno en la progresiva 00+00 de la margen izquierda. ...	60
Figura 16: valores de porcentaje de pendiente.	60
Figura 17. Modelamiento de la probabilidad de falla en Slide 5.0	65
Figura 18. Valores de los índices de vulnerabilidad.	67
Figura 19. Patrón triangular determinístico en la zona de estudio.	68
Figura 20. Pendiente mínima, media y máxima de la margen derecha.	69
Figura 21. Pendiente mínima, media y máxima de la margen izquierda.	70
Figura 22. Relación del factor de seguridad vs. pendiente.	71
Figura 23. Relación del límite líquido con relación al número de calicatas.	73
Figura 24. Relación del límite plástico con relación al número de calicatas. ...	73
Figura 25. Resumen de resistencia de los suelos (lineal).	74
Figura 26. Diferencia entre una infiltración en un terreno sin vegetación y con vegetación.	75
Figura 27. pendientes más representativas.....	77
Figura 28. Modelamiento de un talud natural de probabilidad mínima de deslizamiento	79
Figura 29. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.....	79

Figura 30. Modelamiento de un talud natural de probabilidad mínima de deslizamiento.	80
Figura 31. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.....	80
Figura 32. Probabilidad mínima de deslizamiento.	81
Figura 33. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.....	82
Figura 34. Probabilidad mínima de deslizamiento.	82
Figura 35. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.....	83
Figura 36. Probabilidad mínima de deslizamiento.	84
Figura 37. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.....	84
Figura 38. Probabilidad mínima de deslizamiento.	85
Figura 39. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.....	85
Figura 40. Probabilidad mínima de deslizamiento.	86
Figura 41. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.....	86
Figura 42. Probabilidad mínima de deslizamiento.	88
Figura 43. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.....	88
Figura 44. Probabilidad mínima de deslizamiento.	89
Figura 45. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.	89
Figura 46. Probabilidad mínima de deslizamiento.	90
Figura 47. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.....	90
Figura 48. Probabilidad mínima de deslizamiento.	91
Figura 49. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.....	91
Figura 50. Probabilidad mínima de deslizamiento	92
Figura 51. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.....	93
Figura 52. Probabilidad mínima de deslizamiento	93
Figura 53. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.....	94
Figura 54. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 00+00.....	120
Figura 55. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 00+526.80.....	121
Figura 56. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 00+632.90.....	122
Figura 57. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 01+167.70.....	122
Figura 58. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 01+968.70.....	123
Figura 59. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 02+942.10.....	124
Figura 60. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 04+595.20.....	125
Figura 61. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 04+729.30.....	126
Figura 62. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 04+729.30.....	127
Figura 63. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 04+923.30.....	128

Figura 64. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 05+653.40	129
Figura 65. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 06+491.50	130
Figura 66. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 07+895.70	131
Figura 67. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 09+032.00	132
Figura 68. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 09+434.20	133
Figura 69. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 10+465.80	133
Figura 70. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 10+789.90	134
Figura 71. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 11+268.50	134
Figura 72. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 11+623.40	134
Figura 73. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 11+969.70	135
Figura 74. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 12+710.30	135
Figura 75. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 13+460.80	135
Figura 76. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 13+770.50	136
Figura 77. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 14+236.30	136
Figura 78. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 14+258.20	136
Figura 79. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 00+164.30	137
Figura 80. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 00+529.40	137
Figura 81. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 01+007.40	138
Figura 82. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 01+427.10	139
Figura 83. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 02+198.10	140
Figura 84. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 02+942.10	140
Figura 85. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 05+170.40	141
Figura 86. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 06+054.30	142
Figura 87. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 06+523.80	142
Figura 88. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 07+208.80	143
Figura 89. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 08+267.10	143
Figura 90. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 09+434.20	144
Figura 91. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 10+014.90	144
Figura 92. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 11+623.40	145
Figura 93. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 12+535.40	146
Figura 94. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 13+046.29	147
Figura 95. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 13+460.80	148
Figura 96. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 14+176.90	149
Figura 97. Perfil del terreno en progresiva 00+00	150
Figura 98. Perfil del terreno en progresiva 00+526.76	150
Figura 99. Perfil del terreno en progresiva 00+632.85	150
Figura 100. Perfil del terreno en progresiva 01+167.67	151
Figura 101. Perfil del terreno en progresiva 01+968.73	151
Figura 102. Perfil del terreno en progresiva 02+734.08	151
Figura 103. Perfil del terreno en progresiva 04+595.2	152
Figura 104. Perfil del terreno en progresiva 04+729.26	152
Figura 105. Perfil del terreno en progresiva 04+923.26	152
Figura 106. Perfil del terreno en progresiva 05+653.43	153
Figura 107. Perfil del terreno en progresiva 06+491.50	153
Figura 108. Perfil del terreno en progresiva 07+895.66	153
Figura 109. Perfil del terreno en progresiva 09+032.00	154
Figura 110. Perfil del terreno en progresiva 09+434.20	154

Figura 111. Perfil del terreno en progresiva 10465.81.....	154
Figura 112. Perfil del terreno en progresiva 10+798.93.....	155
Figura 113. Perfil del terreno en progresiva 11+268.54.....	155
Figura 114. Perfil del terreno en progresiva 11+623.44.....	155
Figura 115. Perfil del terreno en progresiva 11+969.73.....	156
Figura 116. Perfil del terreno en progresiva 12+710.33.....	156
Figura 117. Perfil del terreno en progresiva 13+460.81.....	156
Figura 118. Perfil del terreno en progresiva 13+770.51.....	157
Figura 119. Perfil del terreno en progresiva 14+236.33.....	157
Figura 120. Perfil del terreno en progresiva 14+258.15.....	157
Figura 121. Perfil del terreno en progresiva 00+164.34.....	158
Figura 122. Perfil del terreno en progresiva 00+529.36.....	158
Figura 123. Perfil del terreno en progresiva 01+007.36.....	158
Figura 124. Perfil del terreno en progresiva 01+427.08.....	159
Figura 125. Perfil del terreno en progresiva 02+198.13.....	159
Figura 126. Perfil del terreno en progresiva 02+942.09.....	159
Figura 127. Perfil del terreno en progresiva 05+170.36.....	160
Figura 128. Perfil del terreno en progresiva 06+054.33.....	160
Figura 129. Perfil del terreno en progresiva 06+054.33.....	160
Figura 130. Perfil del terreno en progresiva 07+208.81.....	161
Figura 131. Perfil del terreno en progresiva 08+267.13.....	161
Figura 132. Perfil del terreno en progresiva 09+434.20.....	161
Figura 133. Perfil del terreno en progresiva 10+014.88.....	162
Figura 134. Perfil del terreno en progresiva 11+623.44.....	162
Figura 135. Perfil del terreno en progresiva 12+535.39.....	162
Figura 136. Perfil del terreno en progresiva 13+046.29.....	163
Figura 137. Perfil del terreno en progresiva 13+460.81.....	163
Figura 138. Perfil del terreno en progresiva 14+176.85.....	163
Figura 139. Probabilidad de falla en la progresiva: 00+00.00.....	164
Figura 140. FS según su distancia en la progresiva: 00+00.00.....	164
Figura 141. Probabilidad de falla en la progresiva: 00+526.80.....	165
Figura 142. FS según su distancia en la progresiva: 00+526.80.....	165
Figura 143. Probabilidad de falla en la progresiva: 00+632.90.....	166
Figura 144. FS según distancia en la progresiva 00+632.90.....	166
Figura 145. Probabilidad de falla en la progresiva: 01+167.70.....	167
Figura 146. FS según la distancia en la progresiva :01+167.70.....	167
Figura 147. Probabilidad de falla en la progresiva: 01+968.70.....	168
Figura 148. FS según distancia en la progresiva: 01+968.70.....	168
Figura 149. Probabilidad de falla en la progresiva: 02+734.10.....	169
Figura 150. FS según distancia en la progresiva: 02+734.10.....	169
Figura 151. Probabilidad de falla en la progresiva: 04+595.20.....	170
Figura 152. FS según distancia en la progresiva: 04+595.20.....	170
Figura 153. Probabilidad de falla en la progresiva: 04+729.30.....	171
Figura 154. FS según distancia en la progresiva: 04+729.30.....	171
Figura 155. Probabilidad de falla en la progresiva: 04+923.30.....	172
Figura 156. FS según distancia en la progresiva: 04+923.30.....	172
Figura 157. Probabilidad de falla en la progresiva: 05+653.40.....	173

Figura 158. FS según distancia en la progresiva: 05+653.40.....	173
Figura 159. Probabilidad de falla en la progresiva: 06+491.50.....	174
Figura 160. FS según distancia en la progresiva: 05+653.40.....	174
Figura 161. Probabilidad de falla en la progresiva: 07+895.70.....	175
Figura 162. FS según distancia en la progresiva: 07+895.70.....	175
Figura 163. Probabilidad de falla en la progresiva:09+032.00.....	176
Figura 164. FS según distancia en la progresiva: 09+032.00.....	176
Figura 165. Probabilidad de falla en la progresiva: 09+434.20.....	177
Figura 166. FS según distancia en la progresiva: 09+434.20.....	177
Figura 167. Probabilidad de falla en la progresiva: 10+465.80.....	178
Figura 168. FS según distancia en la progresiva: 10+465.80.....	178
Figura 169. Probabilidad de falla, progresiva: 10+789.90	179
Figura 170. FS según distancia en la progresiva: 10+789.90.....	179
Figura 171. Probabilidad de falla, progresiva: 11+268.50	180
Figura 172. FS según distancia en la progresiva: 11+268.50.....	180
Figura 173. Probabilidad de falla, progresiva: 11+623.40	181
Figura 174. FS según distancia en la progresiva: 11+623.40.....	181
Figura 175. Probabilidad de falla, progresiva: 11+969.70	182
Figura 176. FS según distancia en la progresiva: 11+969.70.....	182
Figura 177. Probabilidad de falla, progresiva: 12+710.30	183
Figura 178. FS según distancia en la progresiva: 12+710.30.....	183
Figura 179. Probabilidad de falla, progresiva: 13+460.80	184
Figura 180. FS según distancia en la progresiva: 13+460.80.....	184
Figura 181. Probabilidad de falla progresiva: 13+770.50	185
Figura 182. FS según distancia en la progresiva: 13+770.50.....	185
Figura 183. Probabilidad de falla, progresiva: 14+236.30	186
Figura 184. FS según distancia en la progresiva: 14+236.30.....	186
Figura 185. Probabilidad de falla, progresiva: 14+258.20	187
Figura 186. FS según distancia en la progresiva: 14+258.20.....	187
Figura 187. Probabilidad de falla en la progresiva: 00+164.30.....	188
Figura 188. FS según distancia en la progresiva: 00+164.30.....	188
Figura 189. Probabilidad de falla en la progresiva: 00+529.40.....	189
Figura 190. FS según distancia en la progresiva: 00+529.40.....	189
Figura 191. Probabilidad de falla en la progresiva: 01+007.40.....	190
Figura 192. FS según distancia en la progresiva: 01+007.40.....	190
Figura 193. Probabilidad de falla en la progresiva: 01+427.10.....	191
Figura 194. FS según distancia en la progresiva: 01+427.10.....	191
Figura 195. Probabilidad de falla en la progresiva: 02+198.10.....	192
Figura 196. FS según distancia en la progresiva: 02+198.10.....	192
Figura 197. Probabilidad de falla en la progresiva: 02+942.10.....	193
Figura 198. FS según distancia en la progresiva: 02+942.10.....	193
Figura 199. Probabilidades de falla en la progresiva: 05.170.40	194
Figura 200. FS según distancia en la progresiva: 05+170.40.....	194
Figura 201. Probabilidad de falla en la progresiva: 06+054.30.....	195
Figura 202. FS según distancia en la progresiva: 06+054.30.....	195
Figura 203. Probabilidades de falla, progresiva: 06+523.80.....	196
Figura 204. FS según distancia en la progresiva: 06+523.80.....	196

Figura 205. Probabilidades de falla en la progresiva: 07+208.80	197
Figura 206. FS según distancia en la progresiva: 07+208.80.....	197
Figura 207. Probabilidad de falla, progresiva: 08+267.10	198
Figura 208. FS según distancia en la progresiva: 08+267.10.....	198
Figura 209. Probabilidad de falla en la progresiva: 09+434.20.....	199
Figura 210. FS según distancia en la progresiva: 09+434.20.....	199
Figura 211. Probabilidad de falla en la progresiva: 10+014.90.....	200
Figura 212. FS según distancia en la progresiva: 10+014.90.....	200
Figura 213. Probabilidad de falla, progresiva: 11+623.40	201
Figura 214. FS según distancia en la progresiva: 11+623.40.....	201
Figura 215. Probabilidad de falla en la progresiva: 12+535.40.....	202
Figura 216. FS según distancia en la progresiva: 12+535.40.....	202
Figura 217. Probabilidades de falla en la progresiva: 13+046.29.....	203
Figura 218. FS según distancia en la progresiva: 13+046.29.....	203
Figura 219. Probabilidad de falla, progresiva: 13+460.80	204
Figura 220. FS según distancia en la progresiva: 13+460.80.....	204
Figura 221. Probabilidades de falla en la progresiva: 14+176.90.....	205
Figura 222. FS según distancia en la progresiva: 14+176.90.....	205
Figura 223 Pogramasiva:04+595.2 extracción de muestra - calicata n°1 en el sector Acolla.....	219
Figura 224. Medición de profundidad de 1.80 m, calicata n°1 en el sector Acolla.	219
Figura 225. Progresiva:13+046.3 extracción de muestra - calicata n°2 en el sector Platanillo de Shimaki.	220
Figura 226. Progresiva: 00+539.4 medición de profundidad de la calicata n°3 en el sector Nativa Miritiriani.	220
Figura 227. Extracción de muestra a 1.20 m de profundidad debido a que el resto es material rocoso en la calicata n°3 en el sector Miritiriani.	221
Figura 228. Progresiva 02+198.1 Extracción de muestra en la calicata n°4 en el sector Acolla, a poca profundidad se halló estrato de rocoso.	221
Figura 229. Prueba de infiltración con vegetación en el sector Acolla.....	222
Figura 230. Prueba de infiltración sin vegetación en el sector Acolla.....	222
Figura 231. Prueba de infiltración con vegetación en el sector Platanillo de Shimaki.....	223
Figura 232. Prueba de infiltración sin vegetación en sector de Platanillo de Shimaki.....	223
Figura 233. Ensayo de infiltración con vegetación en el sector de Miritiriani.	224
Figura 234. Ensayo de infiltración sin vegetación en el sector Miritiriani.	224
Figura 235. Ensayo de infiltración con vegetación en el sector Acolla tramo II.	225
Figura 236. Ensayo de infiltración sin vegetación en el sector Acolla tramo II.	225
Figura 237. Deslizamiento en una zona alta de un talud en el sector Acolla.	226
Figura 238. Deslizamiento de mínima dentro de la selva en la zona de la extracción de muestra en la calicata n°1, sector Acolla.	226
Figura 239. Deslizamientos en la progresiva 12+535.4.....	227

Figura 240. Deslizamientos en la progresiva 11+268.5 pese a tener una pendiente moderada que no alcanza el 45%.	227
Figura 241. Deslizamientos con dirección al río Azupizú en el tramo Platanillo de Shimaki.....	228
Figura 242. Deslizamientos en la progresiva 00+164.3 que forma parte en el sector Miritiriani.	228
Figura 243. Deslizamiento antiguo con probabilidad de fallar.	229
Figura 244. Roca en proceso de meteorización química- sector Miritiriani. ..	229
Figura 245. Río Azupizú zona medianamente llana en el sector Miritiriani....	230
Figura 246. Ensayo granulométrico mediante el tamizado.	230
Figura 247. Tamizado de los materiales extraídos de todas las calicatas.	231
Figura 248. Pesado del material granular retenido en cada tamiz-proceso del análisis granulométrico.....	231
Figura 249. Realización del ensayo de límites líquido en la cuchara de casa grande.	232
Figura 250. Secado de las muestras en el horno a una temperatura $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$	232
Figura 251. Colocando la muestra en el molde.	233
Figura 252. Tomando lectura de los deformímetro en el ensayo de corte directo.	233
Figura 253. Desmoldando la muestra del ensayo de corte directo.....	234
Figura 254. Muestra seca del corte directo de la calicata n°3.	234
Figura 255. Muestras secas de los ensayos de límite líquido y plástico de la calicata n°1.....	235
Figura 256. Muestras secas de los ensayos de límite líquido y plástico de la calicata n°3.....	235

INTRODUCCION

La investigación está organizada según el siguiente:

Capítulo I. Planteamiento metodológico: comprende generalidades como la descripción de la realidad problemática la cual es la inestabilidad de taludes naturales en la cuenca del río Azupizú.

La investigación se encuentra ubicada en la región Pasco, provincia de Oxapampa distrito de Puerto Bermúdez, comunidad nativa Séptimo Unido de Santa Fe de Aguachini (sectores de Miritiriani, Acolla y Platanillo de Shimaki) y se plantea como objetivo general determinar el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del río Azupizú 2017.

Aplicando la técnica de **observación directa** y un muestreo no probabilístico de tipo intencional con la finalidad de determinar los factores involucrados en la inestabilidad, para lo cual se optó como herramientas el software Slide 5.0 para determinar las probabilidades y factor de seguridad en cada pendiente, y el ArcGis 10.3 para determinar los índices de vulnerabilidad y generar la zonificación geotécnica.

Por otra parte, esta investigación nace a partir de querer conocer del por qué en la selva donde existe cobertura vegetal existen deslizamientos, cuáles son las probabilidades de que se susciten deslizamientos en taludes naturales, qué áreas o zonas están comprometidas y bajo qué factores y así prevenir hechos lamentables en Perú, determinando las áreas vulnerables.

La investigación a socia con el ordenamiento territorial de un distrito, o una población pequeña en crecimiento (comunidades), evita prevenir hechos lamentables que nos aquejan por la falta de información. también aporta mediante sus resultados que se generen nuevos métodos para estabilidad de taludes naturales sobre todo en la selva.

Capítulo II. marco teórico: comprende el análisis de los antecedentes internacionales y nacionales, como parte de las bases teóricas se aplicó las teorías relacionadas a taludes naturales, el análisis para tipos de suelos, análisis de probabilidades, los parámetros y criterios para el cálculo del índice de vulnerabilidad, y las definiciones de términos nuevos empleados.

Capítulo III. Metodología de la investigación: se clasifica según su método como una investigación científica, del nivel explicativo con un diseño no experimental; iniciándose con la observación directa en el campo y la recolección de muestras.

Capítulo IV. Análisis y resultados: se evalúan los objetivos trazados y se realizaron cálculos para cada objetivo específico (cálculo de pendiente, determinar la influencia del tipo de suelo, y las probabilidades de falla de un talud natural) con la finalidad de lograr el objetivo general (zonificación geotécnica) mediante el cual se resalta las zonas estables e inestables.

Capítulo V. Discusión de resultados: los antecedentes internacionales y nacionales se analizaron para posteriormente contrastarlo con los objetivos planteados al inicio de la investigación teniendo similitudes en sus resultados, considerando el coeficiente de variación de cada uno de ellos

Capítulo VI. Conclusiones Y recomendaciones: La zonificación geotécnica dado por el índice de vulnerabilidad concluye cumpliendo con los objetivos trazados la investigación contribuye a un ordenamiento territorial de una determinada población, sobre todo en la selva previa identificación de zonas o áreas habitables, que se desarrollen métodos de estabilización de taludes naturales.

CAPITULO I.

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.

1.1. Descripción de la realidad problemática.

El problema más común es la remoción de la masa de suelo en taludes naturales que afectan a los habitantes que están inmersas en zonas vulnerables a deslizamientos, sin importar mucho la existencia de una cobertura vegetal en el talud. En diversas partes del mundo existen en diversas partes del mundo y en estos últimos años se dieron casos de deslizamientos de grandes magnitudes y en Sudamérica se dio en Medellín-Colombia (2015), Rio de Janeiro-Brasil (2011) y el Perú no es la excepción, existen muchos casos de inestabilidad de taludes naturales, estos deslizamientos son generados principalmente por la propia naturaleza la cual son poco investigados, como sabemos en nuestro país nuestra geología, topografía y la misma geografía es variable por consiguiente su capacidad portante del suelo en un lugar es diferente a otro.

A consecuencia de la inestabilidad de los suelos, en diversas zonas del Perú muchos de sus habitantes perdieron sus viviendas, animales, cultivos y lo más importante es que se perdieron vidas humanas. La inestabilidad de los taludes naturales se debe por la presencia de agua (que se manifiestan mediante ríos, quebradas, incluso las escorrentías dependiendo las zonas y la precipitación). Las zonas afectadas por deslizamientos son costa, sierra y selva de nuestro país; sin embargo, tanto la sierra como la selva presentan un registro de precipitación alto, sumado un mal tipo de suelo esta pasa a ser una zona vulnerable. Existen información de susceptibilidad física del Perú que están basadas en el análisis de desastres en la costa y sierra del país dejando poco de lado la selva peruana por lo que no se tiene mucha información.

La zona de estudio ubicada en la cuenca del río Azupizú, que se encuentra ubicada en el distrito de Puerto Bermúdez, provincia de Oxapampa, región Pasco, la cual presenta una topografía variable. Esta zona forma parte de la selva central, la cual su condición climática, geológica y su geomorfología, contribuye a la inestabilidad de los suelos, la cuenca del río Azupizú, se ubican entre dos topografías distintas, con una variación de pendientes (Figura 1); además se registran altas precipitaciones que finalmente erosionan el material geológico con la que está compuesto el suelo de la selva central, que principalmente está compuesta por suelos finos.

Los deslizamientos que se generan, provocan deforestación y por consiguiente altera el ecosistema que incluso afectan los bosques de protección San Matías - San Carlos, que se ubican en la zona de estudio los materiales productos de los deslizamientos masivos (Figura 2), alteran el cauce de la cuenca la cual provoca inundaciones en el trayecto del río Azupizú, la cual se encuentra habitada a sus alrededores por comunidades nativas de origen étnico Asháninka la cual es la cultura predominante de la zona. Según información de los pobladores de dicha zona hace aproximadamente quince (30) años atrás en épocas de invierno, se produjo el colapso de dos cerros que convergían en la cuenca del Azupizú, cerrando el paso del cauce del río; provocando la acumulación masiva de agua, hasta el punto en que el mismo terreno terminó cediendo el paso del agua y como consecuencia de este hecho se produjo una gran inundación, arrasando con todo a su paso donde se perdieron muchas vidas humanas y bienes materiales.

Hoy en día continúan estos sucesos, no solo en la cuenca del río Azupizú, sino en otras cuencas para la cual es necesario estudiar el tipo de suelo y los fenómenos que suscitan o que puedan acontecer tomando en cuenta la función del agua.



Figura 1. Variación de pendiente en el rio Azupizú en el sector Acolla.



Figura 2. Deslizamiento en el tramo sector Acolla - Platanillo de Shimaki.

1.2. Delimitaciones de la investigación.

1.2.1. Delimitación conceptual.

Se analizará teorías relacionadas con estabilización de taludes: patrón triangular método de taludes naturales Bishop simplificado, Factor de seguridad que lo determina el software y Índice de vulnerabilidad.

1.2.2. Espacial.

El desarrollo de la investigación se llevará a cabo en la cuenca del río Azupizú la cual incluye tres sectores de la comunidad nativa Séptimo Unido de Santa Fé de Aguachini, como son: Miritiriani, Acolla y platanillo de Shimaki; que se encuentra ubicada en el distrito de Puerto Bermúdez, provincia de Oxapampa, región Pasco.

1.2.3. Temporal.

El desarrollo de la investigación se llevará a cabo en el año lectivo 2017 en un plazo de 6 meses.

1.3. Planteamiento de problemas de investigación.

1.3.1. Problema general.

¿Cómo influye el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del río Azupizú 2017?

1.3.2. Problemas específicos.

- ¿Cuál es el efecto del porcentaje de pendiente en el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del río Azupizú 2017?
- ¿De qué manera influye el tipo de suelo en el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del río Azupizú 2017?
- ¿Cuánto es la relación de la probabilidad de falla de un talud con el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del río Azupizú 2017?

1.4. Objetivos de la investigación.

1.4.1. Objetivo general.

Determinar el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del río Azupizú 2017.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Analizar el efecto del porcentaje de pendiente en el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del río Azupizú 2017.
- Determinar la influencia del tipo de suelo en el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del río Azupizú 2017.
- Determinar la relación de la probabilidad de falla de un talud con el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del río Azupizú 2017.

1.5. Formulación de la hipótesis de investigación.

1.5.1. Hipótesis general.

El índice de vulnerabilidad es significativo para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del río Azupizú en el 2017.

1.5.2. Hipótesis específicas.

- El efecto del porcentaje de pendiente es significativo en el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del río Azupizú en el 2017.
- El tipo de suelo influye preponderantemente en el cálculo del índice de vulnerabilidad en zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del río Azupizú en el 2017.
- La probabilidad de falla de un talud tiene relación primordial con el índice de vulnerabilidad para la realización de la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del río Azupizú en el 2017.

1.6. Variables de la investigación.

1.6.1. variable independiente.

- Índice de vulnerabilidad.

1.6.2. variable dependiente.

- Zonificación geotécnica.

1.6.3. Operacionalización de variables.

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ÍTEM	ESCALA
Índice de vulnerabilidad	Según (Highland y otros, 2008 pág. 63); para la evaluación de amenaza de deslizamientos hará en el índice de vulnerabilidad que está definida por su topografía y otros factores.	Los índices de vulnerabilidad se obtendrán a partir del análisis de los factores que intervienen en la inestabilidad de un talud natural en la cuenca del río Azupizu.	D1: tipo de suelo D2: propiedades del suelo D3: pendiente	I1: limite liquido I2: limite plástico I3: granulometría I1: permeabilidad I2: corte directo I3: clasificación SUCS I1: menor a 25% I2: entre 25% y 45% I3: mayor a 45%	No aplica	No aplica
Zonificación geotécnica	Delimitar un terreno según la conformación de su estructura terrestre. Según (Highland y otros, 2008 pág. 75); los mapas de riesgos muestran el grado de peligro.	Indicar un mapa las zonas de riesgo o vulnerabilidad a los deslizamientos de un talud natural en la cuenca del río Azupizu.	D1: mapas D2: estabilidad de talud. D3: probabilidad de falla.	I1: plano topográfico I2: mapa geológico I3: mapa hidrográfico I1: pendiente I2: agua I3: tipo de suelo I1: velocidad de infiltración I2: tipo de suelo I3: pendiente		

Fuente: elaboración propia.

1.7. Justificación e importancia de la investigación.

1.7.1. Justificación.

Practica: Brinda una metodología precisa en el análisis de comportamiento de un talud natural, facilita su determinación de vulnerabilidad

Social: esta investigación busca mitigar el impacto que producen los deslizamientos ya que esto trae consigo pérdidas de vidas humanas, ya en estas zonas habitan personas de origen étnico Ashaninka y muchos de ellos aún se sitúan en zonas de deslizamientos activos. Esta información se brindará a la población y al ente responsable para que dichas familias sean reubicadas a zonas estables (seguras) la cual contribuye a un ordenamiento territorial de una determinada población, sobre todo en la selva previa identificación de zonas o áreas habitables. Todo esto con la finalidad de resguardar la vida humana.

Ambiental: se busca contribuir en la mitigación de la deforestación del medio ambiente producto de los deslizamientos que mayormente se producen en los meses de alta precipitación (invierno) la cual estas generan una gran desestabilización del ecosistema. Al llevarse a cabo la investigación en la selva se da cuenta de los diversos factores involucrados en el ecosistema que contribuyen a su deforestación; zonificar estas zonas de posibles áreas de deforestación la cual incluye parte del bosque de protección San Matías – San Carlos y poder plantear a futuro métodos de estabilización lo más ecológica posible.

1.7.2. Importancia.

Esta investigación es importante porque las vidas de muchas personas corren peligro es áreas y/o zonas inestables, además esta investigación colabora en la prevención de daños a una población inmersa en zonas de una vulnerabilidad alta. El problema de deslizamiento de taludes inestables no solo es un problema frecuente en Puerto Bermúdez sino en todo el país e incluso en diversas partes del mundo. Por ello la investigación es de utilidad para posteriores proyectos que se generen producto del desarrollo de una población (carreteras) e implementar nuevas metodologías de estabilización para zonas con características similares.

CAPITULO II. MARCO TEORICO.

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. Nacionales.

(Narvaes Lopez, 2012 págs. 22;41;75-81;125-126) en la tesis de pregrado titulada vulnerabilidad geotécnica de las quebradas arroyo seco y puca puca en la ciudad de Ayacucho, fijo como **objetivos:** Analizar integralmente la vulnerabilidad de huaycos en la zona de estudio, identificar las amenazas, estimar la vulnerabilidad y así determinar las zonas críticas; este estudio aplico la **metodología** del modelamiento de la quebrada donde se caracterizó y definió sus propiedades, la herramienta de análisis fundamental para la investigación fue la información aerofotográfica, topográfica y otros; donde la herramienta fundamental fue el sistema de información geográfica. Obteniendo los siguientes **resultados**, se identificó y ubicó los lugares de amenaza, donde existe más peligro de ocurrir problemas de deslizamientos e inundaciones tomando en cuenta que presenta una geología variable, las pendientes mayores a 25° es inestable; **Concluye** manifestando que en el Sector de Arroyo Seco existen amenazas de deslizamientos e Inundaciones debido a eventos climatológicos, y todas las comunidades presentan alta vulnerabilidad. Y finalmente **recomienda:** crear un sistema de drenaje pluvial específicamente en las comunidades más vulnerables, así como en las zonas con amenazas identificadas.

(Torres Chung, 2007 págs. 11;53;151-194;203) en la tesis titulada valoración de riesgo en deslizamientos, fijo como **objetivos**: estudiar y evaluar metodologías, analizar la estabilidad de un talud y cuantificar el grado de riesgo ante un deslizamiento, realizar comparaciones de anterior investigaciones; este estudio aplico **metodología** desarrollada es el cálculo del factor de seguridad con la que se evaluara la estabilidad del talud mediante un análisis probabilístico, la metodología que se aplicó fueron muchas con la finalidad de obtener resultados más exactos para la valoración de riesgo, obteniendo los siguientes **resultados** de todas las metodologías empleadas resulta que no es necesario un análisis sofisticado y que mediante el método de Taylor se puede calcular la susceptibilidad, y que las aceleraciones sísmicas en la zona de estudio genera deslizamientos en suelos coluviales, según modelamiento en el Slide 5.0, el índice de vulnerabilidad estima la perdidas económicas, relacionada esta con las probabilidades de falla; **concluye** manifestando que la metodología que se emplea es una herramienta importante en el análisis y estimación de riesgo en la ingeniería de taludes, finalmente **recomienda** que se apliquen nuevas herramientas de predicción del comportamiento de un talud.

(Toro Irureta, 2014 págs. 3; 71-72) en la tesis titulada Evaluación de la inestabilidad de taludes en la carretera las Pirias-cruce Lambayeque, San Ignacio. fijo como **objetivo**: evaluar las inestabilidades de taludes en carretera Aplicando como **metodología** la recolección de datos y el análisis de las mismas para prevenir. obteniendo como **resultado** que el ángulo de fricción promedio que presenta inestabilidad es de 12.71° con una cohesión de 0.29 kg/cm^2 , **Concluye** señalando que se identificaron 08 taludes inestables. Y finalmente recomienda utilizar un formato único para identificación de taludes inestables y usarlo como un inventario.

2.1.2. Internacionales.

(Lara Castillo, 2007 págs. 4-6;196-200) en la tesis titulada metodología para la evaluación y zonificación de peligro de remociones en masa con aplicación en quebrada san ramón, Santiago oriente, región metropolitana, Se fijó como **objetivos:** Desarrollar una metodología para evaluar los peligros geológicos que existen ante un deslizamiento y sus factores determinantes y así poder zonificar. Este estudio aplico **metodología** de evaluar la generación de los flujos de desechos producto del deslizamiento; para lo cual se reconoció la geología de la zona en estudio en consecuencia la obtención de muestras y de igual forma se aplicó la metodología del sistema de información geográfica, **Concluye** manifestando que el deslizamiento es el transporte del material donde se considera el volumen de la misma, para su velocidad y los factores que influyen son la morfología, la geología, el clima y la intervención de los seres humanos, los **resultados** de esta investigación tienen una alta confiabilidad. Y finalmente **recomienda:** incluir al estudio modelos hidráulicos y también evaluar en un eventual sismo e incorporar datos meteorológicos.

(Shuk Erdos, 1999 págs. 1; 39-41;45-46;53;55;76) en la revista titulada XI congreso panamericano de mecánica de suelos e ingeniería geotécnica conferencia principal, fijo como **objetivos:** cuantificar taludes inestables; determinar los riesgos por movimientos de masa, originado por coluviales y conocer si estas causan represiones accidentales; este estudio aplico un conjunto de **metodologías** para determinar los parámetros geomecánicos y de estabilidad, usando planos topográfico e información sobre las formaciones geológicas en el área de estudio. Obteniendo los siguientes **resultados** que los ensayos del laboratorio varían entre 2% y 8% e incluso hasta un 15% dependiendo al parámetro que se analice, dado que se utilizan muestras (núcleos) la MTN permite determinar probabilidades en volumen, área y longitud, que los tipos de cohesión determinan el tiempo de probabilidad a deslizamientos; **Concluye** manifestando que MTN ofrece aplicación práctica hasta niveles detallados pudiendo ser complementaria y puede compararse con otras metodologías respecto al no ser indispensable ensayos de laboratorio. Y

finalmente **recomienda:** precaución al analizar el factor de seguridad en áreas donde existen cortes y explotación la cual da un resultado errado y que el área es determinante y la discordancia con la realidad alteran los resultados de la investigación.

(Rosales Sanchez, y otros, 2009 págs. 6;47-51;78;105-107) en la tesis de maestría titulada Vulnerabilidad potencial de los suelos a deslizamientos de tierra en el municipio de La Conquista, Carazo, Nicaragua. Fijo como **objetivos:** Identificar áreas potencialmente vulnerables a deslizamientos mediante de mapas, evaluar los factores que generan la vulnerabilidad y realizar mapas de vulnerabilidad para proponer a la misma una mitigación, **la metodología** que se aplico fue el trabajo de campo y gabinete donde también se aplicó el Método Heurístico Geomorfológico y obtener el mapa de riesgo de ocurrencia de deslizamientos mediante su vulnerabilidad. Obteniendo los siguientes **resultados**, que a partir del 15% de pendiente esta presenta inestabilidad, el nivel de susceptibilidad moderada a deslizamientos abarca un área del 19.53 km² debido a la pendiente el agua se infiltra facilitando la inestabilidad del suelo. Concluye **manifestando:** en el campo existen deslizamientos activos y que si se presenta un sismo esta contribuiría más a la susceptibilidad; también los suelos poseen baja permeabilidad por la que se producen acciones erosivas, más del 48% del área de la zona de estudio presenta una pendiente mayor al 15%. Y finalmente **recomienda:** capacitar a la población sobre medidas y acciones preventivas, y construir obras en la ribera de los ríos.

2.2. Bases teóricas.

2.2.1. Talud natural.

(Diaz Suarez, 1998 pág. 3) Un talud natural también se conoce como ladera esta presenta distintas pendientes debido a su altura y su formación es producto de un proceso natural (ver Figura 4). La estabilidad de un talud se debe a la resistencia que pone un talud ante los esfuerzos de desplazamiento de corte en el transcurso de la superficie.

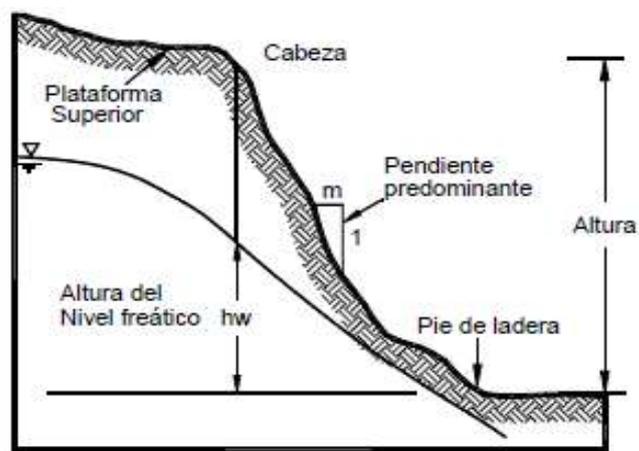


Figura 3. Partes de un Talud natural o ladera.

Fuente: (Diaz Suarez, 1998).

(Cuanalo Campos, y otros, 2011) Los agentes que intervienen en la estabilidad de un talud, dependen de las propias características de un talud, como la morfología y su topografía, el tipo de geología, vegetación, presencia de agua subterráneas, también a agentes externos son los desencadenantes de deslizamientos, como lluvias, sismo, actividad humana, erosión, socavación y la erupción de volcanes si lo hubiese.

Existen diversos factores por los cuales un talud se convierte vulnerable ante, un eminente desplazamiento.

a) *La topografía.*

El análisis de la estabilidad trata de determinar la posible falla donde la resistencia del suelo llega al límite, pero también puede fallar por tener una pendiente muy pronunciada. (Braja M., 2015 pág. 334).

según (Shuk Erdos, 1999 pág. 13;18) La pendiente de los taludes se observa por cambios topográficos determinar la pendiente es fundamental para construir el patrón triangular y sobre todo conocer la altura limite los extremos del patrón triangular son las que lo delimitan. Mientras que (Cuanalo Campos, y otros, 2011) refiere que la susceptibilidad a deslizamientos que se producen en un talud se da en zonas de gran pendiente, debido a la fuerza gravitacional que es muy significativa ante la pendiente que se presenta (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Factor gravitacional en función a la morfología de las laderas.

Características de ladera	Detalles intrínsecos				
Morfología	Plano	Lomerío suave	Lomerío fuerte	Montañoso	Escarpado
Inclinación β	0 - 5°	5 - 15°	15 – 30°	30 – 53°	>53°
Factor gravitacional	bajo	moderado	medio	alto	Extremo

Fuente: reproducido de (Cuanalo Campos, y otros, 2011)

b) *Análisis de pendientes por el método de taludes naturales (Patrón triangular)*

(Shuk Erdos, 1999 pág. 18) Los parámetros del patrón triangular están basados en parámetros geomecánicas para un estudio amplio, con factores determinantes a un deslizamiento que son aplicables en escalas logarítmicas como es el caso de las tendencias de las pendientes mínimas que forman la base del patrón. el rango de pendientes en un talud natural es más real mediante un patrón triangular ya que determina las tendencias de un talud, por lo que está dada por relaciones físicas de alturas y distancias que se dan según la topografía del terreno, ver Figura 4.

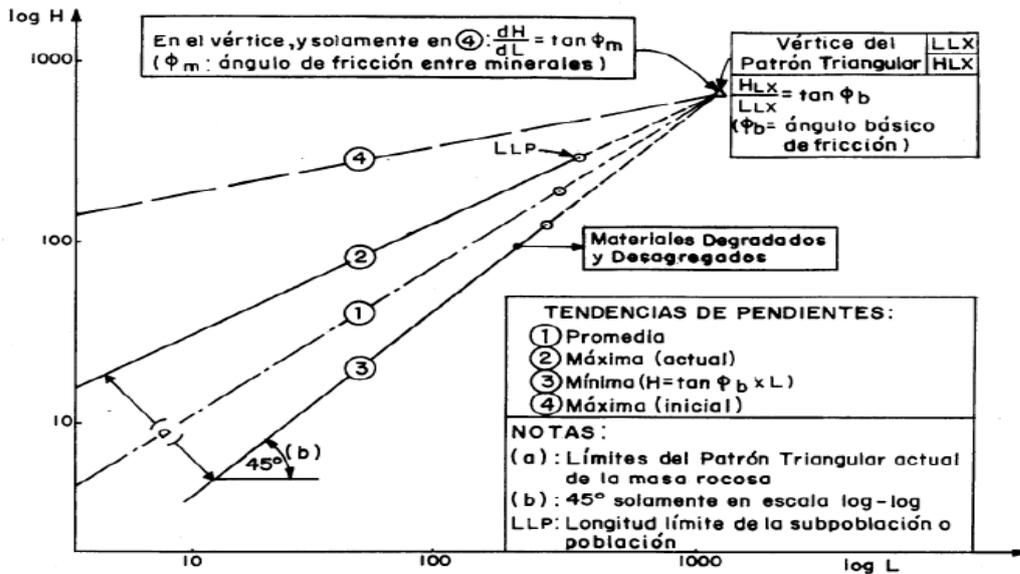


Figura 4. Patrón triangular (determinístico).

Fuente: (Shuk Erdos, 1999 pág. 19).

c) Factor de seguridad (FS).

(Shuk Erdos, 1999 págs. 40-58) según la MTN el factor de seguridad es uno de los parámetros de estabilidad que aporta la probabilidad de falla es aquel valor que interpreta si un deslizamiento puede producirse o no dado a los rangos establecidos de FS según su análisis. Factores geomecánicas como son el ángulo de fricción, la cohesión y el peso específico son importantes para el caculo del factor de seguridad, el factor de seguridad se basa en la estabilidad a partir del método de equilibrio estático.

2.2.2. Análisis para tipos de suelos.

Para el inicio del análisis de tipo de suelo se parte por:

a) Las propiedades geotécnicas.

Es importante conocer el tipo de material que presenta un suelo ya que es un factor influyente.

Los horizontes que constituyen el perfil se determinan de arriba hacia abajo clasificándolo de A, B y C en una exploración de campo como se muestra en la Figura 5.

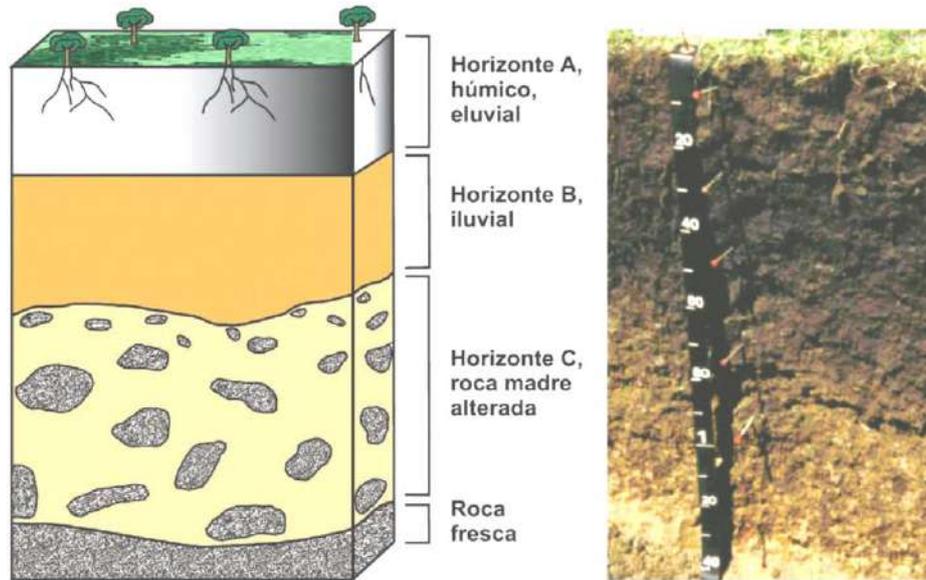


Figura 5. Perfil del suelo en un esquema y en terreno natural.

Fuente: Manual de geología, 2014 pág 146.

Donde:

- En el horizonte A: es producto, **eluvial** (de lavado) es compuesta por desechos orgánicos vegetales y animales es más homogéneo, de tonalidad oscura.
- horizonte B es producto **iluvial** (de acumulación) por acción gravitacional estos materiales se endurecen cada vez más debido a la profundidad.
- Horizonte C la zona presenta alteración de la roca o sedimento la cual se desarrolla el suelo y más abajo esta la roca madre. (Manual de geología, 2014 págs. 145-146).

b) Análisis granulométrico

(Braja M., 2001 pág. 2) Una masa de suelo no tiene un tamaño de partículas homogéneas, cada una son diferentes y las proporciones son variables por lo que es necesario clasificar y así conocer su distribución granulométrica, este análisis se efectúa mediante el tamizado mayormente para suelos grueso.

El método del tamizado se da por una serie de mallas de un diámetro mayor a menor según lo normado (ver tabla 3).

Tabla 3. Serie de tamices según la ASTM.

Tamaños nominales de abertura	
mm	ASTM
80	(3")
63	(2 1/2")
50	(2")
40	(1 1/2")
25	(1")
20	(3/4")
12,5	(1/2")
10	(3/8")
6,3	(1/4")
5	(N°4)
2,5	(N°8)
2,0	(N°10)
1,25	(N°16)
0,630	(N°30)
0,315	(N°50)
0,160	(N°100)
0.80	(N° 200)

Fuente: reproducido de (Vera Callao, 2013)

Una vez tamizado el suelo esta se grafica una curva granulométrica con relación al diámetro del tamiz o también conocida como criba y el porcentaje de suelo que pasa por cada una de ellas, los parámetros se determinan de una curva granulométrica y se expresan mediante las fórmulas:

- El coeficiente de uniformidad (Cu):

$$Cu = \frac{D60}{D10} \quad (\text{Ec. 1})$$

- El Coeficiente de curvatura (Cc):

$$Cc = \frac{D30^2}{(D60)(D10)} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

D10: diámetro del porcentaje de suelo que pasa el 10 %.

D30: diámetro del porcentaje de suelo que pasa el 30 %.

D60: diámetro del porcentaje de suelo que pasa el 60 %.

➤ **clasificación de suelos.**

Estos parámetros son de importancia para el uso del sistema de clasificación SUCS (sistema unificado de clasificación de suelos). Este Sistema de clasificación se diferencia con el sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), por clasificar los tamaños de los granos de un suelo distintamente uno con el otro (ver Tabla 4). Además, el sistema de clasificación SUCS utiliza símbolos para clasificar un suelo.

Tabla 4. Límites de tamaño de suelos separados.

sistema de clasificación	Tamaño del grano (mm)
Unificado	Grava: 75 mm A 4.75 mm Arena: 4.75 mm A 0.075 mm Limo y Arcilla (Finos): <0.075 mm
AASHTO	Grava: 75 mm A 2 mm Arena: 2 mm A 0.05 mm Limo: 0.05 mm A 0.002 mm Arcilla: <0.002 mm

Fuente: reproducido de (Braja M., 2001)

- **Límites de consistencia.** Es la cohesión del suelo fino que aporta un suelo a una partícula granular, debido a la absorción de agua, el factor determinante del comportamiento del suelo que va de sólido, semisólido, plástico y líquido es la cantidad de agua¹ como se muestra en la Figura 6.

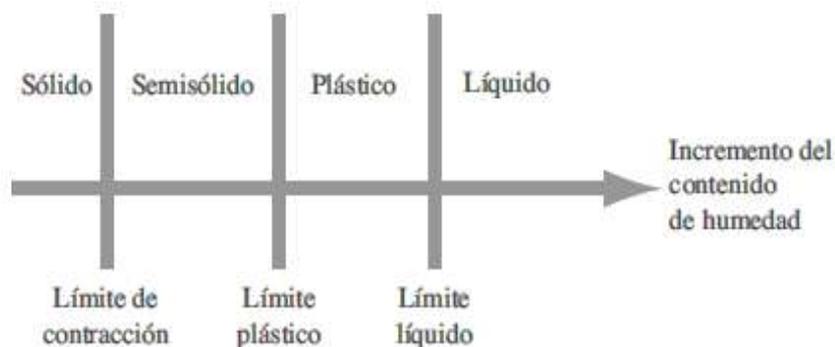


Figura 6. Límites de consistencia o Atterberg.

Fuente: Braja M. Das, 2015.

¹ A mayor cantidad de agua el suelo tiende a fluir como líquido; Fundamentos de ingeniería geotécnica (Braja M., 2015 pág. 64).

Limite liquido (LL): para determinar se realizar un ensayo donde se utiliza material que pasa el tamiz N° 40, con la que se prepara una pasta de suelo en la cuchara de Casagrande y se hace una ranura al medio, la altura reglamentada en que se deja caer al girar la manivela es de 10mm, se busca que la pasta se cierre en 25 golpes pero no siempre se cierra en ese número de golpe debido al contenido de humedad, por ello se realiza más de cuatro ensayos de un mismo suelo con diferente contenido de humedad para encontrar el número de golpe en que se cierran cada muestra, donde estas van de 15 a 35 golpes y tener resultados más exactos; la parte en que se cierra la muestra se recoge y se lleva al horno para ser secado y obtener su contenido de humedad. Esta se relaciona el número de golpes con el contenido de humedad y la cual el 25 número de golpes es el límite liquido interceptando con la línea de tendencia de los resultados de los demás ensayos con el mismo suelo (Braja M., 2015 pág. 65).

Limite plástico (LP): parte del ensayo es realizar rollitos de suelo de 3.2 mm de diámetro hasta que el rollito empiece a desmoronarse y agrietarse es decir cuando llega a su tope de plasticidad se coloca en taras para ser llevados a horno y ser secados a una temperatura de 110 a $\pm 5^\circ\text{C}$. (Braja M., 2015 pág. 65).

c) Relaciones volumétricas.

(Juárez Badillo, y otros, 2005 págs. 51-52) un suelo está constituido por sólidos, líquido que en algunos casos no necesariamente es el agua pueden ser otros y gases es decir aire o vapores, cada fase tiene relación con otra, que pueden ser mediante la determinación de su volumen o peso (ver figura 7).

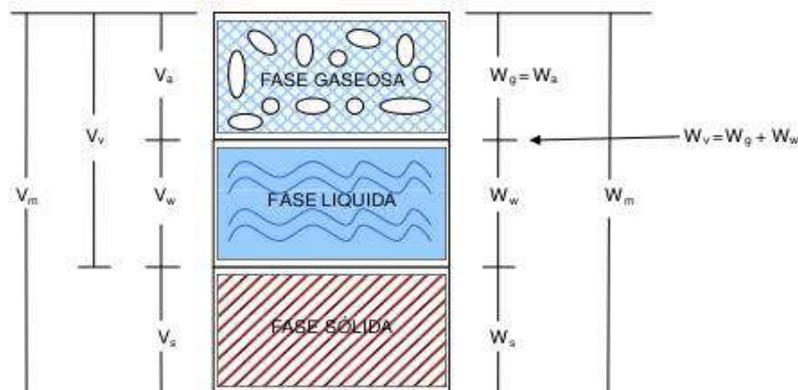


Figura 7. Composición de un suelo y su relación volumétrica.

Fuente: (Rosario Flores, 2015)

Donde:

V_m: volumen total del suelo

W_m: peso total del suelo.

V_v: volumen de vacíos.

W_v: peso de vacíos.

V_w: volumen de la fase líquida.

W_w: peso de la fase líquida.

V_s: volumen de la fase sólida.

W_s: peso de la fase sólida.

V_g: volumen de la fase gaseosa.

W_g: peso de la fase gaseosa

Según (Juárez Badillo, y otros, 2005 pág. 54) A partir de estas fases que contiene un suelo se establecen relaciones fundamentales como:

- Contenido de humedad (w%): que es el contenido de agua de un suelo, esta es la relación es entre el peso del agua en el suelo y el peso del suelo seco.

$$w(\%) = \frac{V_a}{V_v} \times 100 \quad (\text{Ec. 3})$$

Esta es producto de la porosidad que presenta el suelo, como se muestra en la (Figura 7), no es un sólido por completo; Así mismo permite conocer la permeabilidad del suelo por lo que están relacionadas directamente, siendo verificable con el ensayo de infiltración.

d) Corte directo.

(Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC), 2016 pág. 167) Es un ensayo que determinar la resistencia al corte de una muestra de suelo consolidada y drenada. Con aplicación de diversas cargas, uno normal y la cortante; e realiza con muestras alterada e inalteradas, se prepara la muestra y una vez colocado en el molde y estando consolidado se pesa para posteriormente aplicar dos cargas o esfuerzos en un área de muestra de suelo consolidada en el molde, se lectura el deformímetro de carga y de deformación vertical y horizontal, finalmente realizar los cálculos determinar la resistencia del suelo.

2.2.3. Análisis de probabilidades de falla.

a) *El agua como función desestabilizadora.*

El agua se presenta de diversas formas en la naturaleza y son las que influyen directa o indirectamente en la estabilidad de un talud.

(Cisneros, y otros, 2012 pág. 72) La erosión hídrica es también uno de los factores que comprometen la estabilidad de un talud en una cuenca es la erosión producto de la fuerza de la corriente de las aguas y la acción misma del agua. el factor de erosión hídrica es la precipitación y su energía cinética que posee.

➤ **Infiltración:**

(Cox, 2006 págs. 4-5) Es un ensayo que sirve para determinar la permeabilidad de los suelos, simulando el proceso de infiltración se puede realizar con un anillo simple o dos². Se entierra verticalmente el anillo en el suelo unos centímetros, se llena con agua simulando a la lluvia en el terreno y se mide el descenso. Es necesario que el anillo sea de mayor diámetro para evitar grandes márgenes de error. Para un suelo sin vegetación la cantidad de agua a emplear es de 250 ml y para terreno con vegetación se utilizará 500 ml de agua.

Y el cálculo se da mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

I: velocidad de infiltración

Δh : variación de altura.

Δt : variación de tiempo de descenso.

² (Cox, 2006 pág. 4) Su diámetro puede variar regularmente entre 30 y 60 cms y su altura entre 20 y 30 cms.

b) La meteorización.

(Ramirez Oyanguren, y otros, 1984 págs. 114-115).la resistencia se ve afectada por la meteorización de las rocas que se encuentran en el estrato inferior de la corteza terrestre estas tienen a ser alterados por la meteorización en caso de menor profundidad que se encuentran de la superficie sobre todo en zonas de climas cálido donde predomina la humedad se producen la meteorización física y química pues el clima es un factor determinante en el tipo de meteorización que puede presentarse en una determinada zona.

c) Estructura geológica.

Las edades son importantes para ver en qué etapa se encuentran el material rocoso, la profundidad en la que se encuentra ya que esta influye en su resistencia. La simbología indica la edad geológica de la roca como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Era geológica según su cronología.

Era	Periodo	Duración en millones de años	Antigüedad en millones de años	
Cenozoica	Cuaternario	1	1	
	Terciario	Pliogeno	12	13
		Mioceno	12	25
		Oliogeno	11	36
		Eoceno	22	58
		Paleogeno	5	63
Mesozoica	Cretacico	72	135	
	Jurasico	46	181	
	Triasico	49	230	
Paleozoica	Permico	50	280	
	Carbonifero superior	30	310	
	Carbonifero inferior	35	345	
	Devonico	60	405	
	Silurico	20	425	
	Ordoviciano	75	500	
	Cambrico	100	600	
Proterozoica		900	1500	
Arqueozoica		2000	3500	

Fuente: reproducido de (Palomino, 2014).

(S&Z consultores, 1997 págs. 65-89) según los estudios realizados para el Ingemmet menciona que:

- **Formación Vivian:** se caracteriza por estar constituida por arenisca cuarzosa y que sus granos van de fino a medio, pero esta no posee mucha cohesión, es decir falta de cementante.
- **Grupo huayamba:** presencia de arenisca y son fuertes ante la erosión.
- **Formación chonta:** presenta caliza y arenisca, limolitas y arcillitas.
- **Deposito fluvio-aluvial:** presenta una estratigrafía con presencia de lodo limo arcilloso compacto con bolonerias y cantos sub redondeado, presencia de grava y arena suelta no hay material ligante.

Las propiedades físicas de las diversas formaciones rocosas según estudios están estandarizadas y clasificadas según su grupo litológico, tal como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Valores promedio de propiedades geotécnicas propuestas para la estimación de deslizamiento traslacional de laderas en función del grupo litológico del país.

Clasificación	Grupo litológico	Tipo de suelo	γ' (kN/m ³)	c' (kN/m ²)	ϕ' (°)	Umbral (°)
ROCAS ÍGNEAS	Rocas ígneas extrusivas	Básica, intermedia, ácida, volcanoclástica	28	100	42	60
	Rocas ígneas intrusivas	Básica, intermedia, ácida, diabasa, pórfido andesítico, pórfido riolítico	26	80	40	60
ROCAS METAMÓRFICAS	Rocas metamórficas no foliadas o masivas	Corneana, cuarcita, mármol, skam, serpentinita	27	70	40	60
	Rocas metamórficas foliadas	Esquisto, esquisto-gneis, filita, gneis, pizarra	25	29	31	50
	Rocas metamórficas de falla	cataclasita	22	10	24	45
	Complejos metamórficos y rocas varias	Complejo metamórfico, complejo ofiolítico, metaintrusivo, metavolcánica	27	29	31	50
ROCAS SEDIMENTARIAS	Sedimentarias detríticas de grano grueso	Conglomerado, conglomerado-brecha sedimentaria, brecha sedimentaria, volcanoclástica	28	24	32	50
	Sedimentarias detríticas de grano grueso/medio	Arenisca, arenisca-conglomerado	25	48	35	45
	Sedimentarias detríticas de grano medio/fino	Arenisca-limolita, limolita-arenisca, limolita-lutita, lutita-arenisca	24	35	30	45
	Sedimentarias detríticas de grano fino	Lutita	23	30	30	45
	Rocas sedimentarias órgano-químicas	Coquina, yeso, caliche	22	17	34	40
	Rocas intercaladas	Caliza-arenisca, caliza-limolita, caliza-lutita, caliza-yeso	24	50	25	40

Fuente: Barton (1974). Hoek y Bray (1981); Jibson et al. (2000). Citado en (Jaimes, y otros, 2013)

d) La vegetación.

(Diaz Suarez, 1998 pág. 43) La vegetación mayormente es estabilizante de los taludes, contra la erosión y desestabilizante en casos de infiltración de agua en escasa vegetación.

La vegetación de igual manera puede generar vulnerabilidad debido a los escasos de profundidad y sumado a esto la pendiente del terreno, estas forman parte de una fuerza desestabilizadora.

e) modelamiento en Software de Slide 5.0.

(Slide, 2017) el software de analiza la estabilidad de un talud en rocas o suelos y es uno de los softwares para estabilidad de pendientes más completo con un análisis probabilístico, con datos de entrada las propiedades del material a analizar, asociando su confiabilidad y su índice de probabilidad, dando así una probabilidad de falla y su sensibilidad asociada a su factor de seguridad.

Tipos de deslizamiento.

Es importante determinar los tipos de deslizamientos para el autor (Diaz Suarez, 1998 pág. 14) El deslizamiento se produce por el corte que sufre una superficie, cuando se produce la inestabilidad un talud se produce diversos tipos de deslizamientos como son:

- Deslizamiento Rotacional: en esta la superficie de falla presenta una forma de curva donde el centro de giro está por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento, el resultado es un área superior de hundimiento y la parte inferior de deslizamiento generándose así el flujo de materiales por debajo del pie del talud como se muestra en la Figura 8.

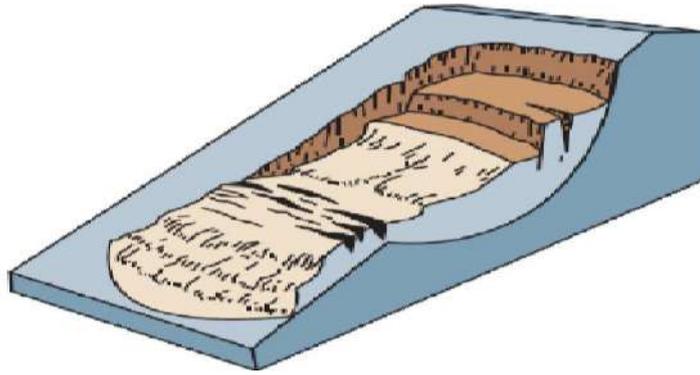


Figura 8. Deslizamiento rotacional.

Fuente: (Muñoz Fernandez, 2012)

Estos deslizamientos ocurren en suelos homogéneos, sin importar su origen facilita su análisis; la superficie de falla es usualmente curva no circular³.

- Deslizamiento de traslación: esta se debe al movimiento de la masa se desplaza hacia fuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo generalmente como se muestra en la Figura 9. Este desplazamiento de la masa al deformarse y/o romperse puede convertirse en flujo (Diaz Suarez, 1998 pág. 16).

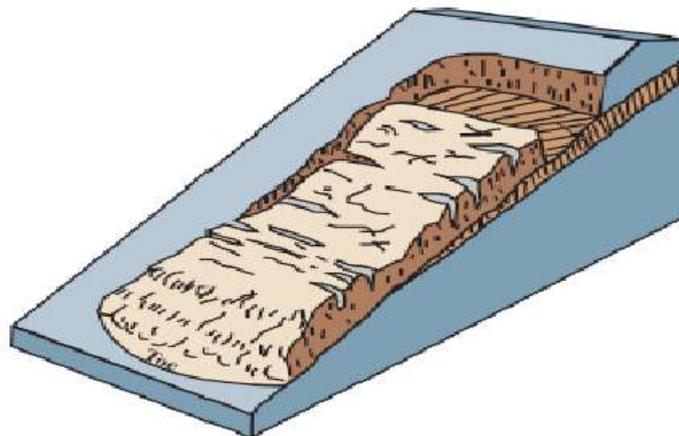


Figura 9. Deslizamiento traslacional.

Fuente: (Muñoz Fernandez, 2012)

³ (Diaz Suarez, 1998 pág. 14) en zonas de meteorización de mayor magnitud estos deslizamientos pueden asimilarse a círculos.

- Flujo: estas pueden ser lentos o rápidos, son secos o húmedos y puede haber de roca, de residuos o de suelo o tierra y los tipos de flujo que existen se debe al material deslizado (ver Figura 10). La cual tiene relación con la saturación de los materiales sub superficiales. Por ello se realizan estudios para cuantificar el nivel de lluvias que se requieren para producir, la velocidad del flujo depende de la humedad con la que se encuentre (Díaz Suarez, 1998 págs. 22-25).

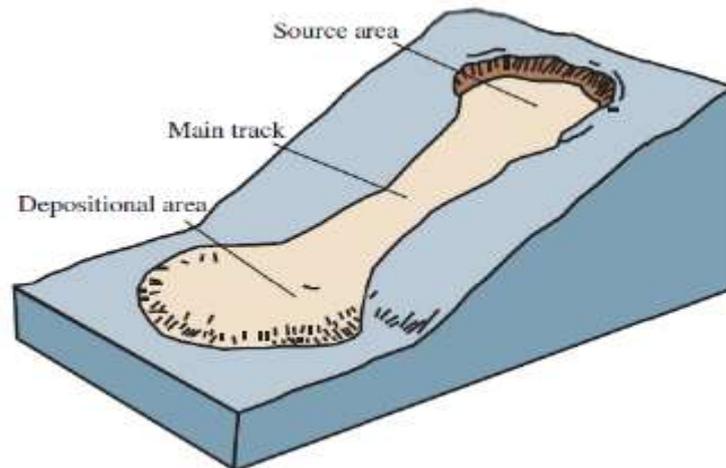


Figura 10. Falla por flujo.

Fuente: (Muñoz Fernandez, 2012)

2.2.4. Parámetros y criterios para el cálculo del índice de vulnerabilidad.

Riesgo: según él (Ministerio de medio ambiente, 1999) es el número esperado pérdidas de vidas humanas, personas heridas, daño a la propiedad y pérdidas económicas y ambientales, relacionadas con la ocurrencia de un determinado fenómeno, que expresa el producto del peligro analizado como susceptibilidad.

En base a la observación de pueden realizar clasificaciones tal como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Clasificación de la susceptibilidad a los deslizamientos con base en la observación de la morfología del terreno (Crozier, 1986).

Susceptibilidad	Criterio
VI Muy alta	Taludes con deslizamientos activos. Los movimientos pueden ser continuos o estacionarios.
V Alta	Taludes sujetos con frecuencia, a actividades de deslizamiento. La activación de los deslizamientos resulta cuando ocurren eventos con intervalos de recurrencia menor a cinco años.
IV Medianamente alta	Taludes con actividad de deslizamientos poco frecuente, la activación de deslizamientos ocurre en los eventos con intervalos de recurrencia mayores a cinco años.
III Mediana	Taludes con antigua evidencia de actividad de deslizamientos, pero que no han presentado movimientos en los últimos cien años.
II Baja	Taludes que no muestran evidencia de actividad previa de deslizamientos, pero que se consideran probables que se desarrollen en el futuro. Sin embargo, los análisis de esfuerzos como la analogía con otros taludes o el análisis de los factores, muestran una posibilidad baja de que lleguen a presentarse deslizamientos.
I Muy baja	Taludes que no muestran evidencia de actividad previa de deslizamientos y que, por análisis de esfuerzos, analogías con otros taludes, o por análisis de los factores de estabilidad, se considera muy improbable que se desarrollen deslizamientos en el futuro previsible.

Fuente: reproducido de Oliva González, y otros, 2015.

Índice de vulnerabilidad: para este análisis se consideran los efectos probables de darse un deslizamiento, tanto a nivel social, ambiental, al cual ya tiene ya asignados los índices probables según los posibles efectos en el ámbito ambiental como se muestra en la Tabla 8, cuyo efecto principal es la deforestación durante un eventual deslizamiento en una determinada área de estudio (Oliva González, y otros, 2015 págs. 8-9).

Tabla 8. valores de vulnerabilidad ambiental.

Descripción de Vulnerabilidad	Rango de pérdidas	índice
Elementos ambientales intactos	0	0
Perdidas ambientales locales	1 - 25%	0.25
Perdidas ambientales serias, pero reparables	26 - 50%	0.5
Daños ambientales muy grandes, difíciles de reparar.	51 - 75%	0.75
Destrucción total del medio ambiente físico.	76 -100%	1

Fuente: Reproducido de Oliva González, y otros, 2015.

Los autores de la revista (metodología de análisis de vulnerabilidad en cuencas anastecedoras de agua ante la variabilidad climática, 2014 págs. 35-36) Realizan el análisis de vulnerabilidad en función a la exposición (ex) en la que se encuentra el objeto en estudio, a la sensibilidad (se) y a su capacidad de adaptación (ca).

$$v = ex + se - ca \quad (Ec. 5)$$

Y su cálculo se basándose en un valor preponderado de acuerdo a su relevancia donde dicho valor es igual a 1.

2.3. Definiciones de términos básicos.

Zonificación: Es una herramienta muy útil para la toma de decisiones, principalmente en la primera etapa de una planeación de un proyecto. (Mora Chinchilla, 2002) . Calificar un terreno de acuerdo al grado de amenazas o de riesgo que se presente; con información de la ocurrencia de deslizamientos y también predecir deslizamientos futuros.

probabilidad: es la posibilidad que se de un resultado medido, sobre sus resultados específicos la cual se evalúa (Díaz Suárez, 1998 pág. 528).

Susceptibilidad: es la predisposición del terreno a deslizarse, los factores que contribuyen a los deslizamientos son la pendiente, la geología, geomorfología y

todos los elementos que componen el medio ambiente producen los movimientos de masa, la valoración de cada uno de los factores incrementa la susceptibilidad (Estudio de la susceptibilidad a fenómenos geológicos en obras lineales (Andalucía, España), 2008).

Resistencia al cortante: es esencial para el análisis de estabilidad sometido a condiciones reales, los valores de resistencia se terminan en un ensayo de laboratorio y estas dependen del grado de saturación la cual varía con el tiempo, se realizan con rangos de esfuerzos (Mora Chinchilla, 2002).

Vulnerabilidad: el análisis de vulnerabilidad requiere de información de la densidad de población, infraestructura, actividades económicas y los efectos de un determinado fenómeno sobre estos elementos en riesgo; se relaciona el deslizamiento, con la velocidad del movimiento de masa a mayores velocidades generalmente, las vulnerabilidades son mayores (Mora Chinchilla, 2002).

Geología: Esta ciencia estudia el origen de la tierra, su composición, su estructura y los fenómenos que se producen desde su origen hasta la actualidad. El proceso por lo que pasa la tierra desde su origen y sus estados a través de del tiempo estos evolucionan. (Rojas Caballero, y otros, 2008).

Talud natural: son producto de eventos catastróficos inducido de e fenómenos puntuales, es decir de forma natural no interviene el hombre. (Shuk Erdos, 1999 pág. 7)

CAPITULO III. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Diseño de la investigación.

3.1.1. Tipo de investigación.

(Tamayo Y Tamayo, 2003 págs. 42-43) Este tipo de investigación, parte al planear la metodología, recoger registrar y analizar los datos obtenidos, y si no existiese se deben de crear principios.

En este tipo de investigación se emplea el muestreo, con la finalidad de ampliar los descubrimientos y aportar en lo teórico en los resultados del grupo de estudio. Por ello en función de este análisis se clasificará como *investigación aplicada*.

3.1.2. Nivel de investigación.

Según (Bernal Torres, 2010 pág. 115) Refiere que la investigación explicativa o causal, busca probar las hipótesis de una investigación y así buscar conclusiones que produzcan la formulación o el contraste de los principios científicos. aquella estudia el porqué de los hechos, fenómenos o situaciones. Así mismo Indica que la investigación explicativa analiza las causas y los efectos de la relación que existe entre variables. Por consiguiente, la presente investigación es de *nivel explicativo*.

3.1.3. Método de investigación.

Según (Tamayo Y Tamayo, 2003 págs. 27-28) el método de investigación engloba a la investigación y el conocimiento científico, con este método se verifican los hechos específicos que pueden ser observables. Así mismo indica que el método científico es la aplicación de la lógica a las realidades o hechos observados; por lo

tanto, es un conjunto de procedimientos donde se ponen a prueba las hipótesis empleando instrumentos de investigación.

El método científico interpreta con objetividad la realidad, para formular los problemas de la investigación donde es necesario ser delimitado para facilitar la investigación.

Por ello se inició con la observación y la recolección de muestras y realizar la clasificación geotécnica estableciendo los parámetros que influyen sobre el talud natural para producir un deslizamiento y sus probabilidades de falla, empleando.

Bajo este precepto el método a utilizar en la investigación es el **método científico**.

3.1.4. Diseño de la investigación.

Según (Hernandez Sampieri, y otros, 2014 págs. 152-153) el diseño no experimental no manipula deliberadamente de las variables independientes, porque no se tiene el control directo de la variable por ello solo se observa el efecto del fenómeno en su estado natural.

Los individuos de la investigación ya forman parte de la variable independiente por sí mismas, es decir estos grupos son intactos, reflejado por sus propias características, por la cual no es necesario emparejarlo. En esta investigación no se manipula la variable independiente por ello se empleó el **diseño no experimental**.

3.2. Población y muestra de la investigación.

3.2.1. Población.

Según (Hernandez Sampieri, y otros, 2014) autor de metodología de la investigación indica que la delimitación de la población consiste en describir las características de una población a demás; esta delimitación depende de los las razones prácticas. La delimitación de la se basa en el planteamiento del problema; la población debe situarse por su característica de contenido, lugar y tiempo. Los

criterios del investigador se cumplen, dependiendo de sus objetivos de estudio lo cual es importante establecerlos de manera muy específica.

En tal sentido la muestra está conformado por taludes inestables de la cuenca del río Azupizú, conformado por parte de la comunidad nativa santa fe de Aguachini (los sectores de Miritiriani, Acolla y Platanillo de Shimaki), la comunidad de Santo Domingo de Alto Azupizú, parte de los bosques de protección san Matías San Carlos y el cerro azul del distrito de Puerto Bermúdez. Abarcando aproximadamente un total de 359.71 km² (ver anexo 1).

3.2.2. Muestra.

(Hernandez Sampieri, y otros, 2014 pág. 175) Seleccionar la muestra es obtener las características que representan a la población, la muestra es el sub grupo de la población, la población es muy poco medible, es por ello se selecciona una muestra representativa medible.

El tipo de muestra según (Hernandez Sampieri, y otros, 2014 pág. 189) Define como una muestra no probabilística, donde la selección es por característica de la investigación, sin necesidad de que sea representativa de la población; la ventaja es para casos cuantitativos donde es necesario conocer el caso específico de la investigación con sus características.

Se eligió como muestras los taludes ubicados en los límites de los sectores de Acolla con Miritiriani y Acolla con platanillo de Shimaki, aproximadamente 28.82 km², para lo cual se empleó el **muestreo no probabilístico** del tipo intencional, por ser una zona de interés del investigador.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.3.1. Técnicas.

(Bernal Torres, 2010 pág. 193) Manifiesta que, existe una variedad de técnicas o instrumentos para la recolección de información en el trabajo en campo de una determinada investigación, depende del método y el tipo de investigación debido a que no todos los instrumentos o las técnicas se aplican a toda investigación por ello

es que se aplican diversas técnicas o instrumentos para completar una investigación.

(Yuni, y otros, 2006 págs. 41-42) Menciona que la técnica de observación se basa en captar la información de la realidad al estar en contacto con el fenómeno o suceso, usando los sentidos siendo con o sin ayudada de la tecnología, esta nace a partir del conocimiento teórico; la observación directa, registra lo percibido, estudia el fenómeno (ser natural o provocado), analiza los acontecimientos actuales o del pasado.

Tomando en cuenta estas consideraciones la técnica seleccionada fue por **observación directa** de tipo no participante, dado que no se manipuló el fenómeno tan solo se observó y se analizó para hallar respuestas.

3.3.2. Instrumentos.

Según (Hernandez Sampieri, y otros, 2014 pág. 209) existen diversos tipos de instrumentos de medición y para su elaboración existen tres cuestiones básicas como operacionalización, la codificación y establecer con ello los niveles de medición.

- **Guía de observación:** se registra la presencia del fenómeno, situación o aspectos a estudiar, al interior de una muestra de investigación.
- **La ficha técnica**, es un documento que tiene metodología y el proceso que se sigue en el estudio. En el caso de los estudios cuantitativos, se incluye la definición de los objetivos de la investigación.
Prueba estandarizada, dada por las normas NTP y ASTM, para realizar los ensayos de corte directo, la clasificación de un suelo.

Tomando en cuenta estas consideraciones el instrumento seleccionado fue la ficha de recolección de datos de campo bajo una guía de observación, ficha técnica para los ensayos de laboratorio.

CAPITULO IV. ANALISIS Y RESULTADOS.

4.1. Análisis.

4.1.1. Breve descripción de la zona de estudio.

La zona donde se desarrolla la investigación se ubica en la cuenca del río Azupizú, donde el punto de inicio de la cuenca, donde se tomó en cuenta el inicio de la presencia de pendientes ya que por lo general la topografía del distrito de Puerto Bermúdez es llano, el clima es cálido y con un elevado porcentaje de humedad y la presencia de deslizamiento es constante en temporadas de precipitaciones (invierno).

4.1.2. Ubicación.

La zona de estudio comprende la cuenca del río Azupizú, comunidad nativa séptimo unido de Santa Fe de Aguachini, distrito de Puerto Bermúdez, provincia de Oxapampa y región Pasco ver plano en Anexo 4.1.

4.2. Aplicación de los métodos de análisis.

4.2.1. Análisis del efecto del porcentaje de pendiente en la estabilidad de taludes.

Para facilitar el análisis de pendientes se delimito los taludes como se muestra en la Figura 11 para así iniciar con el trazo de la pendiente desde pie del talud, es

decir, desde el borde del río Azupizú, hasta la cresta próxima al río en ambos márgenes del río Azupizú ver plano en Anexo 4.2

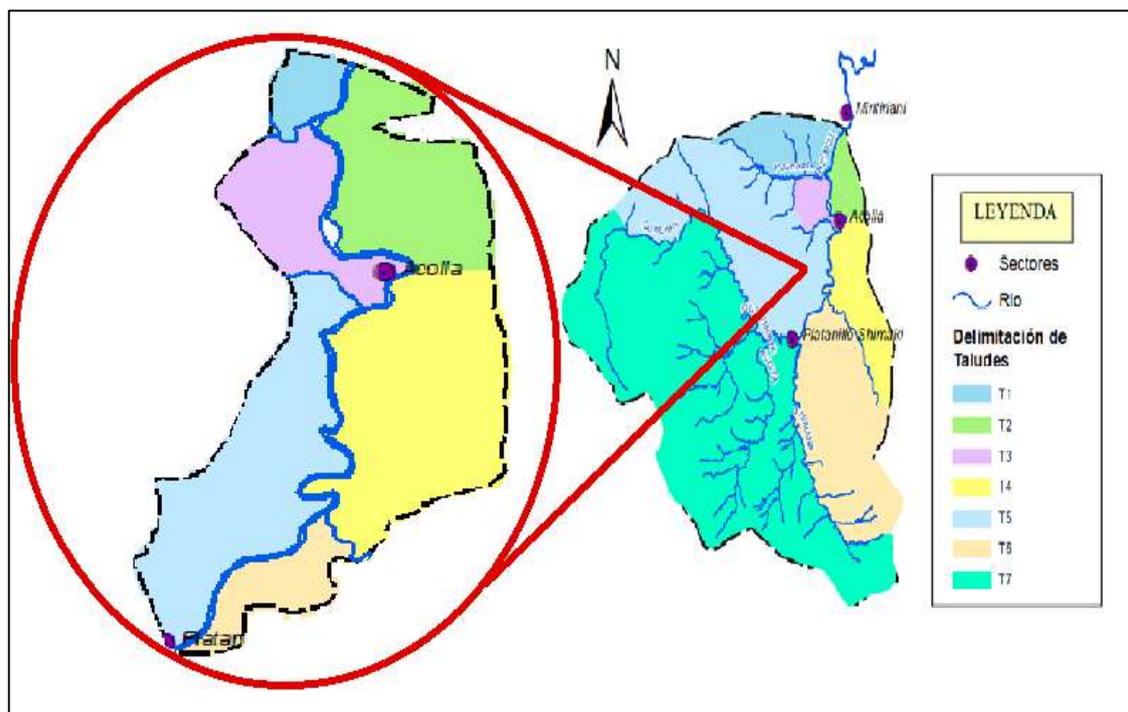


Figura 11. Delimitación de los taludes en la cuenca del río Azupizú.

Fuente: Elaboración propia.

Para el desarrollo del primer objetivo se trabajó con los planos topográficos de la cuenca del río Azupizú que se obtuvieron por medio del Instituto del Bien Común (IBC), una asociación civil peruana sin fines de lucro relacionada con el medio ambiente, debido a la dificultad de acceso para llevar a cabo el levantamiento.

En esta parte de los cálculos es necesario determinar el patrón triangular, calculando los parámetros que restringen como es el caso de la mayor distancia la altura mayor, para luego establecer las tendencias de las pendientes: mínima, promedio y máxima que predominan en la cuenca.

La delimitación se realizó siguiendo la metodología indicada por (Shuk Erdos, 1999) fundamentalmente basado en el tipo de suelo y su topografía. A continuación, en la Tabla 9 se muestra los cálculos correspondientes al patrón triangular.

Tabla 9. Determinación del patrón triangular.

margen derecha		margen izquierda	
distancia	altura	distancia	altura
1244.57	450	838.07	300
1230.6	450	967.79	300
453.27	200	973.58	300
690.48	200	1767.98	300
1856.38	450	1541.47	350
2230	400	892.67	300
1338.52	300	2212.39	300
1156.8	250	566.91	150
1924.46	400	380.91	200
2219.26	500	1080.17	350
2823.4	500	1275.24	450
2326.38	550	1453.48	450
2069.02	600	1283.67	500
1075.3	300	1699.12	450
844.2	300	1649.58	550
452.52	150	1967.13	550
296.43	200	1361.34	450
499.07	200	1483.84	450
727.49	200	-	-
396.71	150	-	-
391.19	200	-	-
419.82	150	-	-
724.92	150	-	-
475.81	250	-	-
475.81	250	-	-

distancia (m)

Mayor	2326.38
Menor	296.43
promedio	2823.4

altura (m)

Mayor	600
Menor	150
promedio	338.1

tendencia mínima

d: dist mínima

$$h = d * \tan \varphi$$

H: altura

φ : ángulo de fricción

h=	62.825962
----	-----------

$$\varphi=22.26$$

tendencia promedio

a: distancia de la tendencia mínima y máxima

$$\text{Tendencia promedio} = a/2$$

tendencia máxima

Distancia máxima = 2326.38

H Max = 600

Los cálculos correspondientes se muestran en los Anexo 3.1 en esta parte se adjunta solo un análisis típico tanto para la margen derecha y margen izquierda como se muestran en la tabla 10 y tabla 11 con sus respectivos gráficos.

Tabla 10. Calculo del porcentaje de pendiente margen derecha.

progresiva:	01+167.70	
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	400	28.97
63.88	400	
120.42	400	
177.15	420.37	
256.18	450	
256.82	450	
262.09	451.77	
354.85	474.60	
393.50	489.45	
413.67	500	
415.33	500	
423.42	500	
496.18	500	
561.04	539.71	
566.47	540.15	
585.25	550	
690.48	600	

Fuente: Elaboración propia.

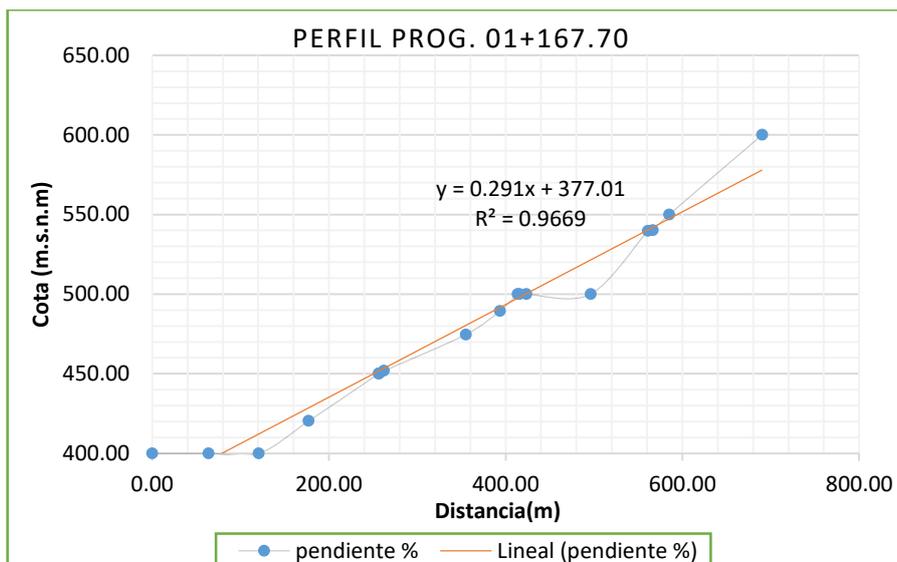


Figura 12. Perfil de cálculo del porcentaje de pendiente progresiva 01+167.70

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Calculo del porcentaje de pendiente margen izquierda.

progresiva:		02+734.10
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	400.00	33.61
58.12	400.00	
94.77	438.11	
107.19	450.00	
141.17	471.73	
188.54	500.00	
224.59	513.06	
253.17	521.58	
298.58	529.51	
341.07	547.64	
342.77	548.34	
347.72	550.00	
373.75	559.13	
496.99	600.00	
520.21	607.41	
526.53	609.45	
607.41	632.36	
682.30	650.00	
692.02	650.00	
702.89	650.00	
892.67	700.00	

Fuente: Elaboración propia.

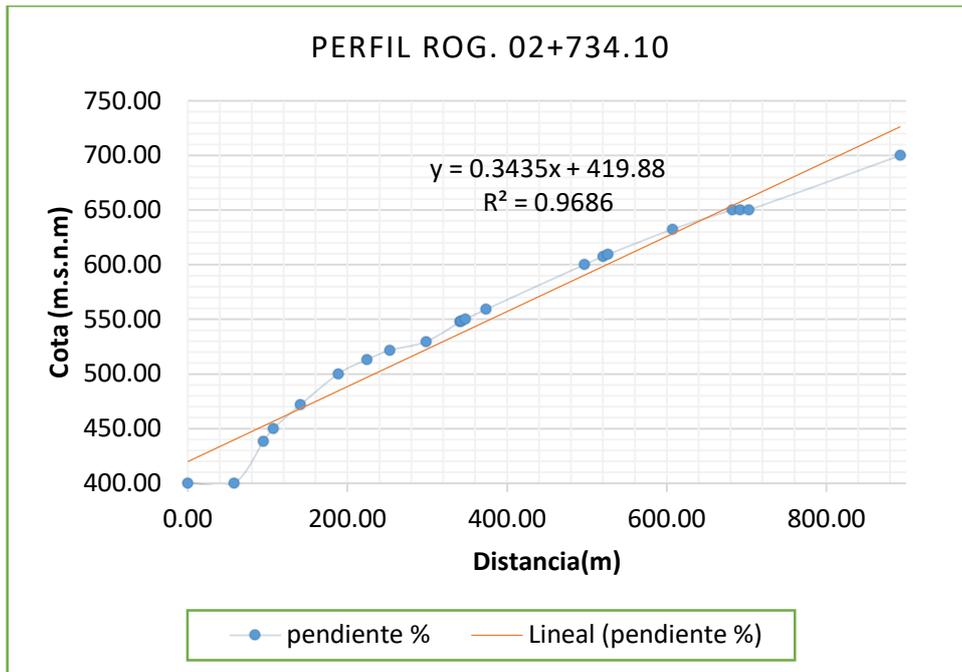


Figura 13. Perfil de cálculo del porcentaje de pendiente progresiva 02+734.10.
Fuente: Elaboración propia.

Continuando con el análisis se determinó los perfiles del terreno según corresponde a las progresivas, mediante el software ArcGis versión 10.3 los resultados obtenidos se muestran en el Anexo 3.2 en esta parte se adjunta solo un análisis típico tanto para la margen derecha y margen izquierda en las figuras 14 y 15.

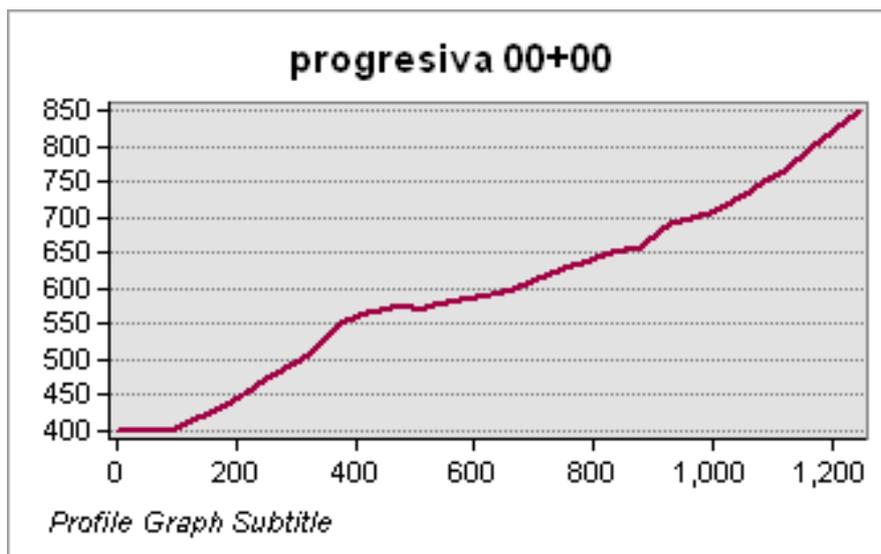


Figura 14: perfil del terreno en la progresiva 00+00 de la margen derecha.
Fuente: Elaboración propia.

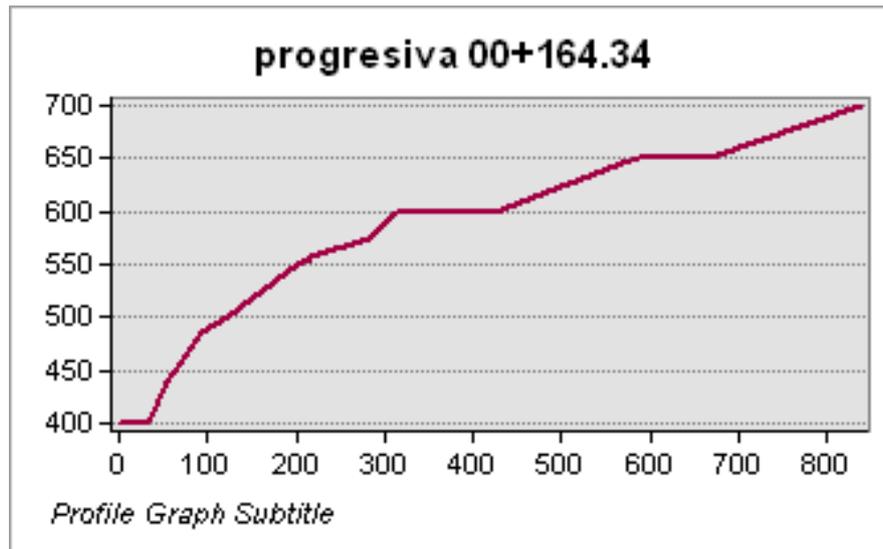


Figura 15. perfil del terreno en la progresiva 00+00 de la margen izquierda.

Fuente: Elaboración propia.

Los porcentajes de pendiente se muestran el plano del Anexo 4.3 según la leyenda los valores alcanzados son los siguientes:



Figura 16: valores de porcentaje de pendiente.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de las mediciones se obtuvo el porcentaje de pendientes, el promedio de cada talud y su conversión en grados la cual indica el factor de gravedad influyente en la margen derecha se muestra en la tabla 12; mientras que de la margen izquierda en tabla 13.

Tabla 12. Pendiente promedio por talud en la margen derecha.

MARGEN DERECHA				
Progresiva	N° de talud	Pendiente %	Prom. de pendiente	Grado de Inclinación (β)
00+00.00	Talud 2	36.2	29.9	19.90
00+526.80		35.6		19.60
00+632.90		44.1		23.80
01+167.70		29.0		16.20
01+968.70		24.2		13.60
02+734.10		17.9		10.10
04+595.20		22.4		12.60
04+729.30	Talud 4	19.5	24.6	11.00
04+923.30		20.8		11.70
05+653.40		22.5		12.70
06+491.50		17.7		10.00
07+895.70		23.6		13.30
09+032.00		29.0		16.17
09+434.20		27.9		15.60
10+465.80	Talud 6	35.6	37.3	19.60
10+789.90		33.2		18.40
11+268.50		50.6		26.80
11+623.40		40.1		21.90
11+969.70		27.5		15.40
12+710.30		39.2		21.40
13+460.80		51.1		27.10
13+770.50		35.7		19.60
14+236.30	20.7	11.70		
14+258.20	Talud 7	52.5	52.5	27.70

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Pendiente promedio por talud en la izquierda

MARGEN IZQUIERDA				
Progresiva	N° de talud	Pendiente %	Prom. de pendiente	Grado de Inclinación (β)
00+164.30	Talud 1	35.8	35.8	19.70
00+529.40		31.0		17.20
01+007.40		30.8		17.1
01+427.10	Talud 3	17.0	21.713	9.6
02+198.10		22.7		12.8
02+942.10		33.6		18.6
05.150.40		13.6		7.7
06+054.30	Talud 5	26.5	33.69	14.8
06+523.80		52.5		27.7
07+208.80		32.4		18
08+267.10		35.3		19.4
09+434.20		31.0		17.2
10+014.90		39.0		21.3
11+623.40		29.4		16.4
12+535.40		33.3		18.4
13+046.29		27.9		15.6
13+460.80		33.1		18.3
14+176.90	30.3	16.9		

Fuente: Elaboración propia.

Para la medición de los taludes y determinar su pendiente se consideró tomar las más representativas, resultando sus progresivas variables, esta con la finalidad de determinar que tramo del talud es la más vulnerable por el porcentaje de pendientes.

Para poder analizar toda el área de estudio se procedió a elaborar el patrón triangular determinístico, y así delimitar las pendientes presentes en el área de estudio con los datos determinados para el cálculo de la pendiente por progresivas.

Cada pendiente dentro del patrón triangular posee un factor de seguridad, donde el menor factor contribuye a la vulnerabilidad de deslizamiento; se determinó su factor la seguridad en función el rango de pendiente teniendo como base un factor de seguridad base 1.5 la en la estabilidad, en lo que se refiere a taludes es el óptimo, contrastando a su vez con lo observado en campo como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Factor de seguridad según pendiente.

%Pendiente	Factor de seguridad (FS)	Observación
0 ≤ 15	1.5	En zonas de clima cálido donde predomina humedad y suelos con escasa profundidad.
15 ≤ 25	1.33	
25 ≤ 35	1.07	
35 ≤ 45	0.8	
45 <	0.5	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 14. Se ajusta a zonas de selva donde el clima es caluroso y predomina la humedad. Así mismo en pendientes que son constituidos por suelos de baja cohesión y estrato superficial.

4.2.2. **Influencia del tipo de suelo en la zona de estudio.**

Estos trabajos se realizaron in situ, explorando un total de 4 calicatas, corroborándose la estratigrafía con los estrados observados en las zonas deslizadas. los ensayos de laboratorio se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos y materiales de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Nacional del Centro Del Perú. En el análisis de deslizamientos las propiedades del suelo cumplen un rol importante en la determinación de la estabilidad.

Según la clasificación SUCS, los resultados del estudio de suelos se muestran en el Anexo 2.1 donde la totalidad de los suelos de la zona de estudio son del tipo SM. Estos suelos por su formación geológica y estas se muestran a una poca profundidad ver plano en Anexo 4.4.

Según la carta geológica nacional lamina 22n, la zona de estudio pertenece a una formación geológica formación chonta, grupo huayabamba, deposito fluvial y de formación Vivian.

Para la determinación del índice de vulnerabilidad al deslizamiento se empleó los estudios realizados por (S&Z consultores, 1997) para Ingemmet que se muestran en el ítem 2.2.3.

En la tabla 15. se indica el índice de vulnerabilidad de forma nominal: Bajo, media y alta de cada formación geológica, tomando en cuenta características principales (cohesión y ángulo de fricción interna), relacionando con la era geológica a la que pertenecen.

Tabla 15. Índice de vulnerabilidad de la estructura geológica.

Símbolo	Edad	Formación geológica	Suelo y roca	Índice de vulnerabilidad
Kis-m	Cuaternario holocena - continental	formación chonta	caliza, arenisca y limo arcillitas	media
P-c	Paleógeno - continental	grupo huayabamba	lodomitas, limolitas y arenisca	alta
Qh-c	Cretáceo superior - continental	deposito fluvial	grava arena y limo	alta
Ks-c	Cretáceo inferior, superior - marino	formación Vivian	arenisca y limo	media

Fuente: Elaboración propia.

Como complemento se realizaron ensayos de permeabilidad en la zona de muestreo, empleando para ello inflitrometros de un solo anillo para zonas de alta y baja vegetación; cuyos resultados se muestran en las tablas 16, 17 y 18.

Tabla 16. Infiltración sin vegetación.

Cantidad de agua	Sin vegetación			
	Ubicación	Tiempo (seg)	Nivel de Agua en el Anillo (cm)	$\Delta h/ \Delta t$ (cm/seg)
250 mml	Acolla - tramo I	12.16	1.20	0.10
	Platanillo	4.98	1.20	0.24
	Miritiriani	11.95	1.20	0.10
	Acolla - tramo II	28.37	1.20	0.04

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Infiltración con vegetación.

Cantidad de agua	Con vegetación			
	Ubicación	Tiempo t (seg)	Nivel de Agua en el Anillo (cm)	$\Delta h/ \Delta t$ (cm/seg)
500 mml	Acolla - tramo I	2.83	2.40	0.85
	Platanillo	3.92	2.40	0.61
	Miritiriani	17.94	2.40	0.13
	Acolla - tramo II	17.26	2.40	0.14

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Infiltración de promedio.

Infiltración de promedio	
ACOLLA - TRAMO I	0.47
Acolla - tramo I	0.43
Platanillo	0.12
Miritiriani	0.09
Acolla - tramo II	0.28
desviación estándar	0.20
coeficiente de variación	0.73

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Probabilidades de falla de un talud.

Para el desarrollo de esta parte se hizo uso del software Slide 5.0 que empleando datos de entrada de: cohesión, ángulo de fricción y peso específico; obteniendo para cada caso factores de seguridad y probabilidades de falla. A continuación, se

muestra un cálculo típico por cada margen y la totalidad de cálculos se muestra en el Anexo 3.1

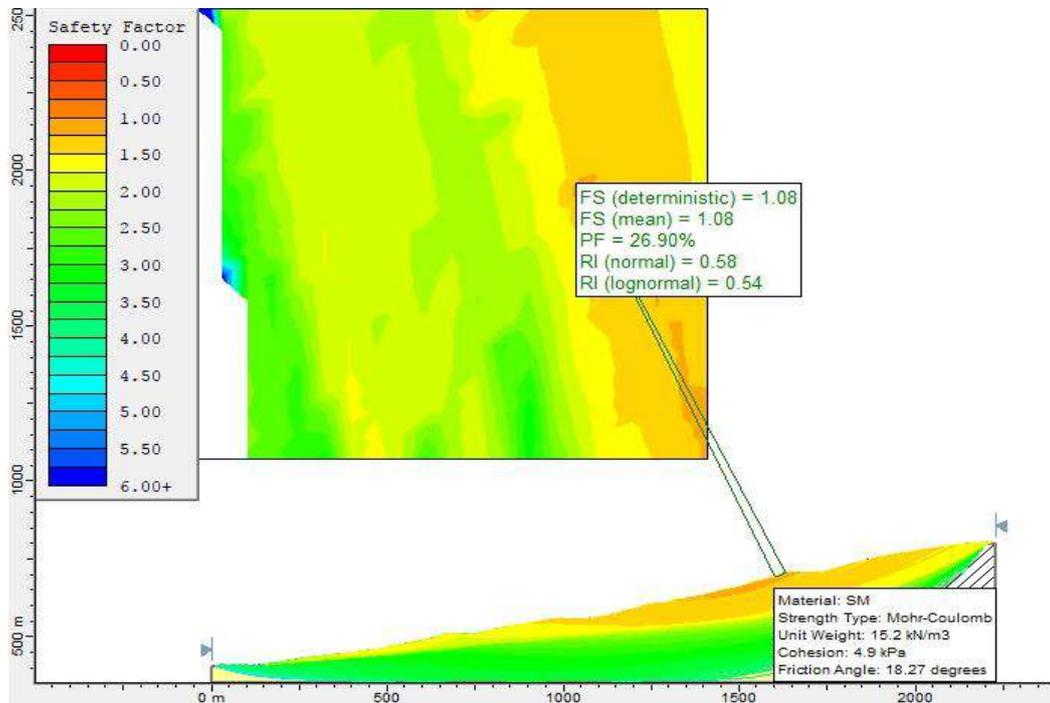


Figura 17. Modelamiento de la probabilidad de falla en Slide 5.0

Fuente: Elaboración propia.

Tomando en cuenta el tipo de suelo y algunas características básicas de la roca observado en campo, el área en estudio está conformada por roca sedimentaria de grupo sedimentaria detrítica, es decir de grano a medio a fino, pudiendo ser arenisca-limolita, limolita-arenisca, limolita-lutita, lutita arenisca. Las características mecánicas de las rocas fueron tomadas de la tabla 3. (peso específico 24 KN/m³, cohesión 35 KN/m², ángulo de fricción de 30°). El resumen de factores de seguridad y probabilidades falla se muestra en las tablas 23 y 28.

El software Slide 5.0 fue configurada para desarrollar un análisis probabilístico mediante la ecuación de Morh-coulomb y Bishop simplificado, para así determinar al área con mayor la probabilidad de la zona de falla en toda la superficie del tramo de la pendiente previamente determinada.

Las probabilidades de falla se determinaron con los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y materiales en la universidad nacional del centro del Perú que se muestran en el Anexo 2.2.

4.2.4. Índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica.

El desarrollo de esta parte se hizo empleando el software ArcGis versión 10.3, con los resultados obtenidos en los numerales 3.2.1, 3.2.2 y 3.2.3.

El procedimiento seguido para el cálculo del índice de vulnerabilidad fue el siguiente:

- Transponer los planos geológicos, pendiente, la estructura geológica y como complemento la permeabilidad de los suelos, teniendo en cuenta su vulnerabilidad.
- Al transponer se convierte en formato **raster** cada uno de todos los planos, clasificando en todos los planos, por los mismos colores referido a su vulnerabilidad.
- Seguidamente se ingresa a la tabla de herramientas **spatial analyst tools** donde seleccionamos la opción **map algebra** y finalmente seleccionamos la opción ***raster calculator***.
- Se ingresa la ecuación, sumando por el índice de vulnerabilidad que representa indicando mediante la sumatoria el grado mayor del índice de vulnerabilidad.
- Siendo la ecuación: (raster del suelo*0.3) +(raster de pendiente*0.3) +(raster de estructura geológica *0.2) +(raster de permeabilidad *0.2).

Donde se utilizó la ecuación 5. Considerando el análisis de la vulnerabilidad para la zonificación de taludes inestables se descartó la capacidad adaptiva, siendo la ecuación 5 modificada con la cual se determinó el índice de vulnerabilidad:

$$V = \text{exposición} + \text{sensibilidad} \quad (\text{Ec. 5.})$$

Cada factor involucrado en generar vulnerabilidad representa un índice de vulnerabilidad variado en este caso se analizan la pendiente, el tipo de suelo, la formación geológica o estructura geológica, y la permeabilidad del suelo.

Los resultados de índice de vulnerabilidad se muestran el plano del Anexo 4.9 según la leyenda los valores alcanzados son los siguientes:



Figura 18. Valores de los índices de vulnerabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Resultado.

4.3.1. El efecto del porcentaje de pendiente.

Basados en el patrón triangular determinísticos por cualidades físicas de la topografía, el área de estudio ubicado en la cuenca del río Azupizú presenta pendientes mínimas es de 10.63% (cota de 300m y 2823.40m de distancia) pendiente promedio 21.25 % y la pendiente máxima es de 52.54% teniendo una cota máxima es de 600 m las medidas que involucran finalmente un porcentaje de pendiente dentro de este patrón son las que presenta la cuenca.

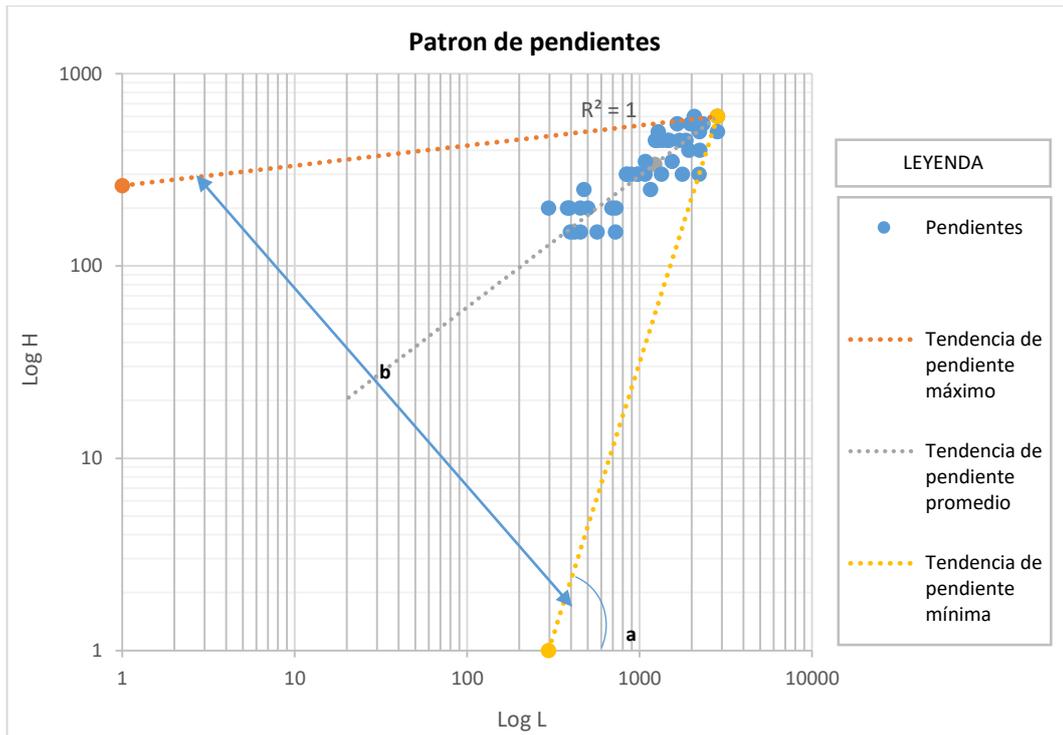


Figura 19. Patrón triangular determinístico en la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 19 muestra de manera muy global la delimitación de la zona de muestra concerniente a las pendientes que estas involucran.

Así mismo se calculó el porcentaje de pendiente máximo media y mínima en la margen derecha del rio Azupizú, presenta un coeficiente de variación de 3.0% como se muestra en la Figura 20, de igual forma en la margen izquierda el porcentaje de pendiente tiene un coeficiente de variación es de 3.8 como se muestra en la Figura 21.

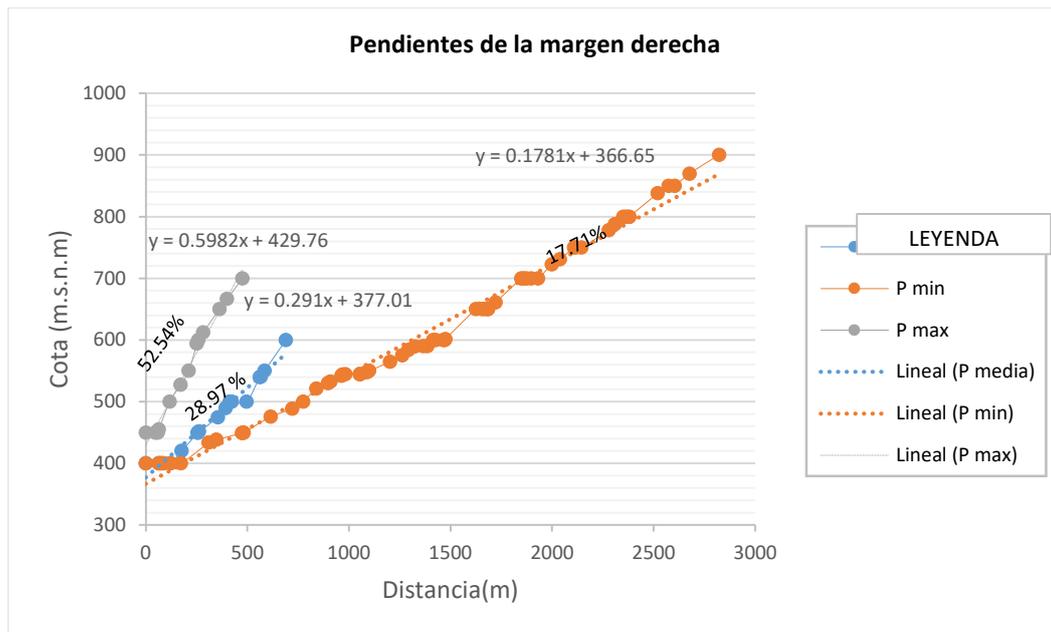


Figura 20. Pendiente mínima, media y máxima de la margen derecha.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de la margen derecha la pendiente mínima es 17.71% lo cual el factor de seguridad es de aproximadamente $FS=1.33$ es decir; no se producirán deslizamientos; la pendiente media es 28.97 % donde el factor de seguridad es aproximadamente $FS=1.07$; la pendiente máxima es 52.54% donde el factor de seguridad es menor $FS=0.5$, lo que indica que la facilidad de producirse deslizamientos; teniendo en cuenta la pendiente el factor de seguridad se reduce.

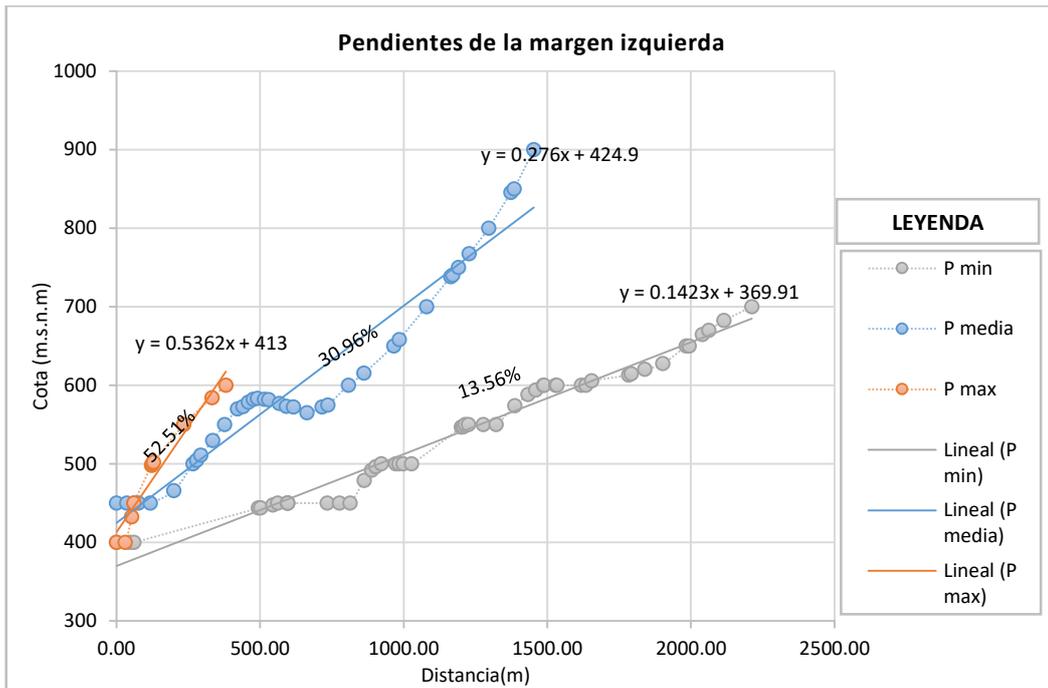


Figura 21. Pendiente mínima, media y máxima de la margen izquierda.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de la margen izquierda la pendiente mínima es 13.56% lo cual el factor de seguridad es de FS=1.5 es decir; se producen deslizamiento leve de escasa consideración; la pendiente media es 30.96% donde el factor de seguridad es aproximadamente FS=1.07; la pendiente máxima es 52.51% donde el factor de seguridad es menor FS=0.5, indica eminente deslizamiento.

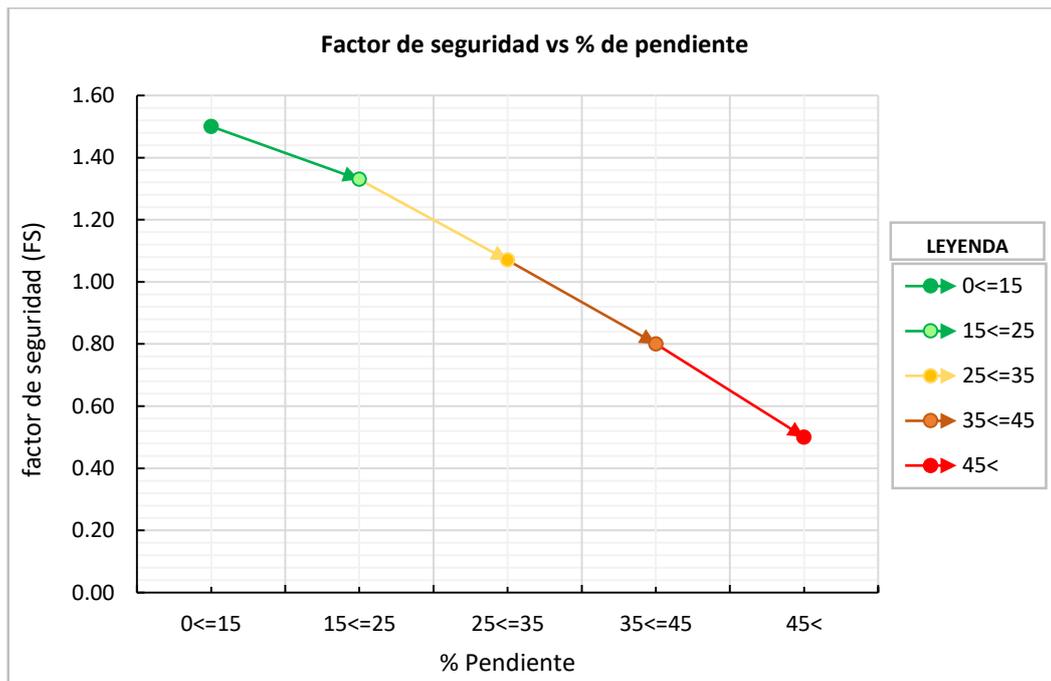


Figura 22. Relación del factor de seguridad vs. pendiente.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 22, indica s la variación del factor de seguridad con relación a pendiente en la selva del río Azupizú, es expresamente para suelos de poca profundidad, presencia de estrato rocoso inestable en escasa profundidad.

El porcentaje de pendientes presenta un coeficiente de variación es de 3.4%, en ambos márgenes de la cuenca del río Azupizú es de la cual se encuentra dentro del patrón triangular determinístico.

El mapa de pendiente es variable en la cuenca del río Azupizú, estas son clasificadas según su porcentaje de pendiente de lo mínimo al máximo la cual genera mayor vulnerabilidad, dentro de una de ellas identificadas por el área que esta involucra de cada pendiente ver plano en Anexo 4.3.

4.3.2. Influencia de los tipos de suelo.

Previamente se realizaron estudios de suelos, que comprenden: exploración y muestreo y ensayos de caracterización en el laboratorio.

En cuanto a exploración y muestreo se realizó un total de cuatro calicatas. Y dos avistamientos en deslizamientos activos denominado solo exploración, los detalles de sus características se muestran en el Anexo 4.5.

Mientras que los ensayos se cumplieron en el laboratorio de mecánica de suelos y materiales de la universidad nacional del centro del Perú. Los certificados se muestran en el Anexo 2.

Para la clasificación de los suelos se empleó el método SUCS.

a. Características granulométricas

Según a sus características granulométricas las muestras analizadas corresponden al tipo SM ver Anexo 2.1.

El resumen de la clasificación de los materiales está determinado por los porcentajes de material que pasan como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19. Porcentaje que pasa según SUCS para cada tipo de suelo, para cada número de calicatas.

N° Calicatas	% Que Pasa		Clasificación SUCS
C 1	Grava	34.65 %	SM
	Arena	46.24 %	
	Finos	19.11 %	
	Total	100.00 %	
C 2	Grava	14.89 %	
	Arena	54.35 %	
	Finos	30.76 %	
	Total	100.00 %	
C 3	Grava	32.65 %	
	Arena	53.29 %	
	Finos	14.06 %	
	Total	100.00 %	
C 4	Grava	27.51 %	
	Arena	54.58 %	
	Finos	17.91 %	
	Total	100.00 %	

Fuente: Elaboración propia.

b. Plasticidad.

El resumen del límite líquido en cada muestra se muestra en la Figura 23.

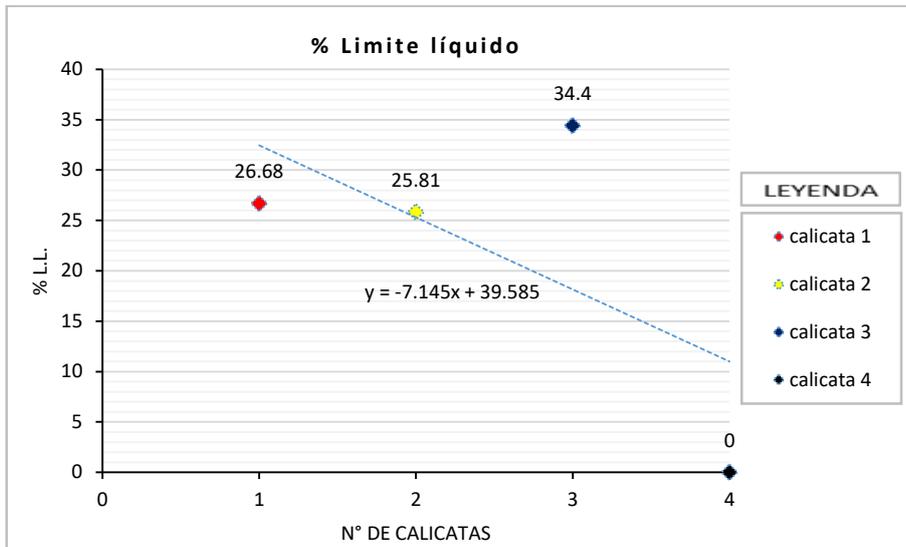


Figura 23. Relación del límite líquido con relación al número de calicatas.

Fuente: Elaboración propia.

El suelo con menor límite líquido, se presenta en el muestreo N°4 que corresponde a tramo del sector de Acolla - límite con del sector Miritiriani la cual indicaría más presencia de arena, la cual sería posible un evento de licuefacción, también involucra menor resistencia.

En cuanto a plasticidad el resumen de los resultados se muestra en la Figura 24.

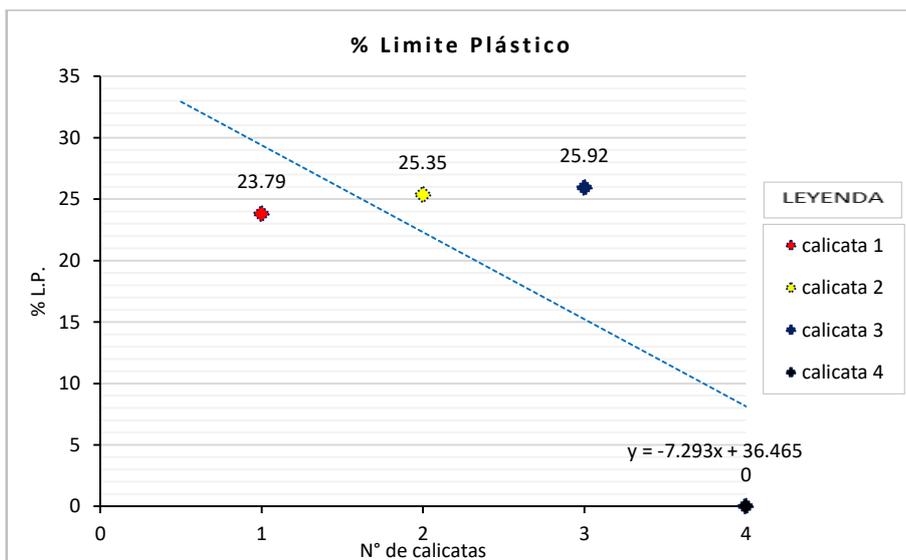


Figura 24. Relación del límite plástico con relación al número de calicatas.

Fuente: Elaboración propia.

El talud de donde se obtuvo la muestra N°4 es vulnerable a deslizamiento por su poca cohesión y es propenso a deslizarse, mientras los demás aportan resistencia antes fallar.

El ensayo de corte directo muestra la resistencia al corte de cada material definiéndose por el ángulo de fricción (ϕ) con $cv \pm 10\%$ y cohesión (c) con $cv \pm 42.08\%$ tal como se evidencia en la tabla 20.

Tabla 20. Resultados del ensayo de corte directo.

	C1	C2	C3	C4
ángulo de fricción (kg/cm3)	18.27	19.94	22.26	17.95
Cohesión (kg/cm2)	0.05	0.10	0.06	0.04

Fuente: Elaboración propia.

En el anexo 2.2 se muestran el gráfico de la resistencia en la cual se determina según el grafico los suelos presenta un comportamiento dúctil, su resistencia mínima es de 0.75 kg/cm2 sometida a una carga constante de 2.22 kg/cm2.

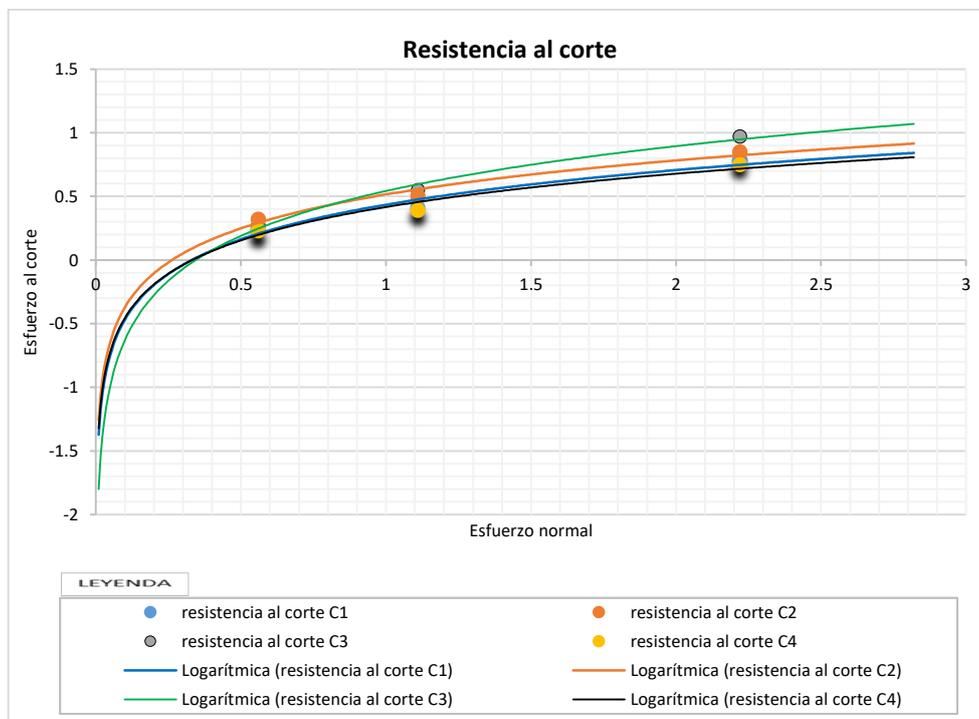


Figura 25. Resumen de resistencia de los suelos (lineal).

Fuente: Elaboración propia.

A partir de las propiedades y su resistencia que presenta cada suelo se determina el índice de vulnerabilidad que se muestra en la tabla 21.

Tabla 21. Índice de vulnerabilidad del suelo.

sectores	muestra	Índice de vulnerabilidad	valor
Miritiriani	M3	Muy baja	0 - 0.25
Acolla	M1	Alta	0.5 -0.75
	M4	Muy alta	0.75 - 1.0
Platanillo de Shimaki	M2	baja	0.25-0.50

Fuente: Elaboración propia.

c. Permeabilidad.

La permeabilidad es reflejada por la infiltración (cm³/seg), la cual se llevó a cabo mediante el uso de infiltrometro de un solo anillo, en una zona con alta vegetación y en zonas de poca o nula vegetación a causa de los deslizamientos teniendo un coeficiente de variación de 0.76, el resumen se muestra en la Figura 20.

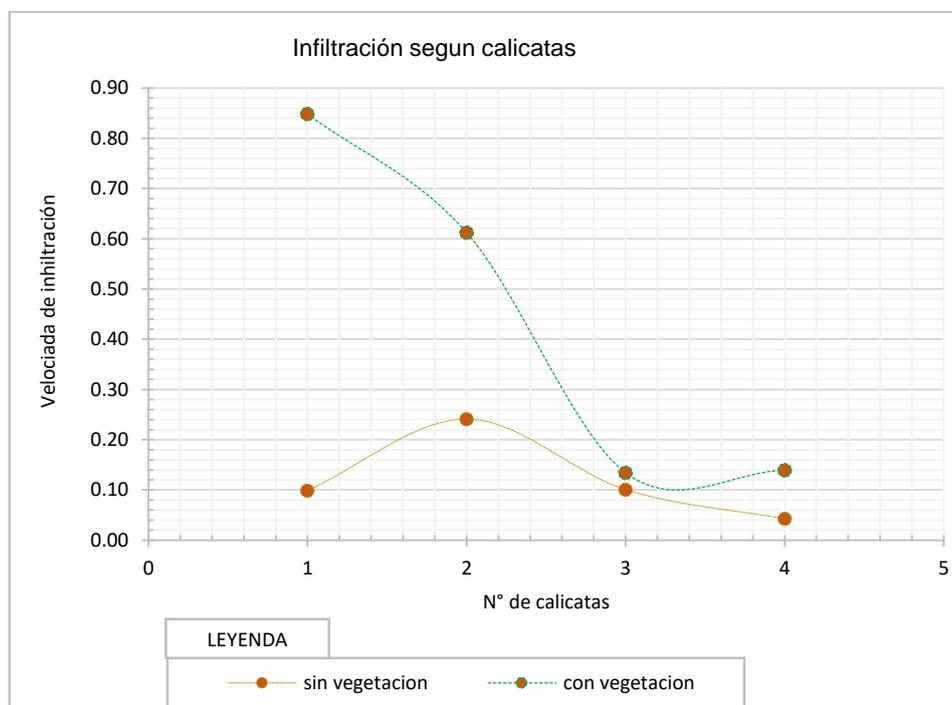


Figura 26. Diferencia entre una infiltración en un terreno sin vegetación y con vegetación.

Fuente: Elaboración propia.

La infiltración en zonas con vegetación, con relación a zonas sin vegetación; en la muestra n°3, corresponde en el sector de Miritiriani, donde la variación es mínima esta debido a la poca cobertura vegetal. La cual hace que se acelere la infiltración en ambos casos.

Teniendo en cuenta la permeabilidad que indica y la cual al ser permeable no se produce una carga adicional sumando al esfuerzo desestabilizador según el grafico: los ensayos promedios determina que en la zona de calicata uno, la permeabilidad es alta la cual indica baja vulnerabilidad y en la calicata dos, de igual manera presenta un dice de vulnerabilidad baja y en la calicata tres, el índice de vulnerabilidad es media y en la calicata cuatro la vulnerabilidad es alta, es decir el suelo retiene agua y no permite la facial evacuación. Ver plano en el Anexo 4.7.

d. Estructura geológica.

La estructura geológica al estar a poca profundidad de suelo en su mayoría es alterada por la meteorización química, dependiendo la edad geológica que presente el manto rocoso.

La zona en estudio corresponde a una formación geológica aluvial del tipo Qh-c, P-c, Ks-c, y Kis-m. ver plano en Anexo 4.4.

Donde debido al cohesión y a su aporte a la resistencia, el índice de vulnerabilidad es como se muestra en la tabla 22.

Tabla 22. Edad geológica del manto rocoso de mayor a menor y el área que abarca dentro de la cuenca.

Edad	Descripción	Área (Km2)	Índice de vulnerabilidad
Qh-c	Cuaternario holocena - continental	3.55	alta
P-c	Paleógeno - continental	222.37	baja
Ks-c	Cretáceo superior - continental	0.22	media
Kis-m	Cretáceo inferior, superior - marino	8.18	media

Fuente: Elaboración propia.

El índice de vulnerabilidad que presenta una la estructura geológica se muestra en el plano del Anexo 4.8.

4.3.3. Probabilidades de falla en un talud natural.

Para el análisis de las probabilidades de deslizamiento se tomó en cuenta las pendientes más representativas para cada caso. Según las áreas comprendidas se analizó un total de 7 taludes (4 margen derecha y 3 en margen izquierda), ver Figura 26.

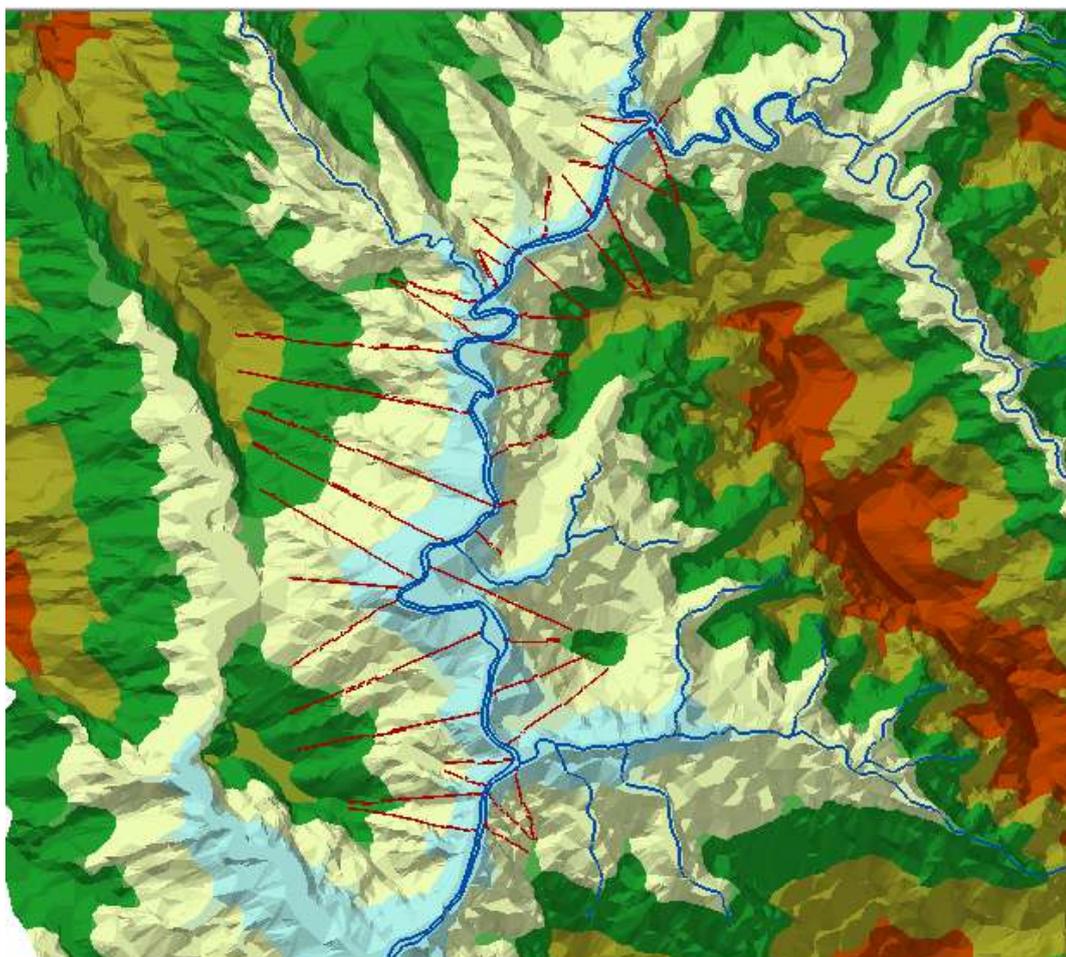


Figura 27. pendientes más representativas

Fuente: Elaboración propia.

El índice de vulnerabilidad se calculó en función a la probabilidad de falla de que presenta un talud, en ambas márgenes del río Azupizú.

En primer lugar, se muestra el resumen del índice de vulnerabilidad, del cálculo obtenido mediante el software Slide 5.0 con un $cv \pm 0.38$ en la margen derecha ver tabla 23. según la probabilidad de falla que presenta.

Tabla 23. Índice de vulnerabilidad de los taludes en la margen derecha.

N° de talud	FS (determinístico)	Probabilidad de falla (%)	Índice. Vulnerabilidad
Talud 2	0.63	100	0.90
	0.74	99	0.83
	0.50	100	1.00
	0.72	99.9	0.85
	0.69	100	0.86
	1.08	26.9	0.37
	0.66	100	0.88
Talud 4	1.07	31.4	0.39
	1.27	7.60	0.23
	1.17	17.6	0.30
	1.43	2.10	0.19
	0.84	91.3	0.75
	0.70	100	0.86
	1.00	48.1	0.49
Talud 6	0.89	82.9	0.70
	0.92	76.7	0.66
	0.68	99.5	0.87
	0.63	100	0.90
	1.10	25.8	0.36
	0.80	97.1	0.80
	0.67	100	0.87
Talud 7	0.79	98.1	0.81
	1.16	15.1	0.29
Talud 7	0.62	100	0.90

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se desglosan los resultados del índice de vulnerabilidad máximos y mínimos para cada talud:

Tabla 24 . Análisis de índice de vulnerabilidad (talud 2)

N° de talud	Fs (determinístico)	Probabilidad de falla (%)	Índice. Vulnerabilidad.
Talud 2	0.63	100	0.90
	0.74	99	0.83
	0.5	100	1.00
	0.72	99.9	0.85
	0.69	100	0.86
	1.08	26.9	0.37
	0.66	100	0.88

Fuente: Elaboración propia.

- **Modelamiento de probabilidades de falla máxima.**

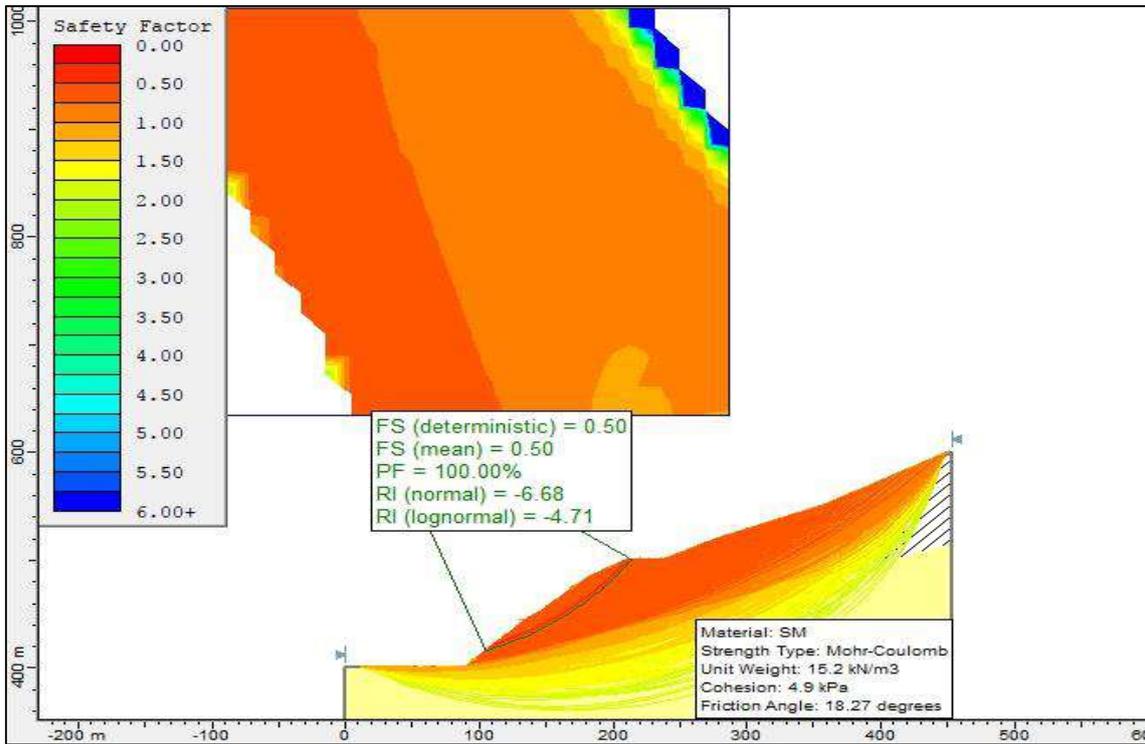


Figura 28. Modelamiento de un talud natural de probabilidad mínima de deslizamiento

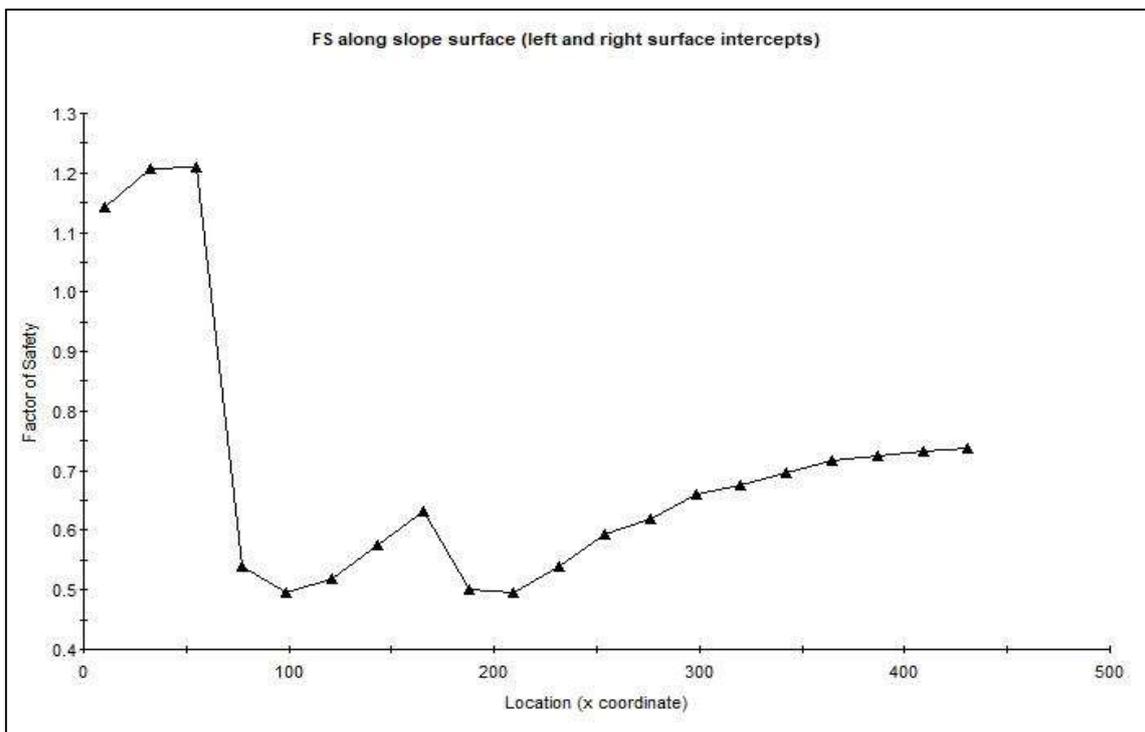


Figura 29. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.

- **Modelamiento de probabilidades de falla mínima.**

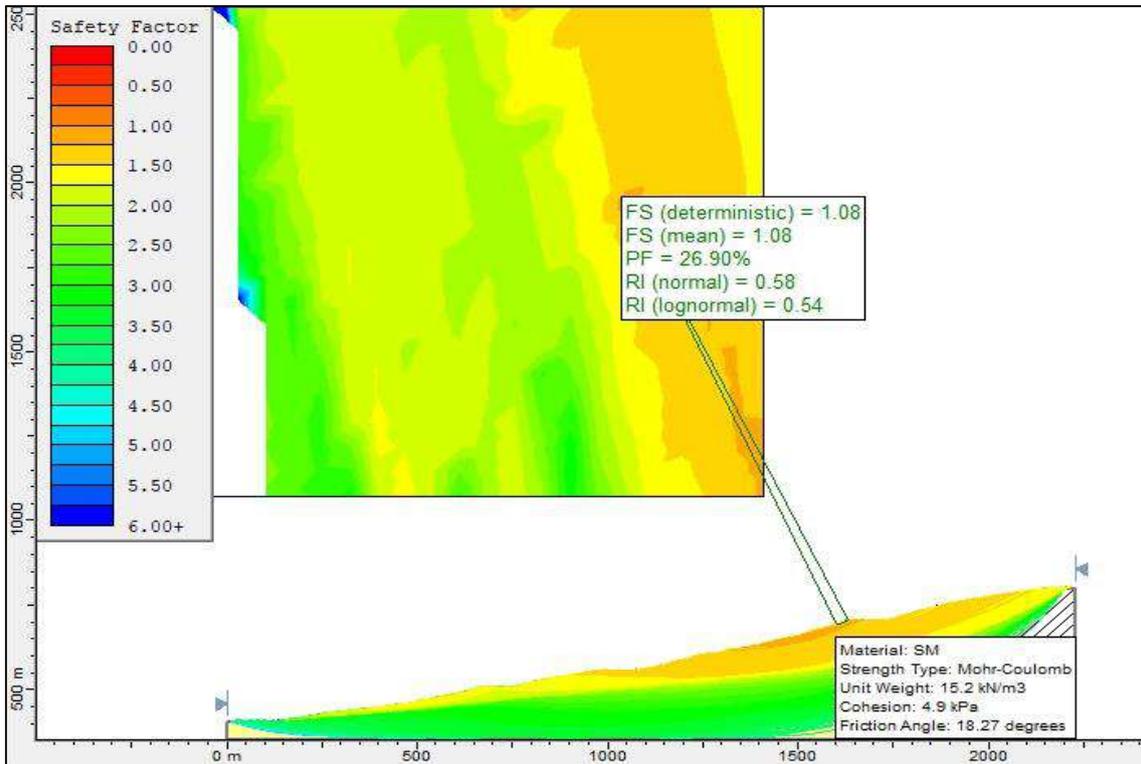


Figura 30. Modelamiento de un talud natural de probabilidad mínima de deslizamiento.

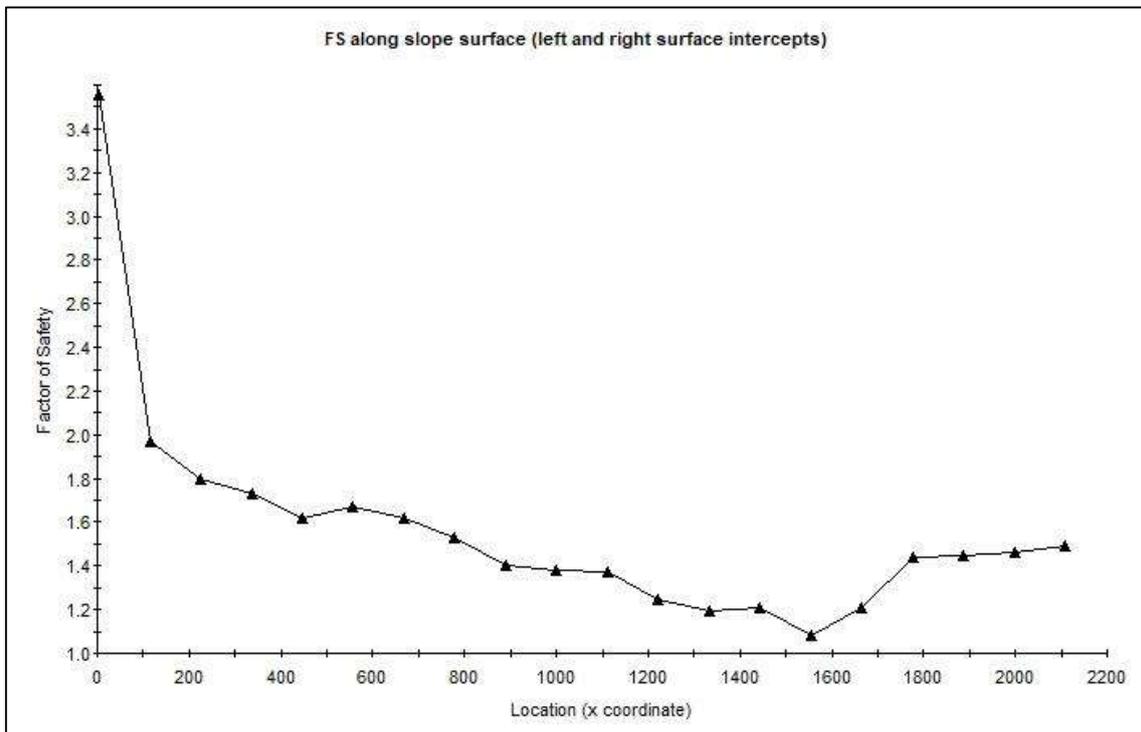


Figura 31. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.

Tabla 25. Análisis de índice de vulnerabilidad (talud 4)

N° de talud	Fs (determinístico)	Probabilidad de falla (%)	Índice. Vulnerabilidad.
Talud 4	1.07	31.4	0.39
	1.27	7.6	0.23
	1.17	17.6	0.30
	1.43	2.1	0.19
	0.84	91.3	0.75
	0.7	100	0.86
	1	48.1	0.49
	0.89	82.9	0.70

Fuente: Elaboración propia.

- **Modelamiento de probabilidades de falla máxima.**

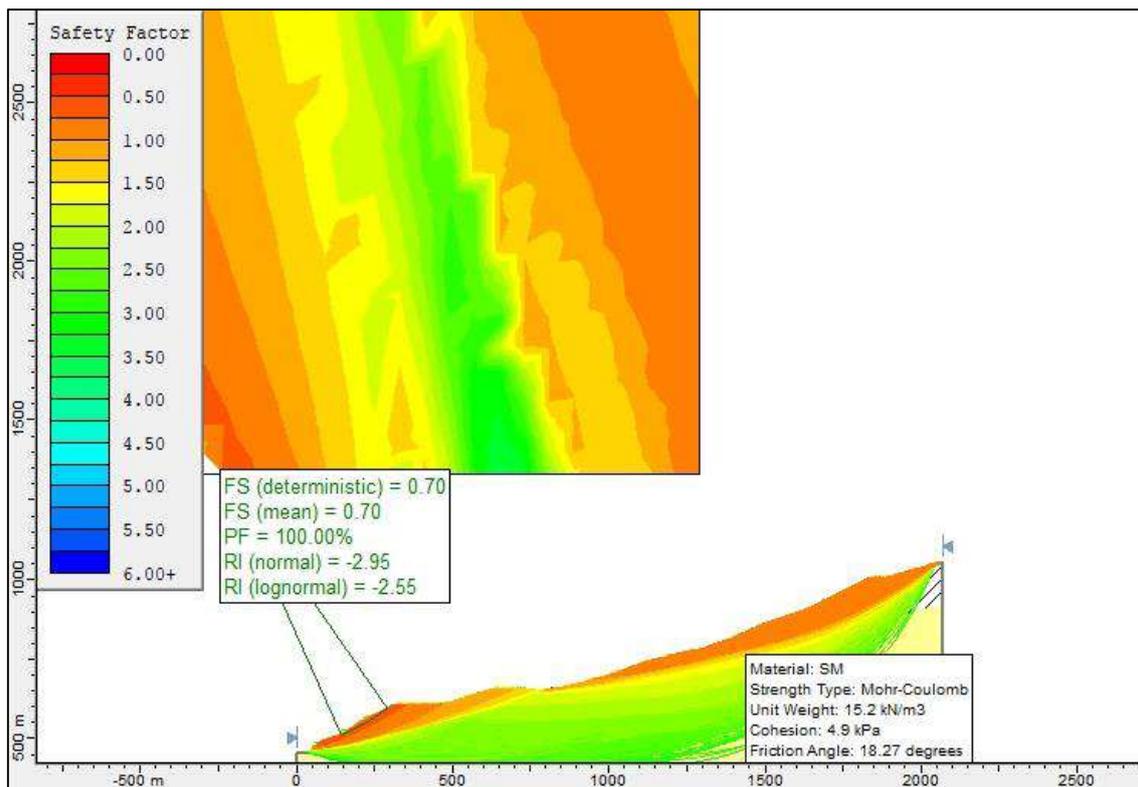


Figura 32. Probabilidad mínima de deslizamiento.

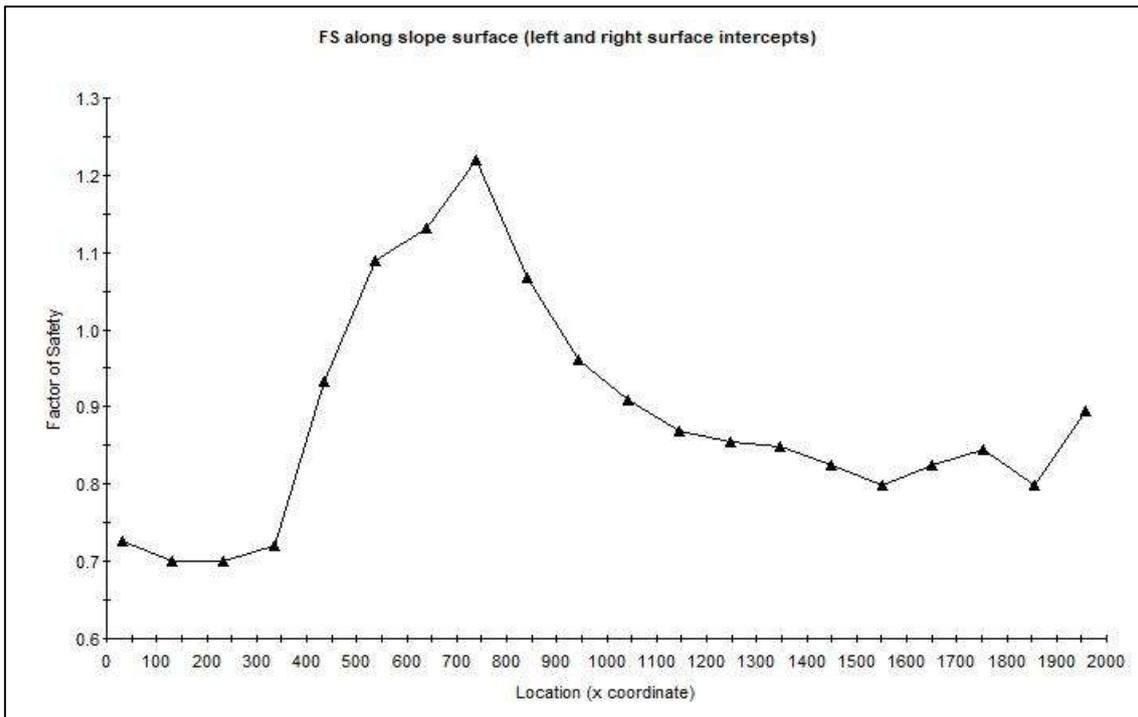


Figura 33. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.

- **Modelamiento de probabilidades de falla mínima.**

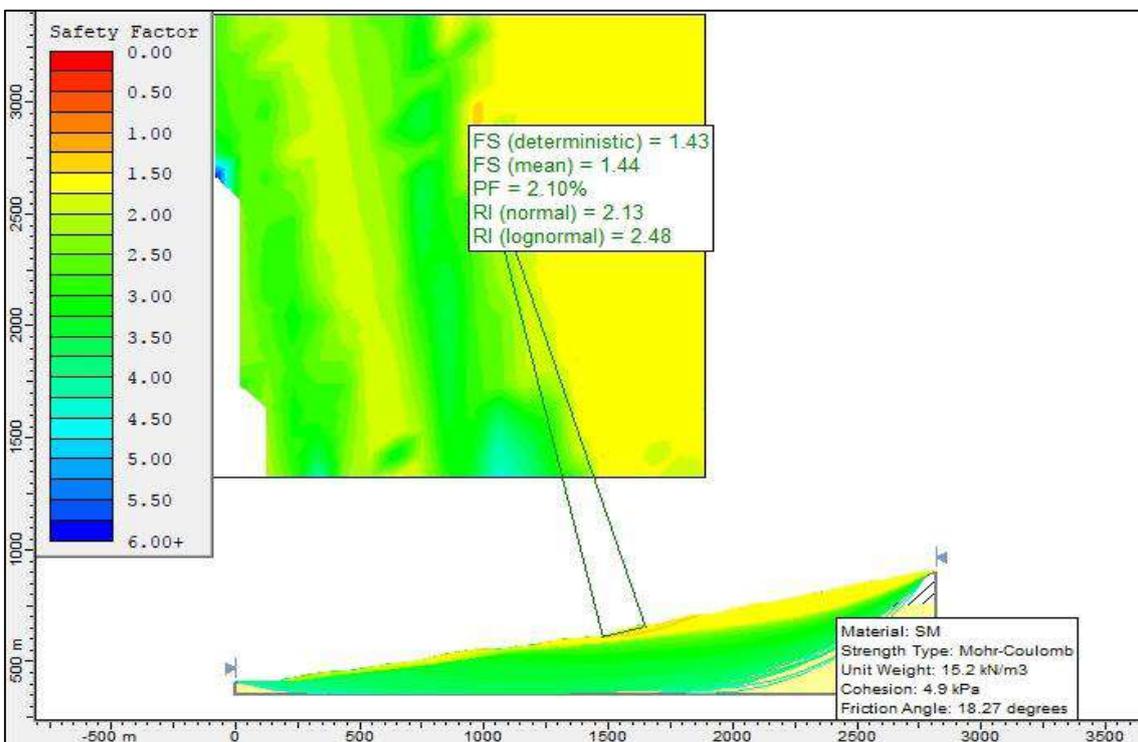


Figura 34. Probabilidad mínima de deslizamiento.

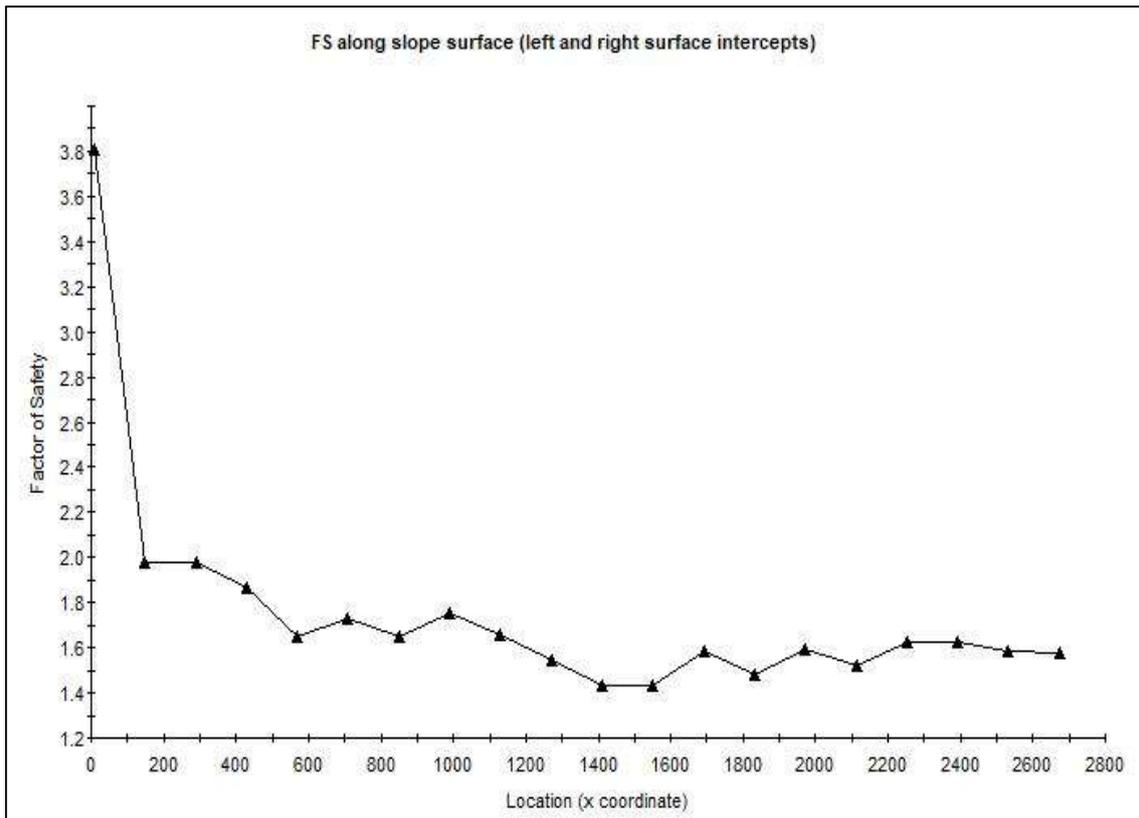


Figura 35. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.

Tabla 26. Análisis de índice de vulnerabilidad (talud 6)

N° de talud	Fs (determinístico)	Probabilidad de falla (%)	Índice. Vulnerabilidad.
Talud 6	0.92	76.7	0.66
	0.68	99.5	0.87
	0.63	100	0.90
	1.1	25.8	0.36
	0.8	97.1	0.80
	0.67	100	0.87
	0.79	98.1	0.81
	1.16	15.1	0.29

Fuente: Elaboración propia.

- **Modelamiento de probabilidades de falla máxima.**

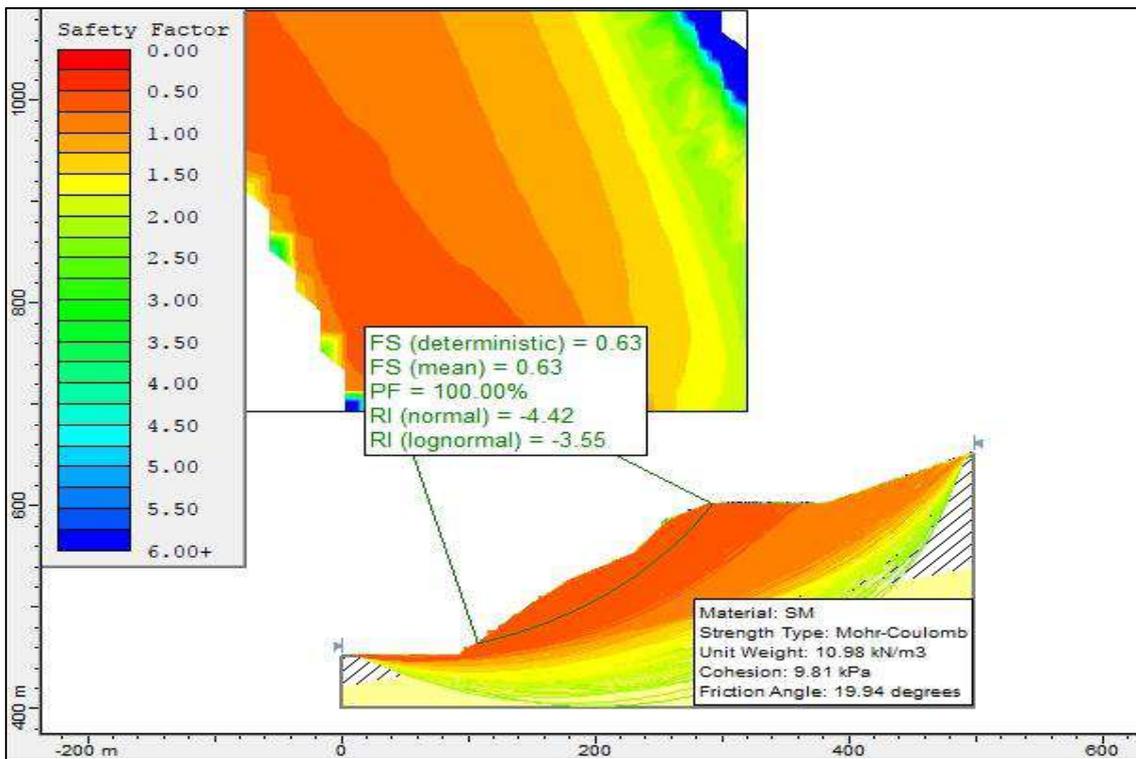


Figura 36. Probabilidad mínima de deslizamiento.

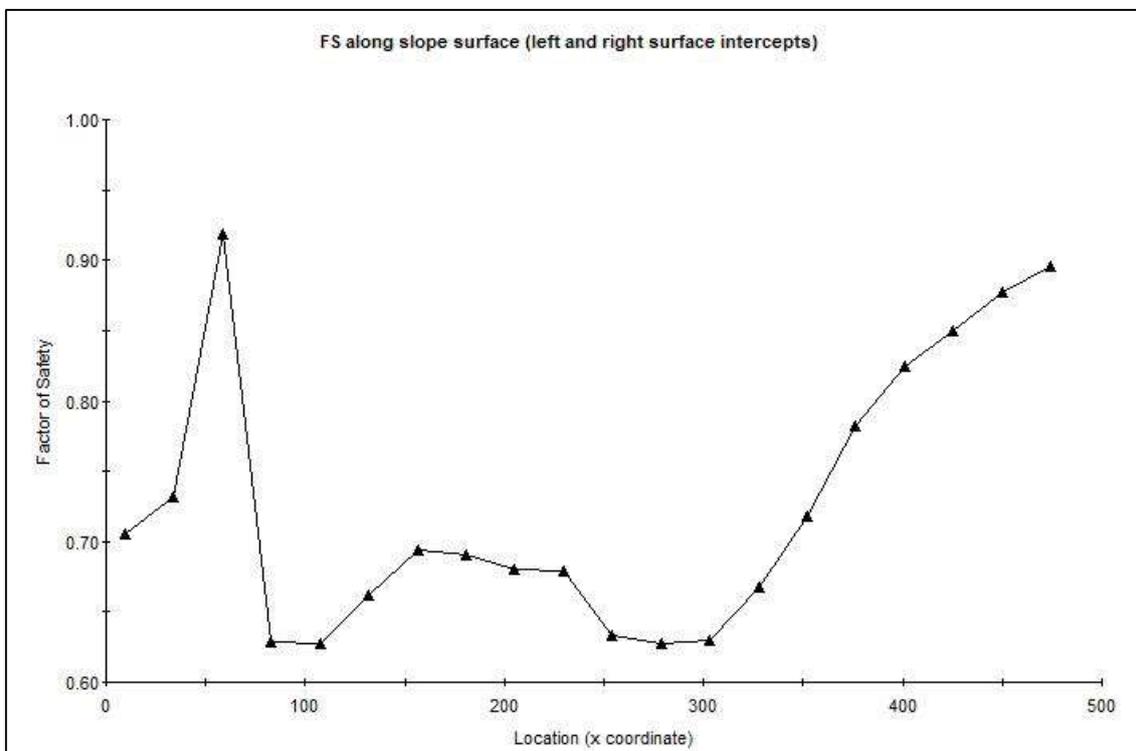


Figura 37. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.

- **Modelamiento de probabilidades de falla mínima.**

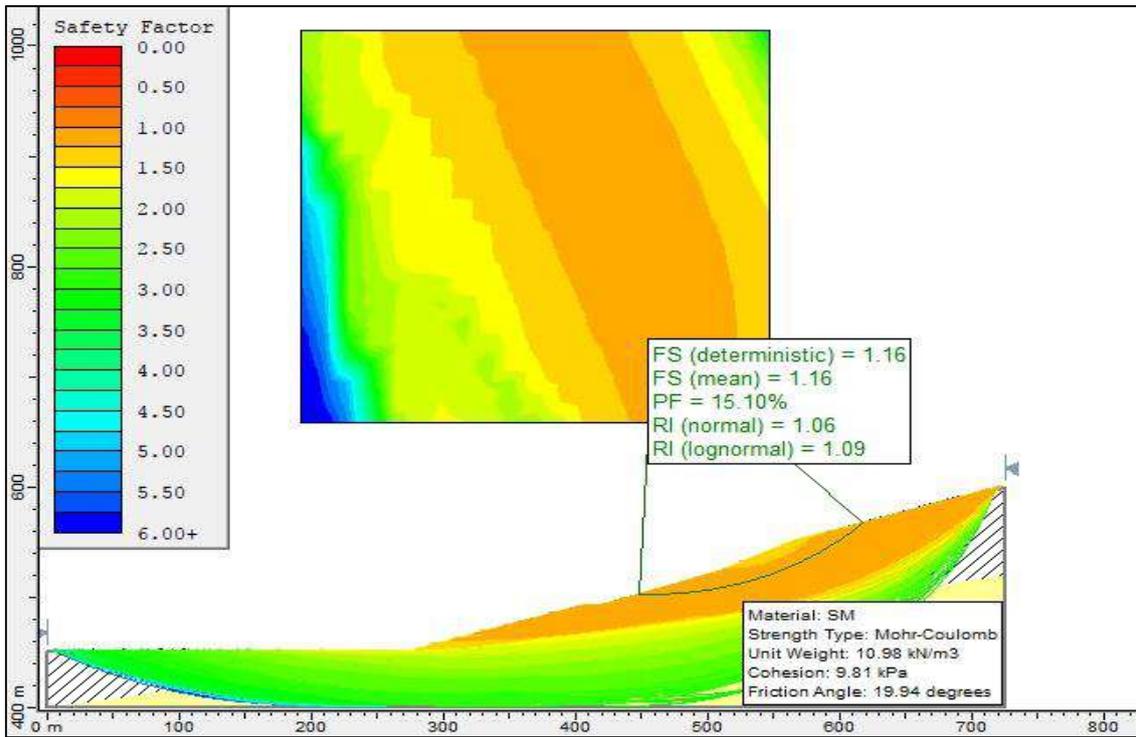


Figura 38. Probabilidad mínima de deslizamiento.

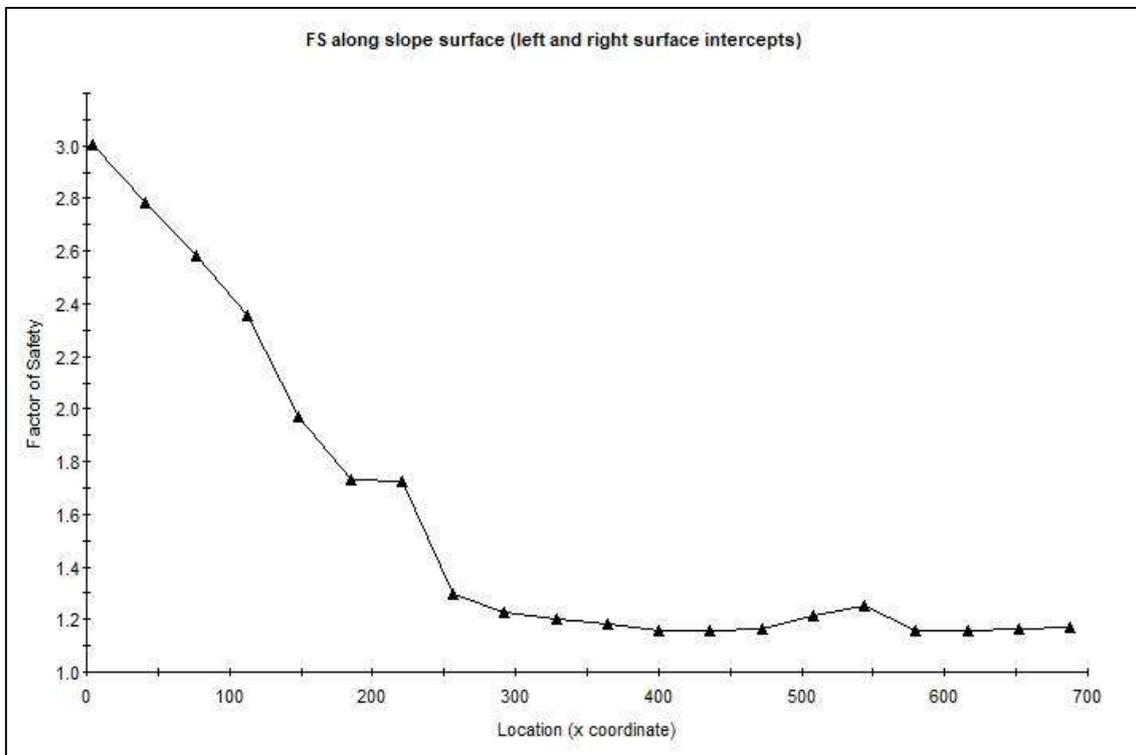


Figura 39. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.

Tabla 27. Análisis de índice de vulnerabilidad (talud 7)

N° de talud	Fs (determinístico)	Probabilidad de falla (%)	Índice. Vulnerabilidad.
Talud 7	0.62	100	0.90

Fuente: Elaboración propia.

- **Modelamiento de probabilidades de falla máxima.**

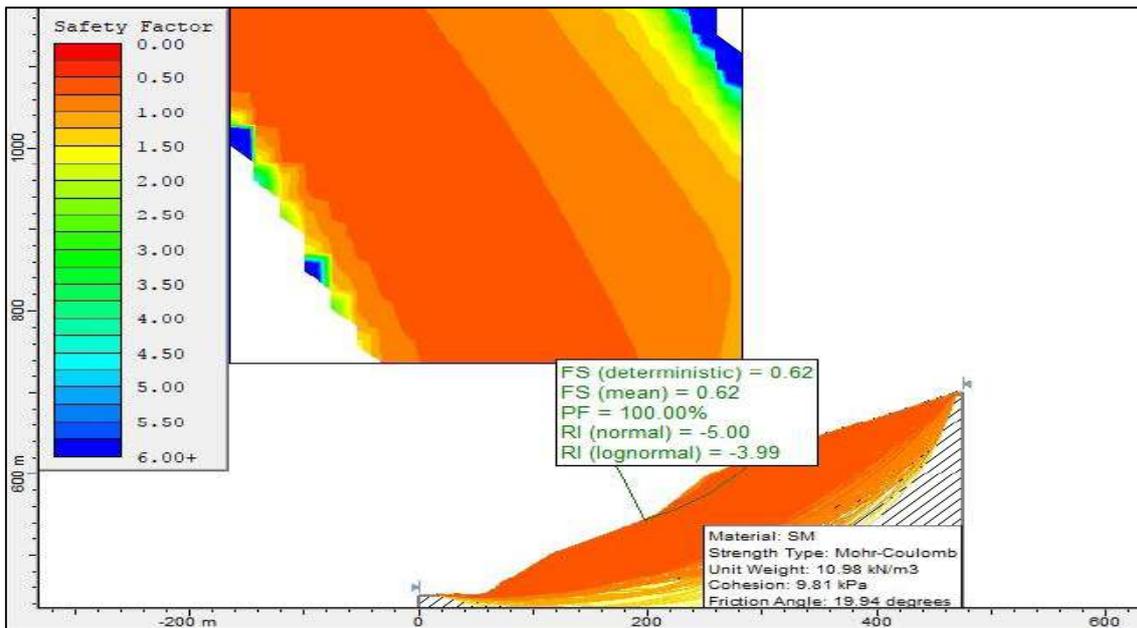


Figura 40. Probabilidad mínima de deslizamiento.

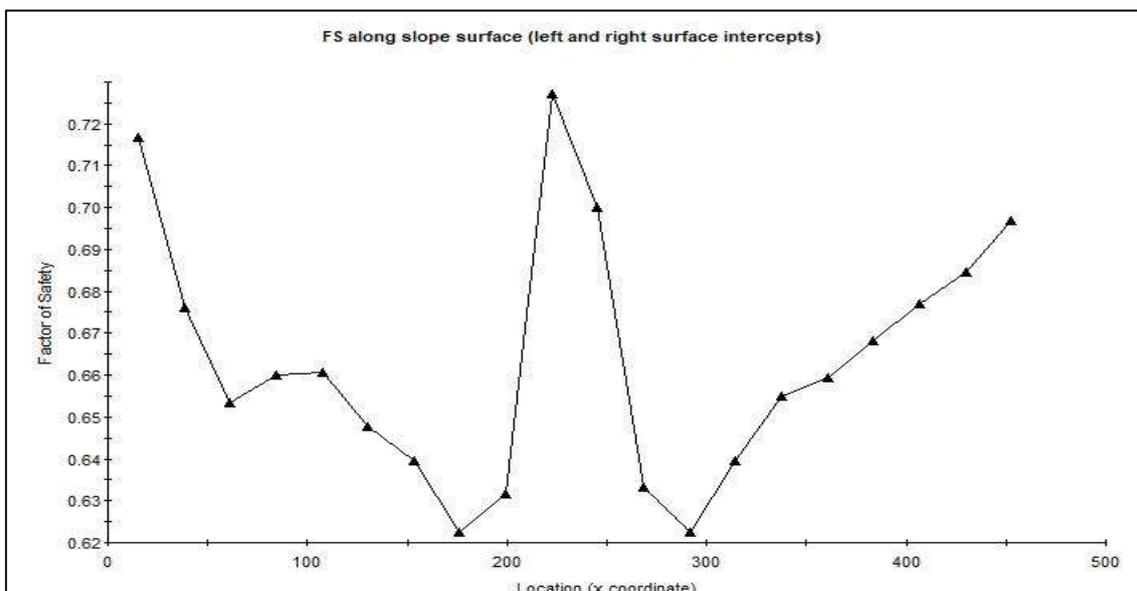


Figura 41. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.

El resumen de los índices de vulnerabilidad de la margen izquierda se muestra en la tabla 28 que a continuación se muestran con un coeficiente de varianza de ± 0.27 .

Tabla 28. Índice de vulnerabilidad de los taludes en la margen izquierda

N° de talud	FS (determinístico)	Probabilidad de falla (%)	Índice. Vulnerabilidad
Talud 1	0.55	100	0.95
	0.93	71.3	0.63
	1.07	27.6	0.37
Talud 3	1.01	44.9	0.47
	0.82	92.8	0.77
	0.6	100	0.92
	0.91	75.7	0.65
Talud 5	0.65	100	0.88
	0.43	100	1.00
	10.1	44	0.24
	0.87	89.1	0.73
	0.87	84.8	0.71
	0.77	99.5	0.82
	0.87	88.6	0.73
	0.83	92.4	0.76
	0.95	62.7	0.58
	0.82	94.5	0.78
92	77.00	0.39	

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se desglosan los resultados para el índice de vulnerabilidad máximos y mínimos para cada talud según la probabilidad de falla que presenta.

Tabla 29. Análisis de índice de vulnerabilidad (talud 1)

N° de talud	Fs (determinístico)	Probabilidad de falla (%)	Índice. Vulnerabilidad.
Talud 1	0.57	100	0.94
	0.93	71.3	0.63
	1.07	27.6	0.37

Fuente: Elaboración propia.

- **Modelamiento de probabilidades de falla máxima.**

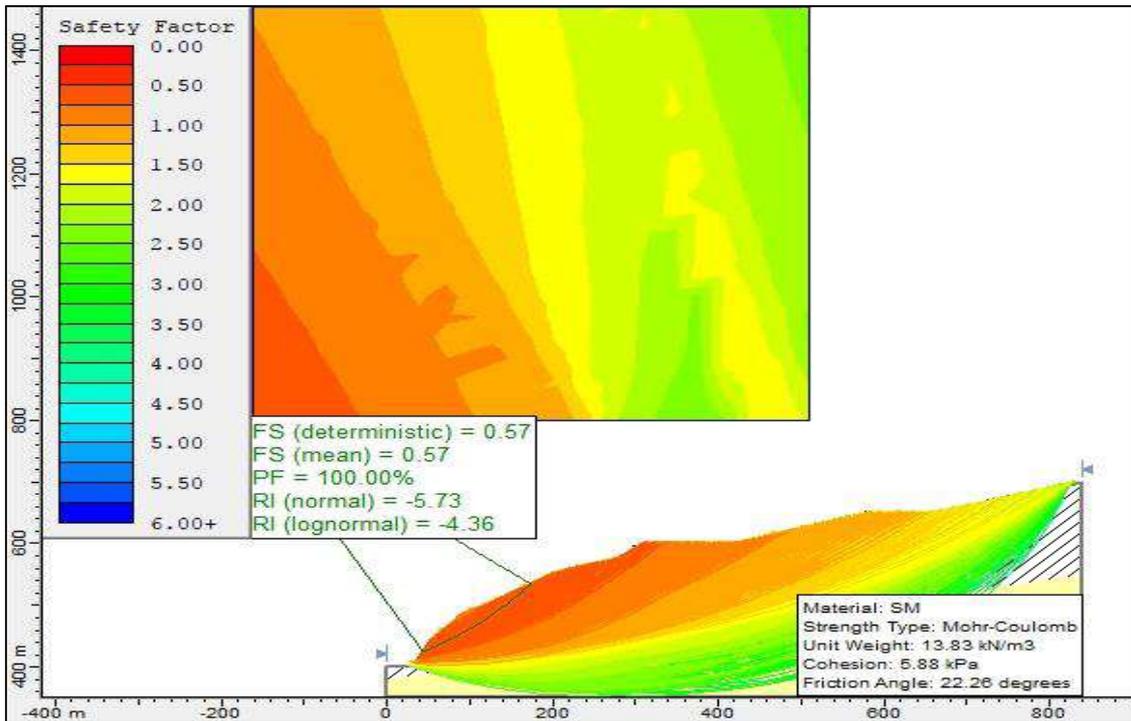


Figura 42. Probabilidad mínima de deslizamiento.

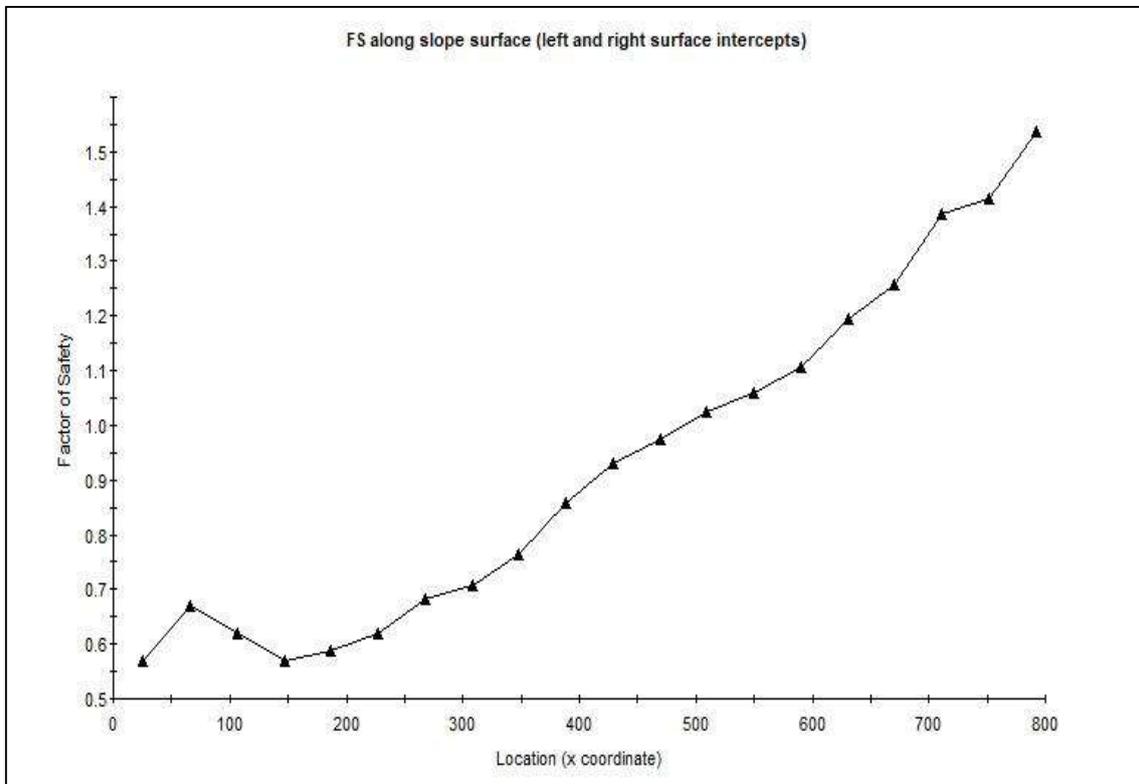


Figura 43. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.

- **Modelamiento de probabilidades de falla mínima.**

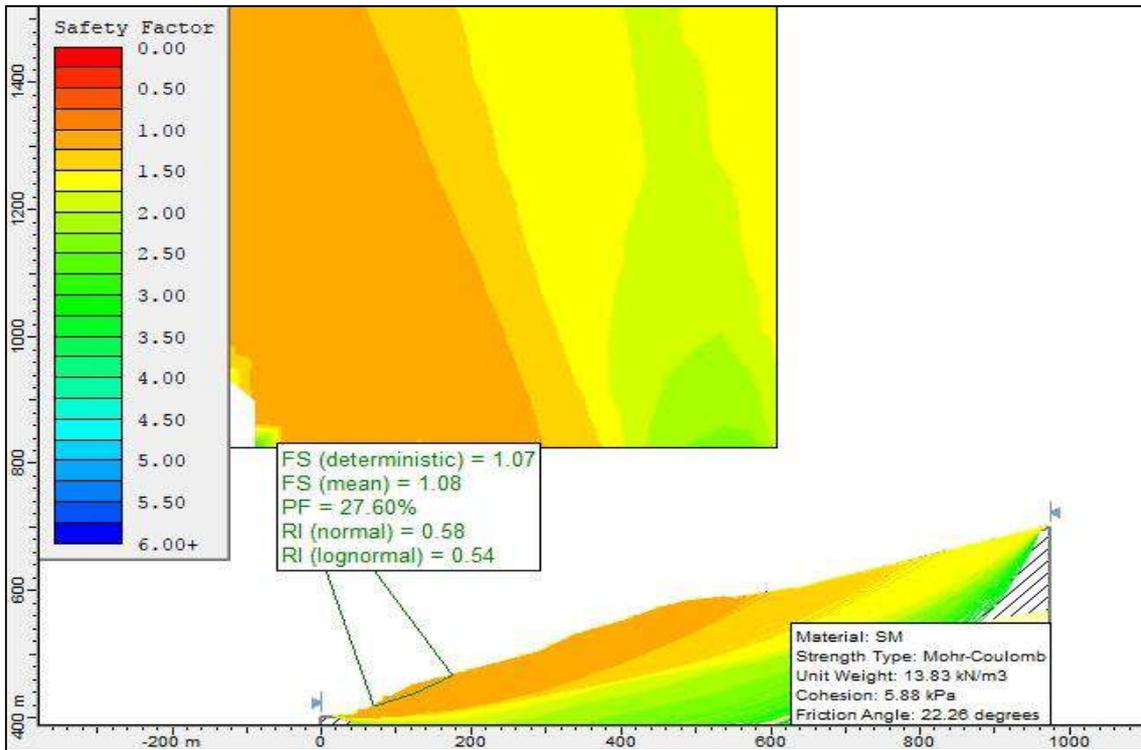


Figura 44. Probabilidad mínima de deslizamiento.

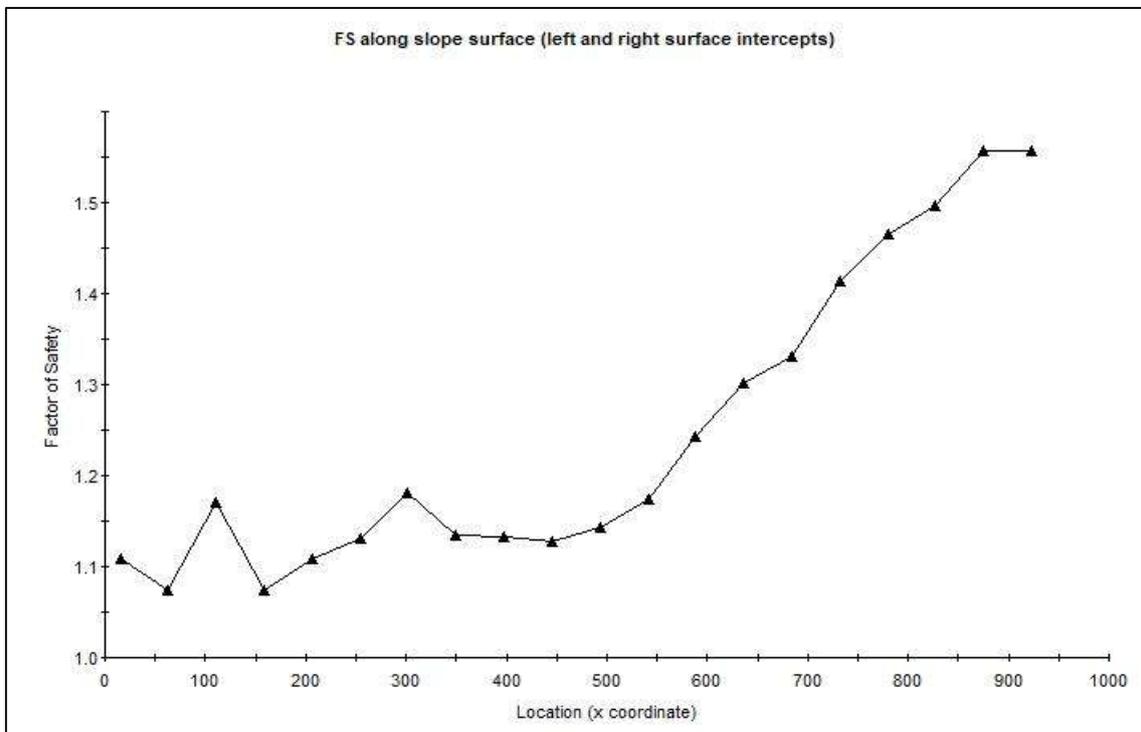


Figura 45. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.

Tabla 30. Análisis de índice de vulnerabilidad (talud 3)

N° de talud	Fs (determinístico)	Probabilidad de falla (%)	Índice. Vulnerabilidad.
Talud 3	1.01	44.9	0.47
	0.82	92.8	0.77
	0.6	100	0.92
	0.91	75.7	0.65

Fuente: elaboración propia.

- **Modelamiento de probabilidades de falla máxima.**

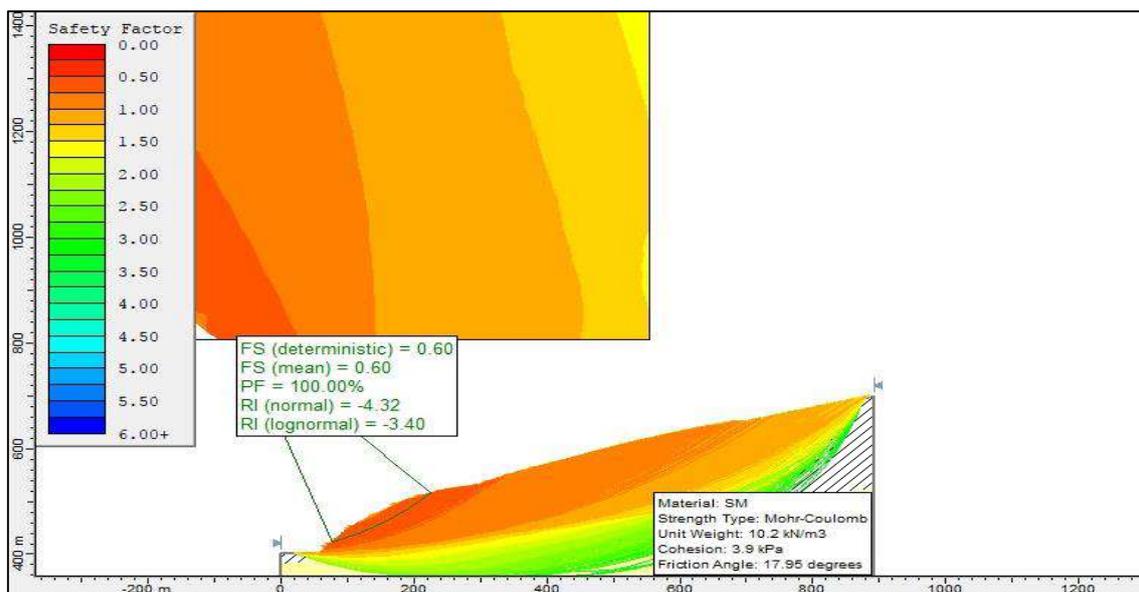


Figura 46. Probabilidad mínima de deslizamiento.

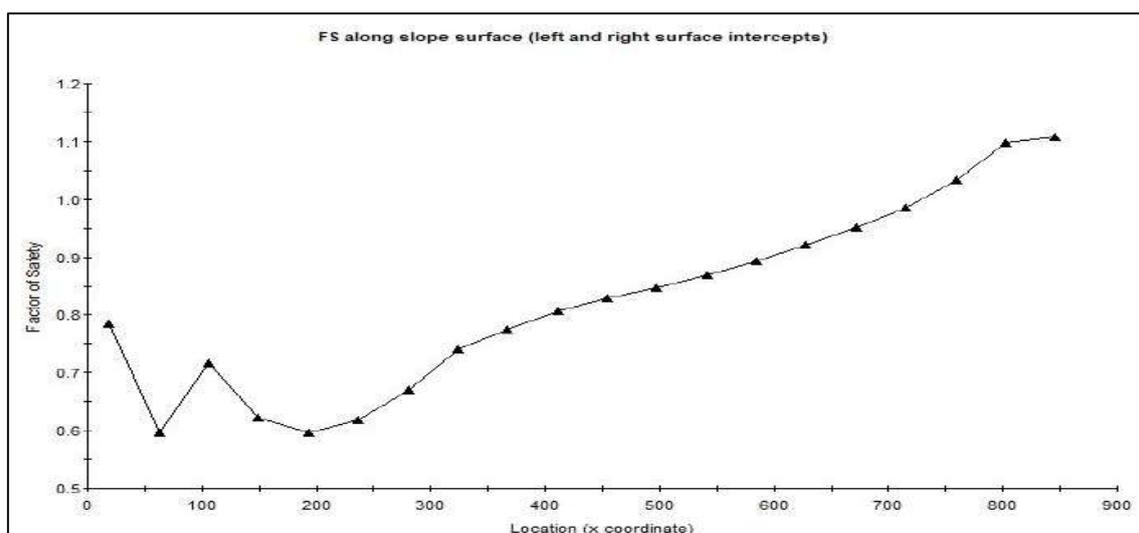


Figura 47. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.

- **Modelamiento de probabilidades de falla mínima.**

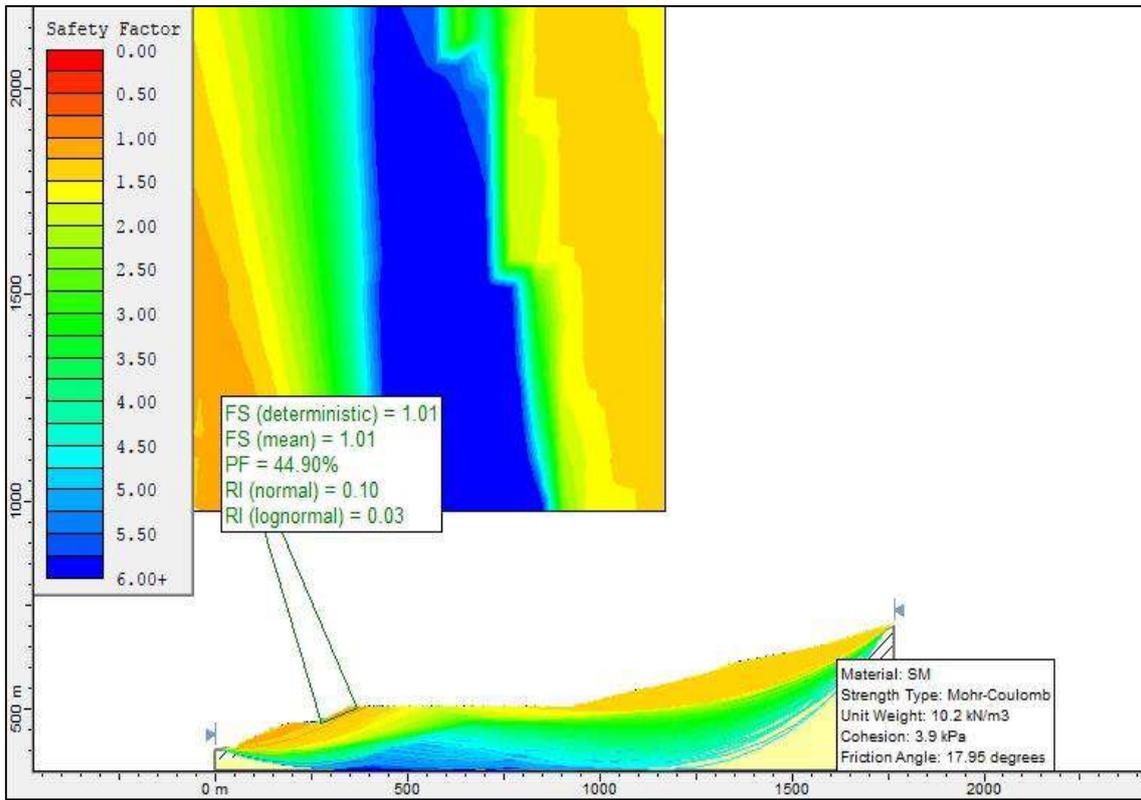


Figura 48. Probabilidad mínima de deslizamiento.

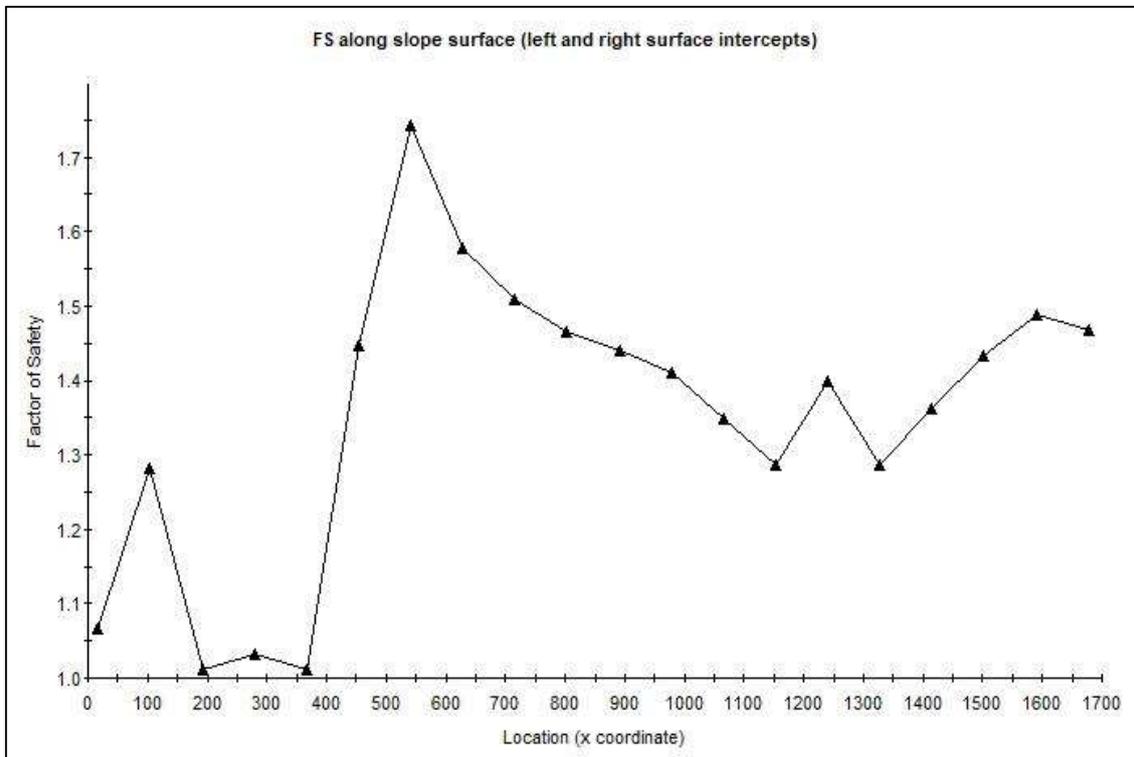


Figura 49. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.

Tabla 31. Análisis de índice de vulnerabilidad (talud 5)

N° de talud	Fs (determinístico)	Probabilidad de falla (%)	Índice. Vulnerabilidad.
Talud 5	0.65	100	0.88
	0.43	100	1.00
	10.1	44	0.24
	0.87	89.1	0.73
	0.87	84.8	0.71
	0.77	99.5	0.82
	0.87	88.6	0.73
	0.83	92.4	0.76
	0.95	62.7	0.58
	0.82	94.5	0.78
	0.92	77	0.66

Fuente: elaboración propia.

- **Modelamiento de probabilidades de falla máxima.**

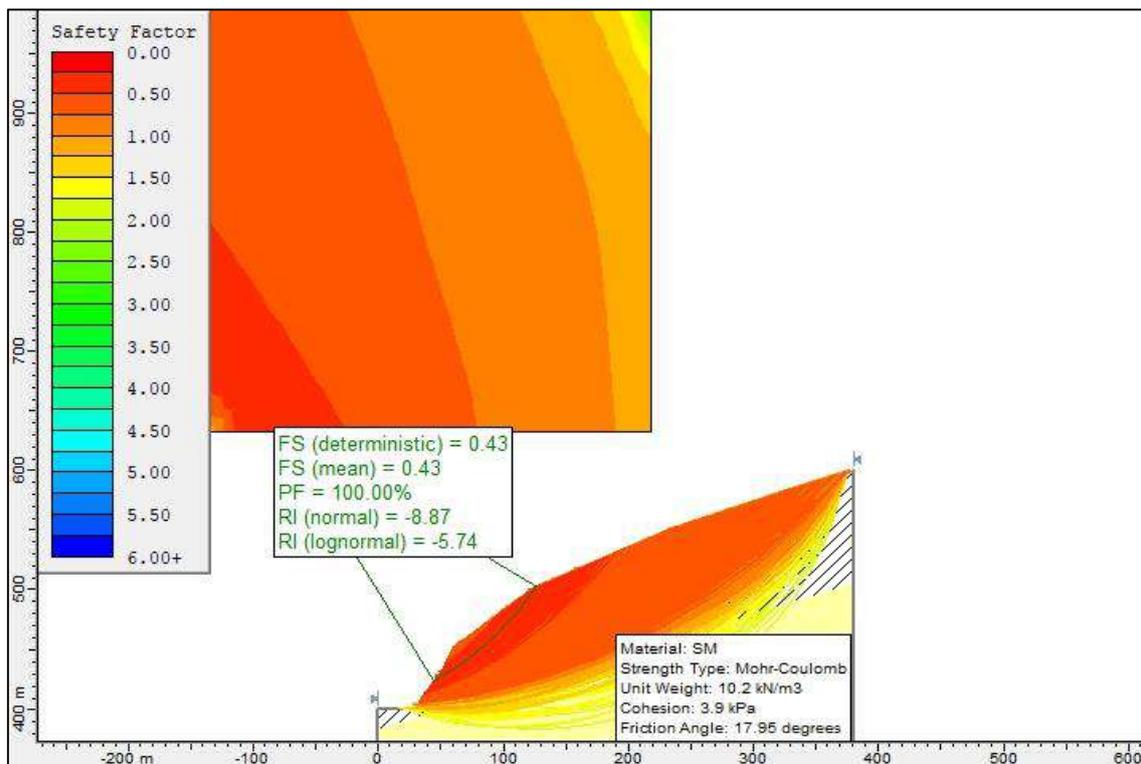


Figura 50. Probabilidad mínima de deslizamiento

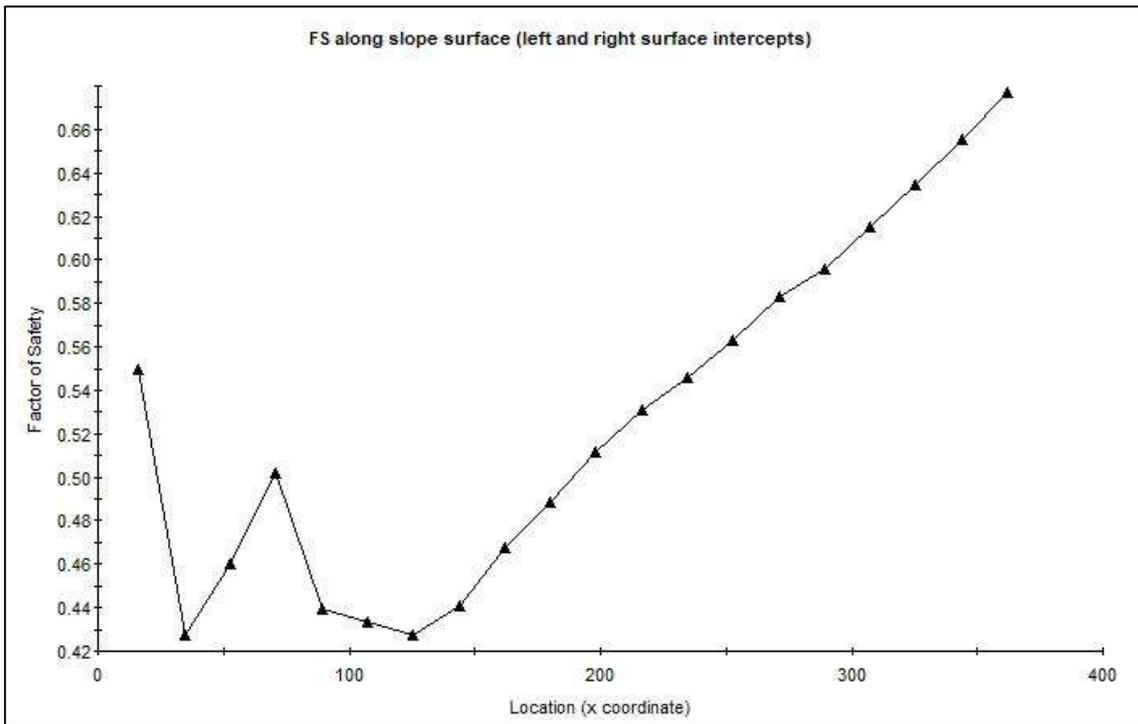


Figura 51. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.

- **Modelamiento de probabilidades de falla mínima.**

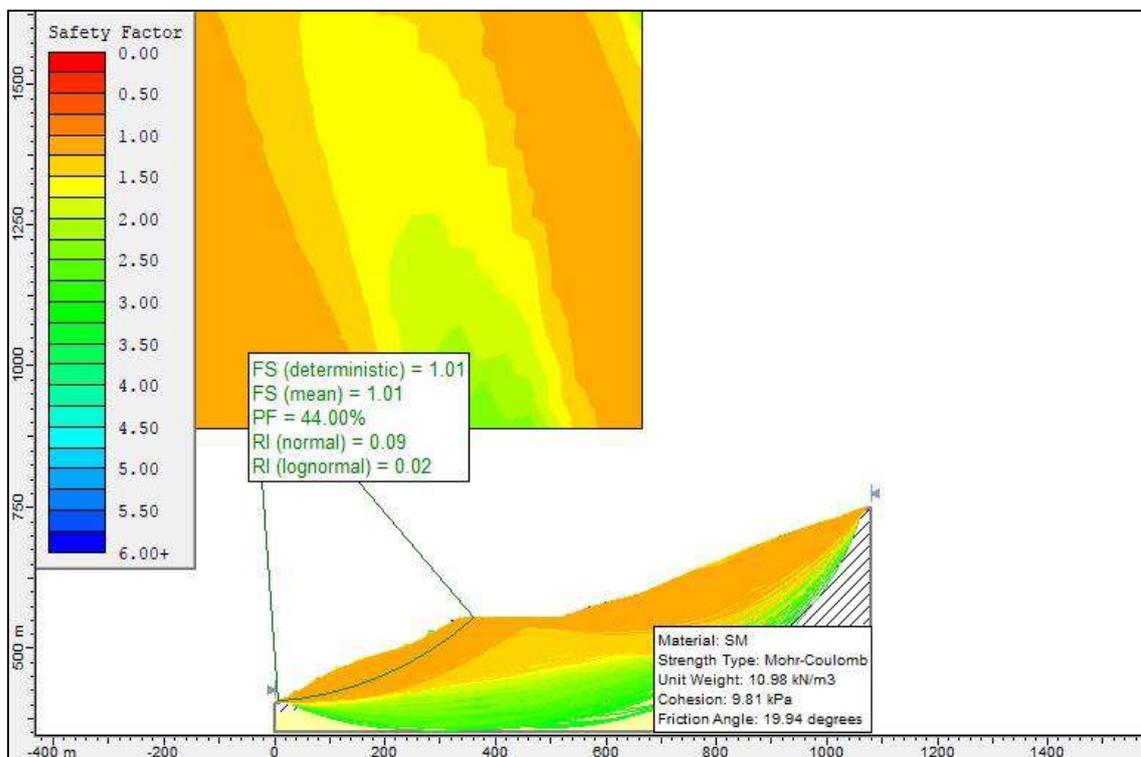


Figura 52. Probabilidad mínima de deslizamiento

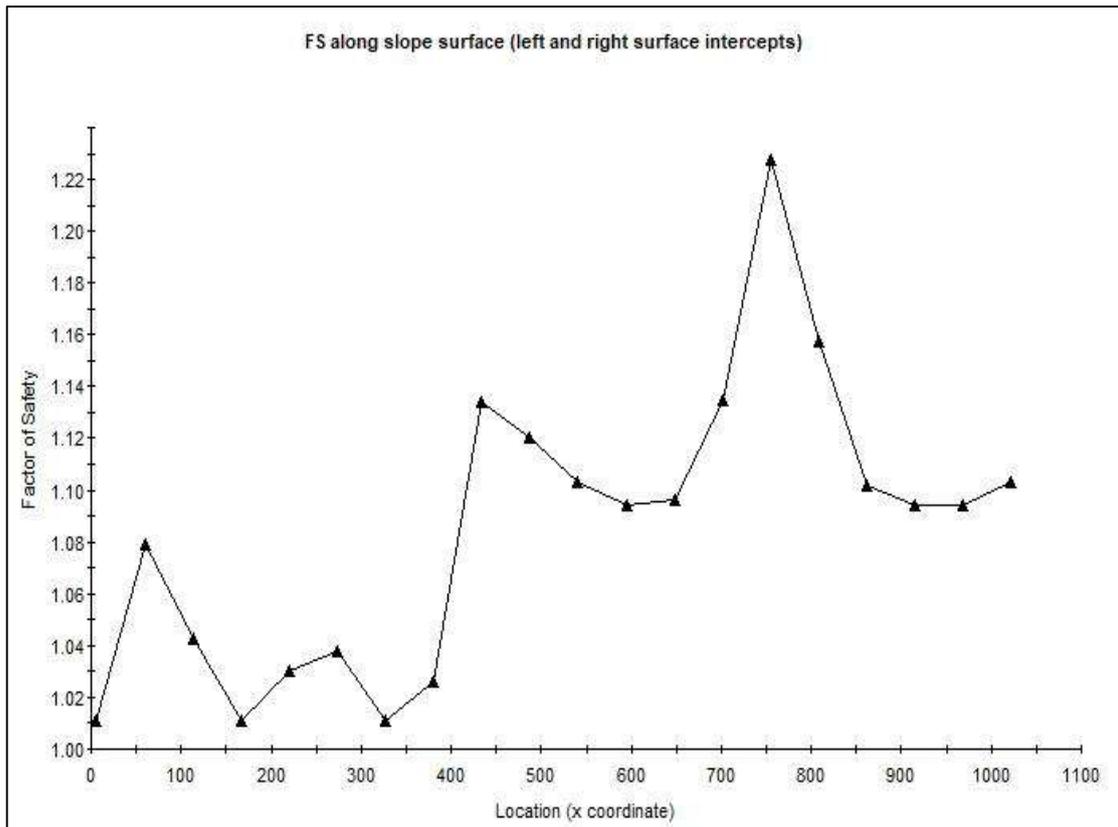


Figura 53. Representación gráfica del factor de seguridad la según distancia del talud.

En la margen derecha presenta mayor índice de vulnerabilidad alta, con relación al de la margen izquierda, para determinar el índice de vulnerabilidad por la probabilidad de falla el talud debido al bajo factor de seguridad, el valor del índice de vulnerabilidad va de 0 a 1.

Donde:

- 1.0 es altamente vulnerable.
- $0 < 0.5$ es vulnerabilidad media.
- 0 es vulnerabilidad nula.

4.3.4. Índice de vulnerabilidad para la zonificación.

Los suelos poseen un índice de 0.3, la pendiente 0.3 y la estructura geológica 0.2 dado que no toda en toda la zona de estudio la estructura está expuesta y la infiltración, o permeabilidad 0.2. Los resultados se muestran en el plano del anexo 4.9.

Tal como se muestra en los planos de zonificación; donde el índice de vulnerabilidad mayor a 0.5 indica una zona de vulnerabilidad alta y muy alta la cual re representa un área no habitable.

La susceptibilidad según la tabla 5 presenta de categoría muy alta debido a presencia de deslizamientos activos lo cual se respalda indicando, que el área en estudio presenta índices de vulnerabilidad predominante alta y muy altas, donde dichas áreas serian deforestadas producto de los deslizamientos.

La vulnerabilidad alta indica una probabilidad de falla mayor al 50% y la vulnerabilidad baja indica una probabilidad menor del 50% y la vulnerabilidad baja indica una probabilidad nula al deslizamiento.

El área de investigación según su índice de vulnerabilidad presenta la zonificación geotécnica indicando un resumen total en la tabla 32.

Tabla 32. Zonificación geotécnica según su vulnerabilidad.

Zona de vulnerabilidad	Índice de vulnerabilidad	Área km2	Porcentaje de área (%)
muy baja	0.0 - 0.25	3.99	13.83
baja	0.25 - 0.50	15.02	52.12
alta	0.50 - 0.75	5.38	18.65
muy alta	0.75 - 1.0	4.44	15.39

Fuente: elaboración propia.

Donde el índice de vulnerabilidad parte de las comunidades de platanillo de Shimaki y Miritiriani son altas y muy altas la cual es considerada una zona inestable, en la comunidad de Acolla el índice de vulnerabilidad es baja con presencia de algunos tramos vulnerables.

En el plano del Anexo 4.10. se muestra la zonificación de la zona de estudio donde la vulnerabilidad alta; que indica eminente deslizamiento es notable en el tramo del sector de platanillo de Shimaki, hacia y parte de Acolla.

CAPITULO V.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Las discusiones fueron formuladas en función de los objetivos, mostrándose primero las discusiones específicas y finalmente la discusión general.

Discusión 1:

En la cuenca del río Azupizú se determinó que, en taludes naturales, pendiente superior a $22.4\% \pm 7.83\%$ es inestable manifestándose en deslizamiento casi imperceptible, en pendientes mayores a 45% el factor de seguridad es menor que 0.5 indicando así un índice de vulnerabilidad superior a 0.75 manifestando su mayor efecto; siendo el índice de vulnerabilidad proporcional al factor de seguridad.

Al respecto autor (Rosales Sanchez, y otros, 2009 pág. 80) de la tesis Vulnerabilidad potencial de los suelos a deslizamientos de tierra en el municipio de La Conquista, Carazo, Nicaragua; para condiciones similares obtuvo un resultado donde las mayores de 15% son inestables, el autor (Narvaes Lopez, 2012 pág. 81) de la tesis titulada vulnerabilidad geotécnica de las quebradas Arroyo Seco y Puca Puca en la Ciudad de Ayacucho; obtuvo como resultados; que pendientes mayores a 25% es inestable, el autor (Torres Chung, 2007 pág. 198) de la tesis titulada valoración de riesgo en deslizamientos, para condiciones similares obtuvo como resultado; que pendientes mayor a 25% presenta un índice de vulnerabilidad de 0.7.

Como se puede observar los valores determinados son similares o se encuentran dentro de lo alcanzado por los antecedentes, razón por la cual se concluye que el objetivo específico 1 fue logrado.

Discusión 2.

El tipo de suelo SM con mayor vulnerabilidad es la que posee menor cohesión que $0.05 \text{ kg/cm}^2 \pm 42.1\%$, y un ángulo de fricción $18.27^\circ \pm 10\%$ en la cuenca del río Azupizú, con una velocidad de infiltración menor de 0.12 mm/seg contribuye al deslizamiento por su poca permeabilidad, mientras que la estructura geológica Qc-h (Cuaternario holocena - continental) presenta un alto índice de vulnerabilidad debido al escaso material cementante siendo el c y ϕ entre 30-35 como se muestra en la tabla 5.

Al respecto el autor (Toro Irureta, 2014 pág. 71) de la tesis de evaluación de la inestabilidad de taludes en la carretera las Pirias-cruce Lambayeque, San Ignacio. Según sus resultados el ángulo de fricción promedio que presenta inestabilidad es de 12.71° con una cohesión de 0.29 kg/cm^2 , el autor (Lara Castillo, 2007 pág. 80; 136) de la tesis titulada Metodología para la evaluación y zonificación de peligro de remociones en masa con aplicación en quebrada San Ramon, Santiago Oriente, Región Metropolitana. A partir de sus resultados obtenidos para condiciones similares, refiere que el tipo de roca y sus propiedades influyen más del 35% en un deslizamiento, el autor (Rosales Sanchez, y otros, 2009 pág. 96) de la tesis Vulnerabilidad potencial de los suelos a deslizamientos de tierra en el municipio de La Conquista, Carazo, Nicaragua. Según sus resultados refiere que la baja permeabilidad ejerce su acción erosiva inestabilidad.

Como se puede observar los valores determinados son similares o consistentes con los alcanzados por el antecedente, razón por la cual se concluye que el objetivo específico 2 fue logrado.

Discusión 3:

La mayor probabilidad de falla de un talud natural se produce en un suelo del tipo SM con valores inferiores de cohesión que $0.05 \text{ kg/cm}^2 \pm 42.1\%$, y un ángulo de fricción $18.27^\circ \pm 10\%$ al estar sometida a una pendiente mayor a 22.4% , teniendo una probabilidad de $100\% \pm 10.35\%$. de probabilidad de falla, siendo una probabilidad alta (mayor al 50%) probabilidad muy alta (mayor de 75 %).

Al respecto autor (Lara Castillo, 2007 pág. 185) de la tesis titulada Metodología para la evaluación y zonificación de peligro de remociones en masa con aplicación en quebrada San Ramon, Santiago Oriente, Región Metropolitana. para

condiciones similares obtuvo como resultado un análisis probabilístico que una probabilidad de falla del mayor al 50% representa una probabilidad alta, el autor (Torres Chung, 2007 pág. 169) de la tesis titulada valoración de riesgo en deslizamientos, para condiciones similares obtuvo como resultado: la probabilidad de falla alta es mayor al 50%. El autor (Shuk Erdos, 1999 pág. 65) de la investigación Zonificación geotécnica cuantitativa por medio de la metodología de taludes naturales (MTN) obtuvo como resultado: probabilidad de falla mayor de un 1% se debe utilizar un factor de seguridad alto para estabilizar.

Como se puede observar los valores determinados son similares o consistentes con los alcanzados por los antecedentes, razón por la cual se concluye que el objetivo específico 3 fue logrado.

Discusión 4:

El cálculo del índice de vulnerabilidad para realizar la zonificación toma en cuenta las propiedades del suelo, la pendiente y la estructura geológica (rocas) y la permeabilidad de los suelos. En cuanto al índice de vulnerabilidad estas varían desde 0 (zonas de orillas de río), 0.5 (zonas de terrazas), 1 (montañas).

Al respecto el autor (Torres Chung, 2007 pág. 152) de la tesis titulada valoración de riesgo en deslizamientos, para condiciones similares obtuvo como resultado: 0.8 índice de vulnerabilidad es constante, siendo 1 el índice de vulnerabilidad alta máxima. El autor (Narvaes Lopez, 2012 pág. 68) de la tesis titulada vulnerabilidad geotécnica de las quebradas Arroyo Seco y Puca Puca en la Ciudad de Ayacucho; obtuvo como resultados que mayor de 40% la vulnerabilidad alta. El autor (Shuk Erdos, 1999 pág. 68) de la investigación Zonificación geotécnica cuantitativa por medio de la metodología de taludes naturales (MTN) obtuvo como resultado: vulnerabilidad máxima es 1.0.

Como se puede observados valores determinados son similares y consistentes con lo alcanzado por los antecedentes, razón por la cual se concluye que el objetivo general fue logrado.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

En el desarrollo de la presente investigación y a partir de los resultados obtenidos, concluye cumpliendo los objetivos en caso de zonificación en la cuenca del río Azupizú se determinó que los taludes naturales con pendiente superiores a $22.4\% \pm 7.83\%$ es inestable manifestándose en deslizamiento casi imperceptible, en pendientes mayores a 45% el factor de seguridad es menor que 0.5 indicando así un índice de vulnerabilidad superior a 0.75 manifestando su mayor efecto; siendo el índice de vulnerabilidad proporcional al factor de seguridad.

El tipo de suelo SM con mayor vulnerabilidad es la que posee menor cohesión que $0.05 \text{ kg/cm}^2 \pm 42.1\%$, y un ángulo de fricción $18.27^\circ \pm 10\%$ en la cuenca del río Azupizú, con una velocidad de infiltración menor de 0.12 mm/seg contribuye al deslizamiento por su poca permeabilidad, mientras que la estructura geológica Qc-h (Cuaternario holocena - continental) presenta un alto índice de vulnerabilidad debido al escaso material cementante siendo el c y ϕ entre 30-35 como se muestra en la tabla 5.

La mayor probabilidad de falla de un talud natural se produce en un suelo del tipo SM con valores inferiores de cohesión que $0.05 \text{ kg/cm}^2 \pm 42.1\%$, y un ángulo de fricción $18.27^\circ \pm 10\%$ al estar sometida a una pendiente mayor a 22.4%, teniendo una probabilidad de $100\% \pm 10.35\%$. de probabilidad de falla, su clasificación de las mismas se muestra en la tabla 32.

El cálculo del índice de vulnerabilidad para realizar la zonificación toma en cuenta las propiedades del suelo, la pendiente y la estructura geológica (rocas) y la permeabilidad de los suelos. En cuanto al índice de vulnerabilidad estas varían desde 0 (zonas de orillas de río), 0.5 (zonas de terrazas), 1 (montañas).

El estudio de vulnerabilidad se genera a partir de diversos factores y al alterarlas se vuelven más vulnerables.

La investigación contribuye a un ordenamiento territorial de una determinada población, sobre todo en la selva previa identificación de zonas o áreas habitables, de la misma manera aporta con información, con la cual se generen nuevos métodos de estabilidad de taludes naturales en la selva.

RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda al ministerio de ambiente (MINAM) emitir normas y supervisar el cumplimiento de estas mediante sus organismos como CENEPRED, el SINAGERD; así como implementar el plan nacional de riesgo de desastres, poniendo mayor énfasis en zonas de selva
Para lo cual se debe realizar una zonificación de las cuales su función no es visible en interior del país.
2. Se recomienda al SERFOR y SERNAP monitoreen las zonas vulnerables para evitar la tala indiscriminada de bosques que agentes principales en la inestabilidad de taludes naturales intensifique sus labores en cumplimiento de sus funciones verifique y proteja la vegetación por la en algunos casos la deforestación anticiparía los deslizamientos.
3. A los gobiernos regionales monitorear a las entidades para su cumplimiento de sus funciones por lo que no se cumple en todas las regiones del país por igual, tal es caso del manual para la evaluación de riesgo originados por fenómenos naturales; se evidencia que la selva del Perú es la región con poca investigación y existen pocas y nula investigación por parte del ente encargado.
4. A las municipalidades distritales implementar y cumplir los proyectos de prevención de desastres. Así como también a los pobladores de las comunidades nativas a través de sus delegados o jefes exigir que se acaten los proyectos de prevención y que sean de conocimiento para la población involucrada en los desastres.
5. A los investigadores realizar estudios del área de vulnerabilidad de zonas inundables por el embalsamiento producto de deslizamientos que generan obstrucciones en ríos o quebradas.

BIBLIOGRAFIA.

Bernal Torres, Cesar Augusto. 2010. *Metodo de la investigación.* Colombia : PEARSON, 2010. 978-958-699-128-5.

Braja M., Das. 2015. *Fundamentos de ingeniería geotécnica.* Mexico : Cengage Learning Editores, S.A., 2015. 978-607-519-373-1.

—. **2001.** *Principios de ingeniería de cimentaciones.* [trans.] José De La Cera Alonso. Litografica Ingramex, SAC. de C.V. Mexico : international thomson editores, 2001. p. 862. 970-686-035-5.

Cisneros, Jose Manuel, et al. 2012. *Erosion hidrica principios y tecnicas de manejo.* Argentina : UniRio, 2012. 978-987-688-024-4.

Cox, Cristobal. 2006. determinacion de la conductividad hidraulica en la zona no saturada con el infiltrometro de anillo. *determinacion de la conductividad hidraulica en la zona no saturada con el infiltrometro de anillo.* [Online] 2006. [Cited: junio 15, 2017.]

Cuanalo Campos, Oscar Andrés, Oliva González, Aldo Onel and Gallardo Amaya, Romel. 2011. Inestabilidad de laderas influencia de la actividad humana. *Inestabilidad de laderas influencia de la actividad humana.* [Online] Octubre-Diciembre 2011. [Cited: setiembre 20, 2017.] <http://www.elementos.buap.mx/num84/htm/39.htm>.

Diaz Suarez, Jaime. 1998. *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales.* Bucaramanga, Colombia : Ingenieria de suelos LDTA., 1998. 1000.

Estudio de la susceptibilidad a fenómenos geológicos en obras lineales (Andalucía, España). **Pacífico Bedón, Tatiana, Llorente, Miguel and Laín , Luis. 2008.** 22,25-32, España : Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG, 2008, Vol. 11. 1628-8097.

Hernandez Sampieri, Roberto, Fernandez Collado, Carlos and Baptista Lucio, Pilar. 2014. *Metodología de la investigación.* Mexico : McGRAW-HILL/, 2014. 978-1-4562-2396-0.

Highland, Lynn M. and Bobrowsky, Peter. 2008. *Manual de derrumbes: Una guía para entender todo sobre los derrumbes.* Estados Unidos : the world bank, 2008. 1325.

Jaimes, Miguel A. , Niño, Mauro and Reinoso, Eduardo . 2013. SCIELO.ORG.MEX. SCIELO.ORG.MEX. [Online] julio-diciembre 2013. [Cited: SETIEMBRE 17, 2017.] <http://www.scielo.org.mx/img/revistas/ris/n89/a1t2.JPG>. ISSN 0185-092X.

Juárez Badillo, Eulalio and Rico Rodriguez, Alfonso. 2005. *Mecanica de suelos tomo 1 fundamentos de la mecanica de suelos*. Mexico : Limusa noriega editores, 2005. 968-18+0069-9.

Lara Castillo, Marisol del Pilar. 2007. *Metodologia para la evaluacion y zonificacion de peligro de remociones en masa con aplicacion en quebrada San Ramon, Santiago Oriente, Region Metropolitana. Trabajo de titulacion (Magister en Ciencias Mencion Geologia)*. Santiago de Chile, Chile : Universidad de Chile, 2007.

Manual de geologia. **Varela, Ricardo. 2014.** La Plata-Buenos Aires-Argentina : Universidad Nacional de La Plata-CONICET, 2014, Vol. 21. 1514-4836.

metodologia de analisis de vulnerabilidad en cuencas anastecedoras de agua ante la variabilidad climatica. **Valencia Rojas, Monica Patricia, et al. 2014.** 25, Medellin-Colombia : revista de Ingenierias Universidad de Medellin, 2014, Vol. 13. 1692-3324.

Ministerio de medio ambiente. 1999. *Los sistemas de informacion geografica en los riesgos naturales y en el medio ambiente*. [ed.] Luis Lain Huerta. madrid : instituto tecnologico geominero de españa, 1999. 84-7840-385-x.

Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC). 2016. Manual de ensayo de materiales (EM 2000). *Manual de ensayo de materiales (EM 2000)*. [Online] mayo 2016. [Cited: junio 20, 2017.] https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf. mayo.

Mora Chinchilla, Rolando. 2002. PDF 1.Fundamentos sobre deslizamiento M. Sc. Rolando Mora Chinichilla. *PDF 1.Fundamentos sobre deslizamiento M. Sc. Rolando Mora Chinichilla*. [Online] asp net., 11 25, 2002. [Cited: 11 17, 2016.] <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf>.

Muñoz Fernandez, Silvia. 2012. El paisaje. *El paisaje*. [Online] El paisaje, mayo 4, 2012. [Cited: marzo 2017, 13.] <http://landscapeprimaryclass.blogspot.pe/2012/05/movimiento-de-laderas.html>.

Narvaes Lopez, Roberto. 2012. *Vulnerabilidad geotecnica de las quebradas Arroyo Seco y Puca Puca en la ciudad de Ayacucho. Trabajo de titulacion (Maestro en Ciencias en ingenieria geotecnica)*. Ayacucho, Perú : Universidad Nacional de Ingenieria, 2012.

Oliva González, Aldo O. and González, Javier A. . 2015. ITEICO. *ITEICO*. [Online] 08 14, 2015. [Cited: 06 14, 2017.] http://www.iteico.com/Wp-content/uploads/2015/08/EVALUACIÓN_DE_RIESGOS_POR_DESLIZAMIENTO_S_DE_LADERAS_Junio2015.pdf.

Palomino, Michael . 2014. Las eras geológicas. *Las eras geológicas*. [Online] Las eras geológicas, julio 18, 2014. [Cited: agosto 15, 2017.] http://www.am-sur.com/am-sur/peru/lca/Cabrera_mensaje-piedras/ESP/01-04-eras-geologicas.html.

Ramirez Oyanguren, Pedro., et al. 1984. *Mecanica de rocas aplicada a la mineria metalica subterránea*. Madrid-España : s.n., 1984. 00824.

Rojas Caballero, David R. and Paredes Ángeles, Jorge. 2008. *Compendio de geologia general* . lima : EDUNI, 2008. 978-603-45153-3-8.

Rosales Sanchez, Ulises Benjamin and Centeno Alvarez, Yamila Del Carmen. 2009. *Vulnerabilidad potencial de los suelos a deslizamientos de tierra en el municipio de La Conquista, Carazo, Nicaragua. Trabajo de titulacion (Ingeniero en Recursos Naturales Renovables)*. Managua, Nicaragua : Universidad Nacional Agraria, 2009.

Rosario Flores, Flavio. 2015. Slideshare. *Slideshare*. [Online] Slideshare, junio 9, 2015. [Cited: octubre 25, 2017.] <https://es.slideshare.net/flaviorosarioflores/u-2-rel-volumetricas-y-gravimtricas-2014>.

S&Z consultores. 1997. *geologia de los cuadrangulos de bajo pichanaki y puerto bermudez*. lima-peru : Ingemmet, 1997. Vol. serie A: carta geologica nacional.

Shuk Erdos, Tomás. 1999. Zonificación geotecnica cuantitativa por medio de la metodologia de taludes naturales (MTN). *Zonificación geotecnica cuantitativa por medio de la metodologia de taludes naturales (MTN)*. [Online] Agosto 1999. [Cited: setiembre 09, 2016.] <http://www.scg.org.co/wp-content/uploads/MTN-Metodologia-de-Taludes-Naturales-TSHUK-1999.pdf>.

Slide. 2017. rocscience. *rocscience*. [Online] slide tutorial, junio 6, 2017. [Cited: setiembre 12, 2017.] <https://www.rocscience.com/rocscience/products/slide>.

Tamayo Y Tamayo, Mario. 2003. *Investigacion científica*. Mexico : LIMUSA S.A, 2003. 121.

Toro Irureta, Jawer. 2014. *Evaluación de la inestabilidad de taludes en la carretera las Pirias-cruce Lambayeque, San Ignacio.Trabajo de titulacion (Ingeniero civil)*. Jaen -Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2014.

Torres Chung, Roberto Cesar. 2007. *Valoracion de riesgo en deslizamientos. Trabajo de titulacion (Ingeniero Civil)*. Lima, Perú : Universidad Pontificie la Catolica., 2007.

Vera Callao, Raysha P. 2013. mantenimiento de carreteras. *mantenimiento decarreteras*. [Online] todo sobre mantenimiento de carretera y vias, noviembre 27, 2013. [Cited: agosto 5, 2017.] http://mantenimientocarreterasvias.blogspot.pe/2013/11/agregados-petreos-metodo-para-tamizar-y_4907.html.

Yuni, José Alberto and Urbano, Claudio Ariel. 2006. *Técnicas para investigar y formular proyectos de investigación*. Argentina : Brujas, 2006. Vol. 2. 987-591-020-1.

ANEXOS.

Anexo 1. Matriz de consistencia.

TITULO: "ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA POR MÉTODO DE TALUDES NATURALES EN LA CUENCA DEL RIO AZUPIZÚ-2017."

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADOR	DISEÑO METODOLOGICO
<p>PROBLEMA GENERAL: ¿cómo influye el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del rio Azupizú 2017?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS. ¿Cuál es el efecto del porcentaje de pendiente en el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del rio Azupizú 2017?</p> <p>¿De qué manera influye el tipo de suelo en el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del rio Azupizú 2017?</p> <p>¿Cuánto es la relación de la probabilidad de falla de un talud con el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del rio Azupizú 2017?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL: calcular el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del rio Azupizú 2017.</p> <p>OBJETIVO ESPECÍFICOS. Analizar el efecto del porcentaje de pendiente en el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del rio Azupizú.</p> <p>Determinar la influencia del tipo de suelo en el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del rio Azupizú 2017.</p> <p>Determinar la relación de la probabilidad de falla de un talud con el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del rio Azupizú 2017.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL: el índice de vulnerabilidad es alto para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del rio Azupizú 2017.</p> <p>HIPOTESIS ESPECÍFICOS. El efecto del porcentaje de pendiente es significativo en el índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del rio Azupizú en el 2017.</p> <p>El tipo de suelo influye preponderantemente en el cálculo del índice de vulnerabilidad en zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del rio Azupizú en el 2017.</p> <p>La probabilidad de falla de un talud tiene relación primordial con el índice de vulnerabilidad para la realización de la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del rio Azupizú en el 2017.</p>	<p>Vulnerabilidad</p> <p>Zonificación Geotécnica</p>	<p>D1: tipo de suelo</p> <p>D2: propiedades del suelo.</p> <p>D3: porcentaje de pendiente.</p> <p>D1: Mapas</p> <p>D2: estabilidad del talud</p> <p>D3: probabilidad de falla</p>	<p>I1: límite líquido I2: límite plástico I3: granulometría</p> <p>I1: permeabilidad I2: corte directo I3: clasificación SUCS</p> <p>I1: menor a 25%. I2: entre 25% y 45% I3: mayor a 45%</p> <p>I1: Plano Topográfico I2: Mapa Geológico I3: Mapa Hidrográfico</p> <p>I1: Pendiente I2: Agua I3: tipo de suelo</p> <p>I1: velocidad de infiltración I2: tipo de suelo I3: pendiente.</p>	<p>Universo: taludes naturales inestables.</p> <p>Muestra: Abarca aproximadamente de 15 km.</p> <p>Tipo De Investigación: Aplicada.</p> <p>Nivel De Investigación: Explicativa.</p> <p>Diseño De Investigación: No experimental.</p> <p>Tecnología de Obtención de Datos: Ensayos de: ❖ Infiltrómetro ❖ Granulometría ❖ Corte directo Observación, fichas y fotografías.</p> <p>Tecnología y Análisis e Interpretación de Datos: Excel, ArcGis, Slide 5.0.</p> <p>Técnica de Presentación: Planos de: ❖ Índice de vulnerabilidad ❖ Zonificación.</p>

Anexo 2. Ensayo del laboratorio.

2.1. Certificado de ensayos de clasificación SUCS.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MEC. DE SUELOS Y MATERIALES

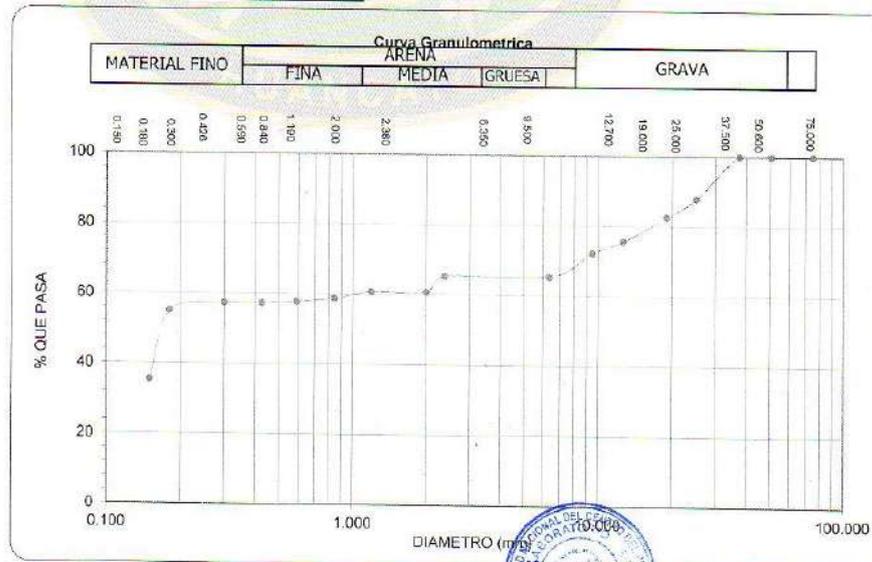


Solicita : RAMOS HEREA FIDELA M. Operador : E.P.V. N°007-2017
 Proyecto : INDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA ZONIFICACION GEOTECNICA POR EL METODO DE TALUDES NATURALES
 EN LA CUENCA DEL RIO AZUPIZU-2017
 Lugar : COMUNIDAD NATIVA ACOLLA-TRAMO I (DISTRITO PUERTO BERMUDEZ)
 Profundidad : 1.5 M Calicata : C-1 Muestra : M-1 fecha : 06/07/2017

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D422

Peso Muestra Seca (gr.) = 2702.00 g Peso de la Muestra Seca Lavada (gr.) = 2186.00 g

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Acumulado que pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
J*	75.00	0.00 g	100.00 %	
2*	50.80	0.00 g	100.00 %	D60 = 1.06 CC = 0.38
1 1/2"	38.10	0.00 g	100.00 %	D30 = 0.13 CU = 27.00
1"	25.40	328.00 g	87.73 %	D10 = 0.04
3/4"	19.05	138.00 g	82.56 %	Limites de Consistencia
1/2"	12.70	185.00 g	75.60 %	LL. = 26.88
3/8"	9.53	90.00 g	72.24 %	LP. = 23.79
1/4"	6.35	119.00 g	67.78 %	IP. = 2.89
No. 4	4.75	69.00 g	65.35 %	Clasificación S.U.C.S.
No. 8	2.38	0.00 g	65.35 %	SM
No. 10	2.00	124.00 g	60.71 %	ARENA L.M.C.S.A
No. 16	1.19	0.00 g	60.71 %	#
No. 20	0.84	52.00 g	58.77 %	GRAVA 34.65 %
No. 30	0.59	25.00 g	57.83 %	ARENA 46.25 %
No. 40	0.42	14.00 g	57.31 %	FINOS 19.11 %
No. 50	0.30	0.00 g	57.31 %	100.00 %
No. 60	0.25	62.00 g	54.99 %	
No. 80	0.18	0.00 g	54.99 %	
No. 100	0.150	526.00 g	35.31 %	
No. 200	0.074	433.00 g	19.11 %	
Fondo		20.00 g		
Total		2182.00 g		
% error		0.183		



MSc. Betty M. Conden Ojeda
 Av. Mariscal Ramón Castilla N° 3909 - 4089 - El Tambo - Huancayo, Perú Telf: 0844-481157
 web: <http://www.uncp.edu.pe/facultad/civil/> e-mail: f.c@uncp.edu.pe
 Oficina de Enlace - Lima: Calle Aldabas N° 337 - Urbanización Las Gardenias * Surco - Lima RPM: #234241 Celular: 964-649009



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MEC. DE SUELOS Y MATERIALES



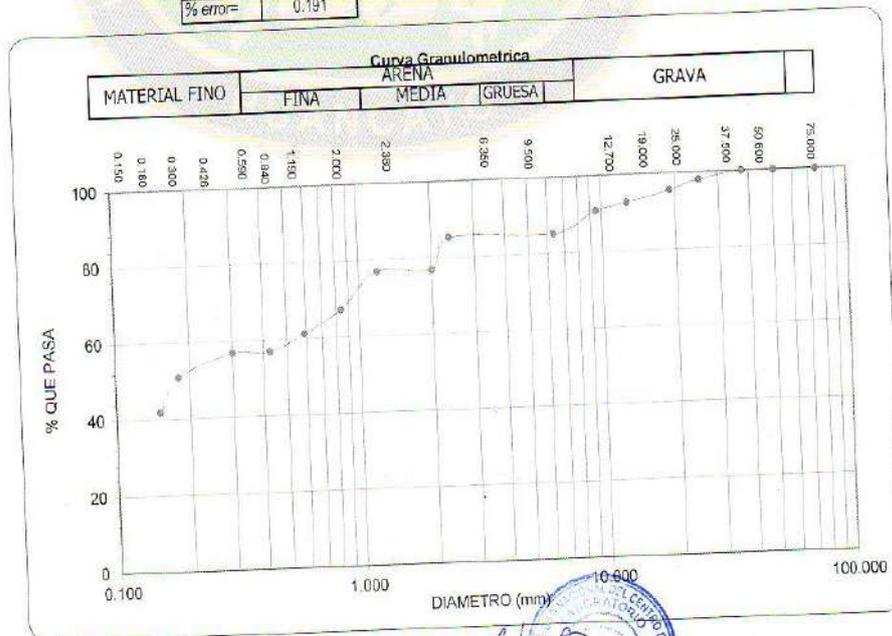
Solicita :
Proyecto :
Lugar :

RAMOS HEREDIA FIDELA M. Operador : E.P.V. N°008-2017
INDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA ZONIFICACION GEOTECNICA POR EL METODO DE TALUDES NATURALES
EN LA CUENCA DEL RIO AZUPIZU-2017
COMUNIDAD NATIVA PLATANILLO DE SHIMAKI-DISTRITO PUERTO BERMUDEZ
Profundidad : 1.5 M Calicata : C-2 Muestra : M-1 fecha : 06/07/2017

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D422

Peso Muestra Seca (gr.) = 2768.00 g Peso de la Muestra Seca Lavada (gr.) = 1917.00 g

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Acumulado que pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.00	0.00 g	100.00 %	D60 = 0.54 CC = 0.40 D30 = 0.07 CU = 22.29 D10 = 0.02 Limites de Consistencia LL. = 33.00 LP. = 25.35 IP. = 7.65 Clasificación S.U.C.S. SM ARENA LIMOSA ## GRAVA 14.89 % ARENA 54.36 % FINOS 30.76 % 100.00 %
2"	50.80	0.00 g	100.00 %	
1 1/2"	38.10	0.00 g	100.00 %	
1"	25.40	55.00 g	97.99 %	
3/4"	19.05	69.57 g	95.44 %	
1/2"	12.70	76.40 g	92.65 %	
3/8"	9.53	51.43 g	90.76 %	
1/4"	6.35	92.35 g	87.39 %	
No. 4	4.76	62.08 g	85.11 %	
No. 8	2.38	0.00 g	85.11 %	
No. 10	2.00	224.04 g	76.92 %	
No. 16	1.19	0.00 g	76.92 %	
No. 20	0.84	265.58 g	67.20 %	
No. 30	0.59	162.08 g	61.27 %	
No. 40	0.42	119.16 g	56.91 %	
No. 50	0.30	0.00 g	56.91 %	
No. 60	0.25	183.67 g	50.92 %	
No. 80	0.18	0.00 g	50.92 %	
No. 100	0.150	250.30 g	41.76 %	
No. 200	0.074	300.84 g	30.76 %	
Fcndo		20.84 g		
Total		1913.34 g		
% error=		0.191		



Msc. Betty M. Condon Quesada
Ingeniera Civil, CIP N° 30811
Responsable

Av. Mariscal Ramón Castilla N° 3909 - 4089 - El Tambo - Huancayo - Pabellón "F" - 064-481157
web: <http://www.uncp.edu.pe/facultad/civil/> e-mail: f.civil@uncp.edu.pe
Oficina de Enlace - Lima: Calle Aldabas N° 337 - Urbanización Las Gardenias + Surco - Lima RPM: #234241 Celular: 964-649009



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MEC. DE SUELOS Y MATERIALES



Solicita : RAMOS HEREDIA FIDELA M.

Proyecto : INDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA ZONIFICACION GEOTECNICA POR EL METODO DE TALUDES NATURALES EN LA CUENCA DEL RIO AZUPIZU-2017

Lugar : COMUNIDAD NATIVA PLATANILLO DE SHIMAKI -DISTRITO PUERTO BERMUDEZ

Profundidad : 1.2 M Calicata : C-3 Muestra : M-1

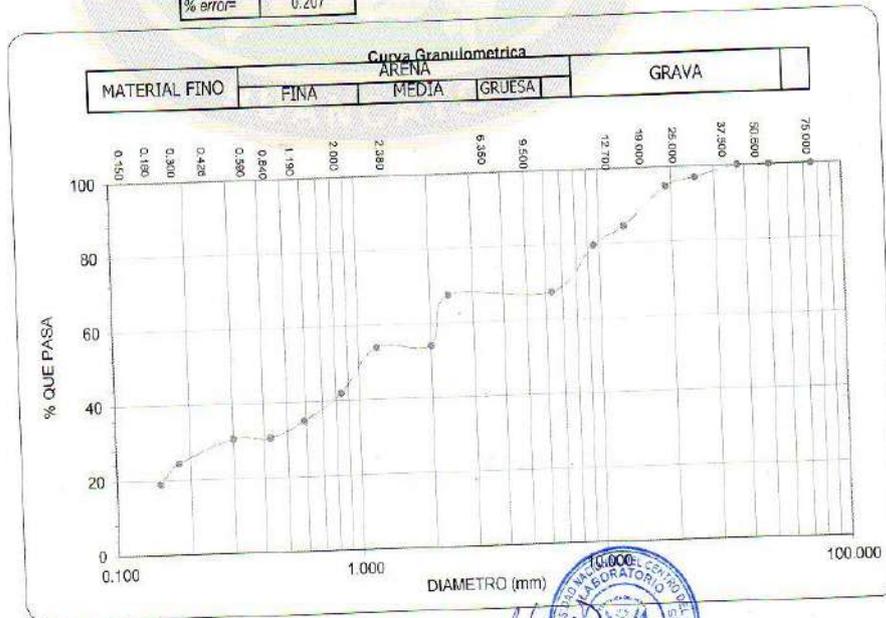
fecha : 06/07/2017

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D422

Peso Muestra Seca (gr.) = 2817.00 g

Peso de la Muestra Seca Lavada (gr.) = 2421.00 g

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Acumulado que pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.00	0.00 g	100.00 %	D60 = 2.17 CC = 0.75 D30 = 0.30 CU = 40.67 D10 = 0.05 Límites de Consistencia LL = 34.40 LP = 25.92 IP = 8.48 Clasificación S.U.C.S. SM ARENA LIMOSA # GRAVA 32.65 % ARENA 53.29 % FINOS 14.06 % 100.00 %
2"	50.80	0.00 g	100.00 %	
1 1/2"	38.10	0.00 g	100.00 %	
1"	25.40	85.00 g	99.97 %	
3/4"	19.05	61.00 g	94.80 %	
1/2"	12.70	289.00 g	84.49 %	
3/8"	9.53	137.00 g	79.61 %	
1/4"	6.35	222.00 g	71.70 %	
No. 4	4.76	122.00 g	67.35 %	
No. 8	2.38	0.00 g	67.35 %	
No. 10	2.00	372.00 g	54.09 %	
No. 16	1.19	0.00 g	54.09 %	
No. 20	0.84	340.00 g	41.97 %	
No. 30	0.59	198.00 g	34.91 %	
No. 40	0.42	121.00 g	30.60 %	
No. 50	0.30	0.00 g	30.60 %	
No. 60	0.25	173.00 g	24.43 %	
No. 80	0.18	0.00 g	24.43 %	
No. 100	0.150	153.00 g	18.98 %	
No. 200	0.074	138.00 g	14.06 %	
Fondo		5.00 g		
Total		2416.00 g		
% error =		0.207		



Msc. Betty M. Condon Quijse
 Responsable
 Laboratorio de Mec. de Suelos y Materiales



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MEC. DE SUELOS Y MATERIALES



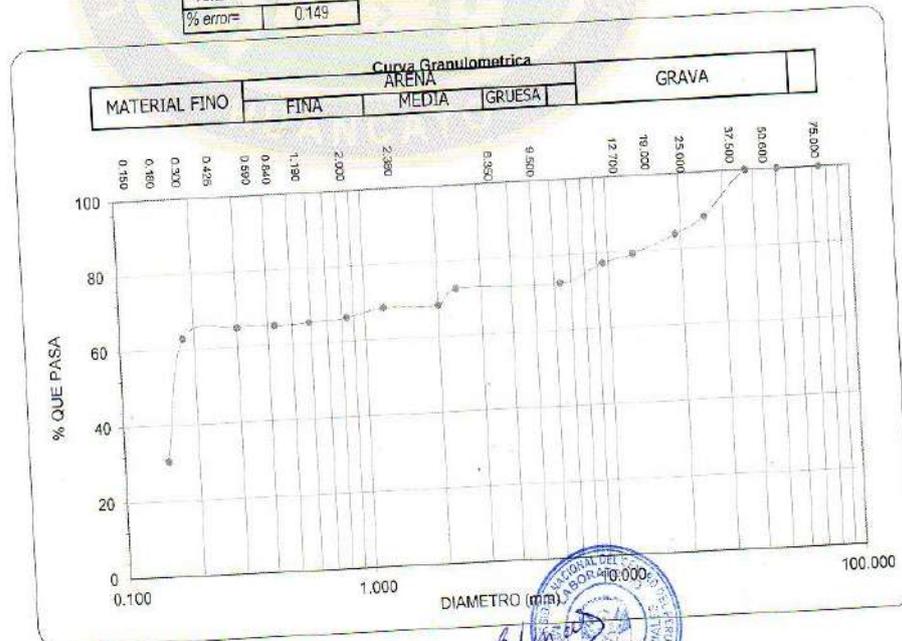
Solicita :
Proyecto :
Lugar :

Operador : RAMOS HERENÁ FIDELA M.
E.P.V. N°010-2017
INDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA ZONIFICACION GEOTECNICA POR EL METODO DE TALUDES NATURALES
EN LA CUENCA DEL RIO AZUPIZU-2017
COMUNIDAD NATIVA ACOLLA - TRAMO II - DISTRITO PUERTO BERMUDEZ
Muestra : M-1
fecha : 06/07/2017
Profundidad : 1.0 M Calicata : C-4

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D422

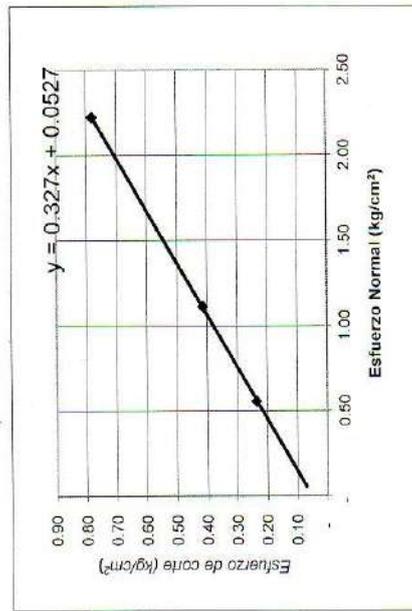
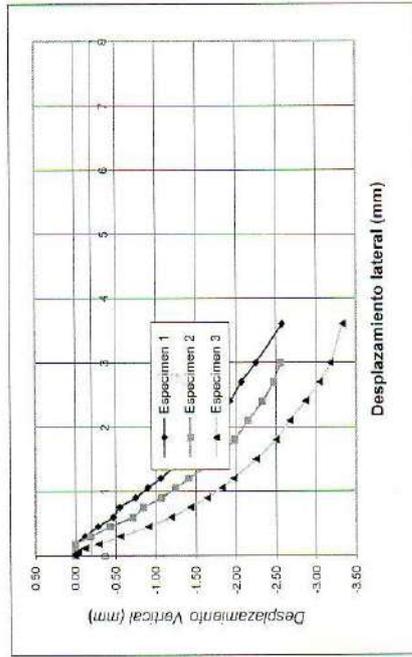
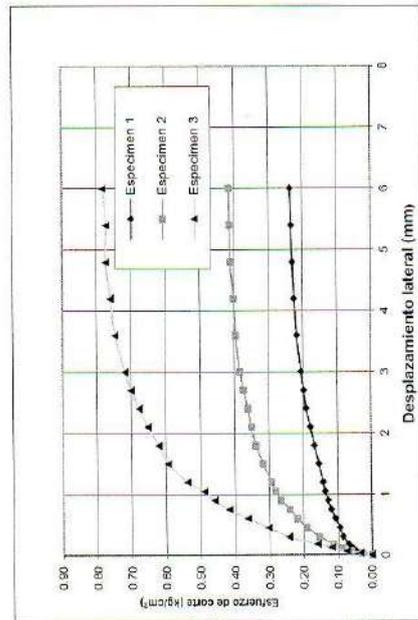
Peso Muestra Seca (gr.) = 2446.00 g Peso de la Muestra Seca Lavada (gr.) = 2008.00 g

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Acumulado que pasa	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.00	0.00 g	100.00 %	D60 = 0.18 CC = 2.89 D30 = 0.15 CU = 4.24 D10 = 0.04 Límites de Consistencia LL. = 0.00 LP. = 0.00 IP. = 0.00 Clasificación S.U.C.S. SM ARENA LIMOSA ## GRAVA 27.51 % ARENA 54.57 % FINOS 17.91 % 100.00 %
2"	50.80	0.00 g	100.00 %	
1 1/2"	38.10	0.00 g	100.00 %	
1"	25.40	286.00 g	88.20 %	
3/4"	19.05	103.00 g	83.95 %	
1/2"	12.70	111.00 g	79.38 %	
3/8"	9.53	50.00 g	77.91 %	
1/4"	6.35	81.00 g	73.97 %	
No. 4	4.75	36.00 g	72.49 %	
No. 8	2.38	0.00 g	72.49 %	
No. 10	2.00	99.00 g	68.40 %	
No. 16	1.19	0.00 g	68.40 %	
No. 20	0.84	51.00 g	66.30 %	
No. 30	0.60	19.00 g	65.52 %	
No. 40	0.42	9.00 g	65.14 %	
No. 50	0.30	0.00 g	65.14 %	
No. 60	0.25	56.00 g	62.83 %	
No. 80	0.18	0.00 g	62.83 %	
No. 100	0.150	782.00 g	30.58 %	
No. 200	0.074	307.00 g	17.91 %	
Fondo		15.00 g		
Total		2005.00 g		
% error =		0.149		



MSc/ Betty M. Condon Quispe
Ingeniera Civil - CIP N° 88811

Av. Mariscal Ramón Castilla N° 3909 - 4089 - El Tambo - Huancayo - Pabellón 505 - 064-481157
web: <http://www.uncp.edu.pe/facultad/civil/> e-mail: f.civil@uncp.edu.pe
Oficina de Enlace - Lima: Calle Aldabas N° 337 - Urbanización Las Gardenias * Surco - Lima RPM: #234241 Celular: 964-649009



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
 ASTM D-3080**

PROYECTO : INDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA ZONIFICACION GEOTECNICA POR EL ME
SOLICITANTE: RAMOS HERENA FIDELA
UBICACIÓN : COMUNIDAD NATIVA ACOLLA-TRAMO (DISTRITO PUERTO BERMUDEZ)

FECHA : 6 DE JULIO DE 2017

Sondaje : C-1

Muestra : M-1

Profundidad : 1.50 m

Estado : Alterado

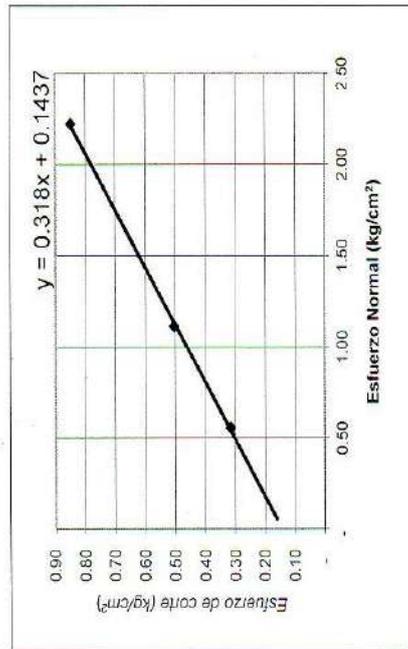
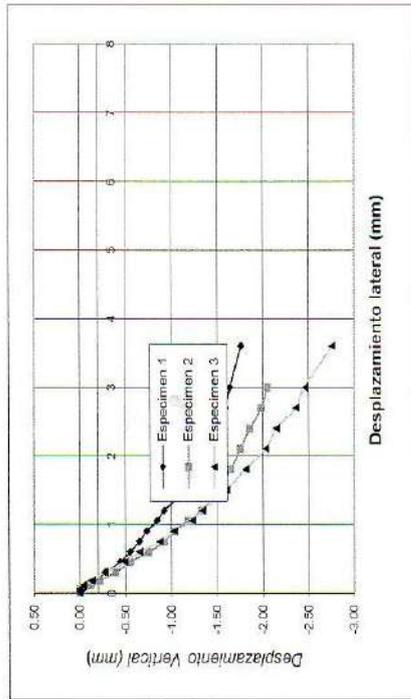
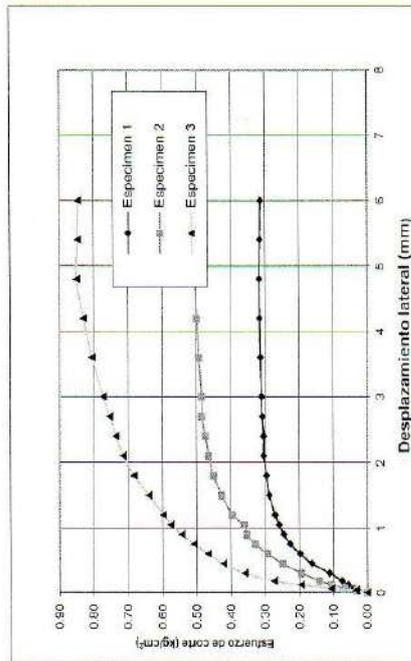


MSc. Betty M. Condori Ouispe
 Ingeniera Civil - CIP N° 63811
 Responsable del Lab. Mec. Suelos y Materiales

Esfuerzos Maximos:

Cohesión (c): 0.050 Kg/cm2

Ang. Fricción (φ): 18.27



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D-3080

PROYECTO : INDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA ZONIFICACION GEOTECNICA POR EL ME
SOLICITANTE: RAMOS HERENA FIDELA
UBICACION : COMUNIDAD NATIVA PLATANILLO DE SHIMAKI -DISTRITO PUERTO BERMUDEZ

FECHA : 6 DE JULIO DE 2017

Sondaje : C-2
Muestra : M-1

Profundidad : 1.50
Estado : Alterado



Esfuerzos Maximos: 0.100 Kg/cm2
Cohesión (c): 0.100 Kg/cm2
Ang. Fricción (φ): 19.94

Responsable del Lab. Mec.Suelos y Materiales



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



LABORATORIO DE MEC. SUELOS Y MATERIALES
ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D- 3080

INFORME : LMS -N° 009-2017
PROYECTO : INDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA ZONIFICACION GEOTECNICA POR EL METODO DE TALUDES NATURALES EN LA CUENCA DEL RIO AZUQUIZU-2017
SOLICITANTE : RAMOS HERENA FIDELA
UBICACIÓN : COMUNIDAD NATIVA MIRITIRIANI -DISTRITO PUERTO BERMUDEZ
FECHA : 6 DE JULIO DE 2017

Sondaje : C-3 *Profundidad :* 1.20 m *Velocidad :* 0.25 mm/min
Muestra : M-1 *Estado :* Alterado

ESPECIMEN 1

Altura: 20.10 mm
Diametro/: 60.00 mm
D. Seca(.): 1.33 gr/cm³
Humedad: 11.10 %
Esf. Normal : 0.56 kg/cm²
Esf. Corte: 0.27 kg/cm²

ESPECIMEN 2

Altura: 20.10 mm
Diametro/: 60.00 mm
D. Seca(.): 1.33 gr/cm³
Humedad: 11.10 %
Esf. Normal : 1.11 kg/cm²
Esf. Corte: 0.55 kg/cm²

ESPECIMEN 3

Altura: 20.10 mm
Diametro/: 60.00 mm
D. Seca(.): 1.33 gr/cm³
Humedad: 11.10 %
Esf. Normal : 2.22 kg/cm²
Esf. Corte: 0.97 kg/cm²

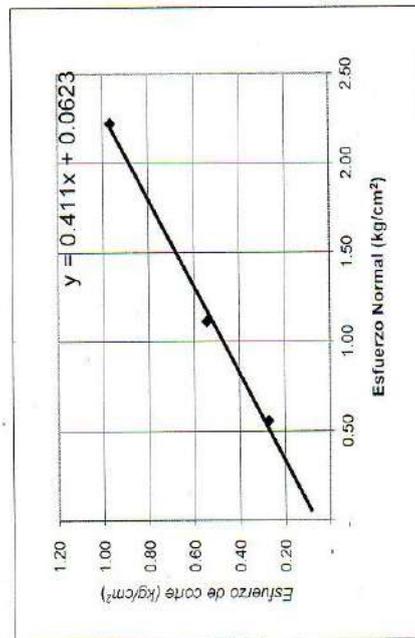
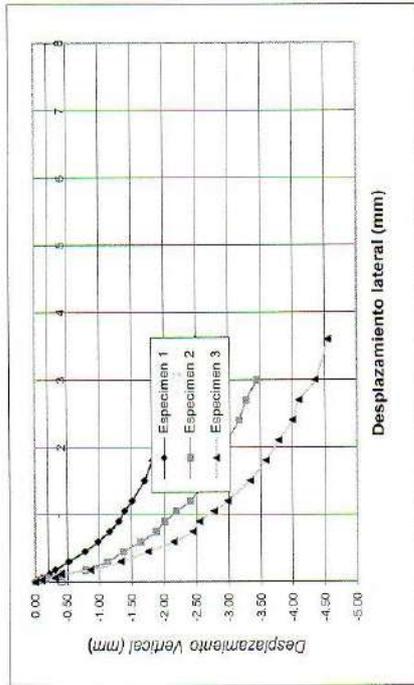
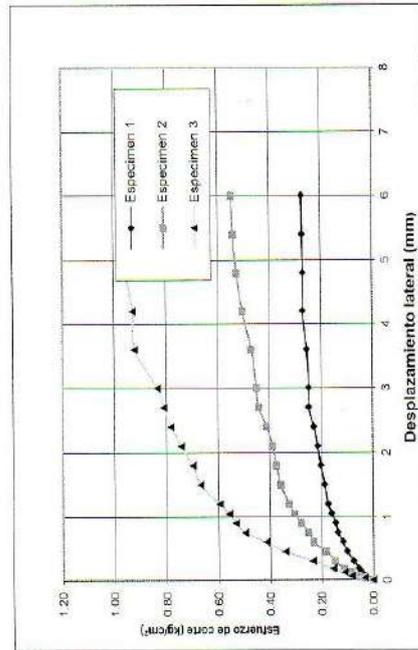
Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)	Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)	Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm2)	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	0.02	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
0.06	0.03	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.08	0.04
0.12	0.05	0.08	0.12	0.09	0.08	0.12	0.11	0.05
0.18	0.06	0.10	0.18	0.11	0.10	0.18	0.16	0.07
0.30	0.08	0.14	0.30	0.15	0.14	0.30	0.24	0.11
0.45	0.10	0.18	0.45	0.18	0.17	0.45	0.34	0.15
0.60	0.12	0.21	0.60	0.23	0.21	0.60	0.42	0.19
0.75	0.14	0.25	0.75	0.25	0.23	0.75	0.50	0.22
0.90	0.15	0.26	0.90	0.28	0.25	0.90	0.53	0.24
1.05	0.16	0.29	1.05	0.31	0.28	1.05	0.56	0.25
1.20	0.18	0.32	1.20	0.33	0.29	1.20	0.59	0.27
1.50	0.19	0.34	1.50	0.36	0.32	1.50	0.67	0.30
1.80	0.20	0.36	1.80	0.37	0.34	1.80	0.70	0.31
2.10	0.21	0.38	2.10	0.39	0.35	2.10	0.74	0.33
2.40	0.23	0.41	2.40	0.41	0.37	2.40	0.78	0.35
2.70	0.25	0.45	2.70	0.44	0.40	2.70	0.81	0.36
3.00	0.25	0.45	3.00	0.45	0.41	3.00	0.83	0.38
3.60	0.25	0.46	3.60	0.47	0.42	3.60	0.92	0.41
4.20	0.27	0.49	4.20	0.50	0.45	4.20	0.93	0.42
4.80	0.27	0.48	4.80	0.53	0.47	4.80	0.95	0.43
5.40	0.27	0.49	5.40	0.54	0.49	5.40	0.96	0.43
6.00	0.27	0.49	6.00	0.55	0.49	6.00	0.97	0.44

M. Condori
 Betty María Condori Quispe
 Ingeniera Civil - CIP 63811
 Responsable

OBSERVACIONES: La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante.
 La densidad (.) fue proporcionada por el solicitante



LMS -N° 009-2017



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
 ASTM D-3080**

PROYECTO : INDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA ZONIFICACION GEOTECNICA POR EL ME
SOLICITANTE: RAMOS HERENA FIDELA
UBICACION : COMUNIDAD NATIVA MIRITIRANI -DISTRITO PUERTO BERMUDEZ
FECHA : 6 DE JULIO DE 2017

Sondaje : C-3 **Profundidad :** 1.20 m
Muestra : M-3 **Estado :** Alterado



MSc. Betty M. Sánchez Conzape
 Ingeniera Civil - CIP N° 63811
 Responsable del Lab. Mec. Suelos y Materiales

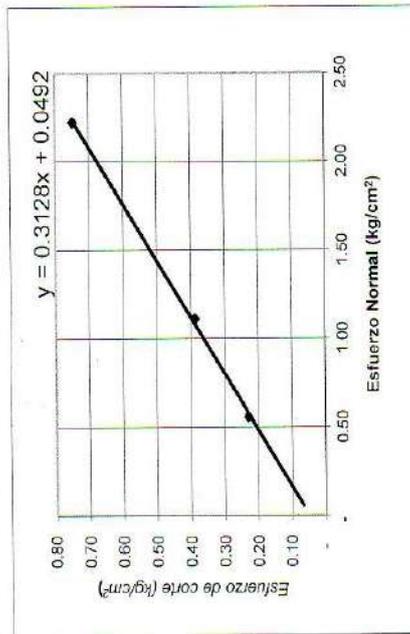
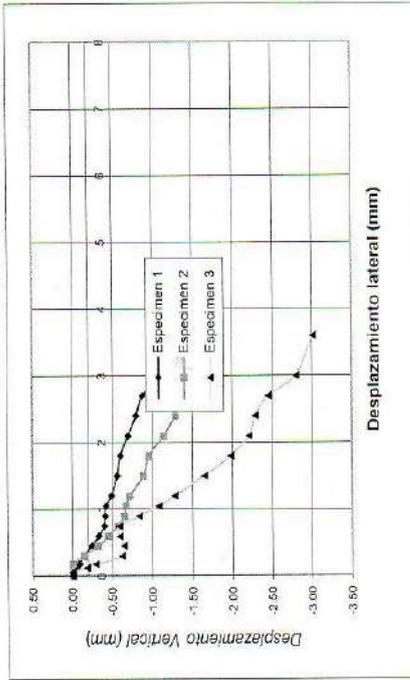
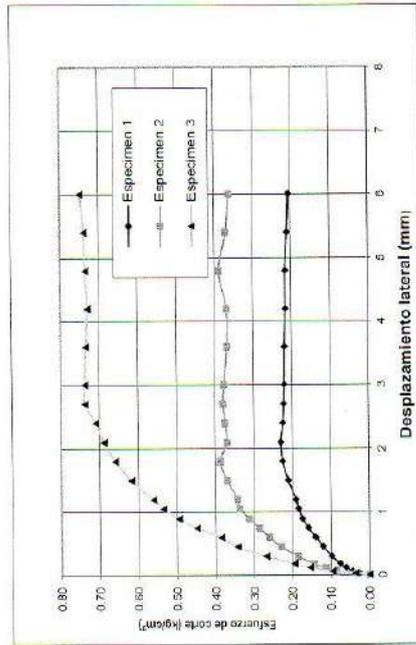
Esfuerzos Máximos:

Cohesión (c): 0.060 Kg/cm²
Ang. Fricción (φ): 22.26



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LMS-N° 010-2017



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
ASTM D-3080

PROYECTO : INDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA ZONIFICACION GEOTECNICA POR EL ME
SOLICITANTE: RAMOS HEREA FIDELA
UBICACION : COMUNIDAD NATIVA ACOLLA -TRAMO II -DISTRITO PUERTO BERMUDEZ

FECHA : 6 DE JULIO DE 2017

Sondaje : C-4
Muestra : M-1

Profundidad : 1.00 m
Estado : Alterado

Esfuerzos Maximos:

Cohesión (c): 0.040 kg/cm²

Ang. Fricción (φ): 17.95



Anexo 3. Cálculos realizados por objetivos.

3.1. Cálculos del porcentaje de pendientes.

3.1.1. Margen derecha.

progresiva: 00+00.00		
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	400.00	36.16
88.11	400.00	
191.00	441.05	
209.92	450.00	
214.42	450.00	
251.32	472.09	
305.86	500.00	
324.63	512.25	
376.16	550.00	
417.82	564.94	
483.79	575.32	
510.53	570.44	
532.66	575.55	
622.71	591.35	
634.93	591.34	
666.41	600.00	
750.01	630.46	
781.51	637.03	
828.89	650.00	
877.22	658.59	
908.34	680.35	
930.20	691.87	
965.74	700.00	
996.72	705.71	
1010.98	712.12	
1062.02	736.42	
1084.97	750.00	
1121.14	764.56	
1165.40	800.00	
1239.08	846.73	
1241.03	847.38	
1244.57	850.00	

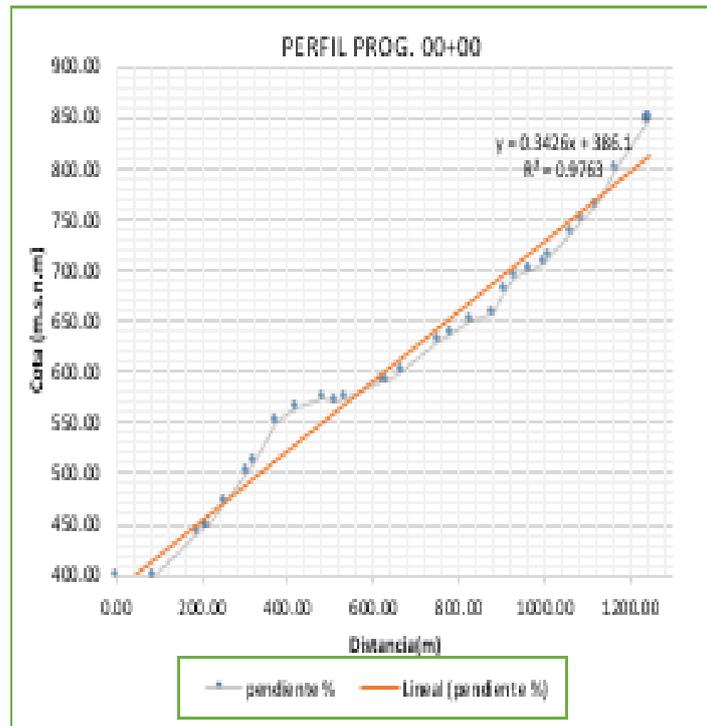


Figura 54. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 00+00

progresiva: 00+526.80		
Distancia(m)	cota(m.s.n.m.)	pendiente %
0.00	400.00	36.57
2.50	400.00	
89.57	400.00	
126.55	400.00	
153.88	415.34	
180.40	438.45	
184.71	443.02	
190.09	450.00	
199.62	450.00	
212.57	457.51	
308.06	500.00	
342.52	517.81	
414.57	550.00	
416.64	551.05	
421.43	553.46	
494.93	590.57	
519.16	600.00	
540.99	608.13	
586.29	623.65	
618.01	632.97	
642.46	642.71	
673.79	650.00	
707.21	666.80	
721.68	674.35	
759.22	700.00	
805.56	700.00	
877.49	729.94	
903.55	733.50	
934.54	750.00	
936.50	750.00	
952.34	750.00	
960.47	750.00	
1039.43	788.12	
1057.76	790.21	
1089.91	800.00	
1112.80	800.00	
1127.68	800.00	
1230.60	850.00	

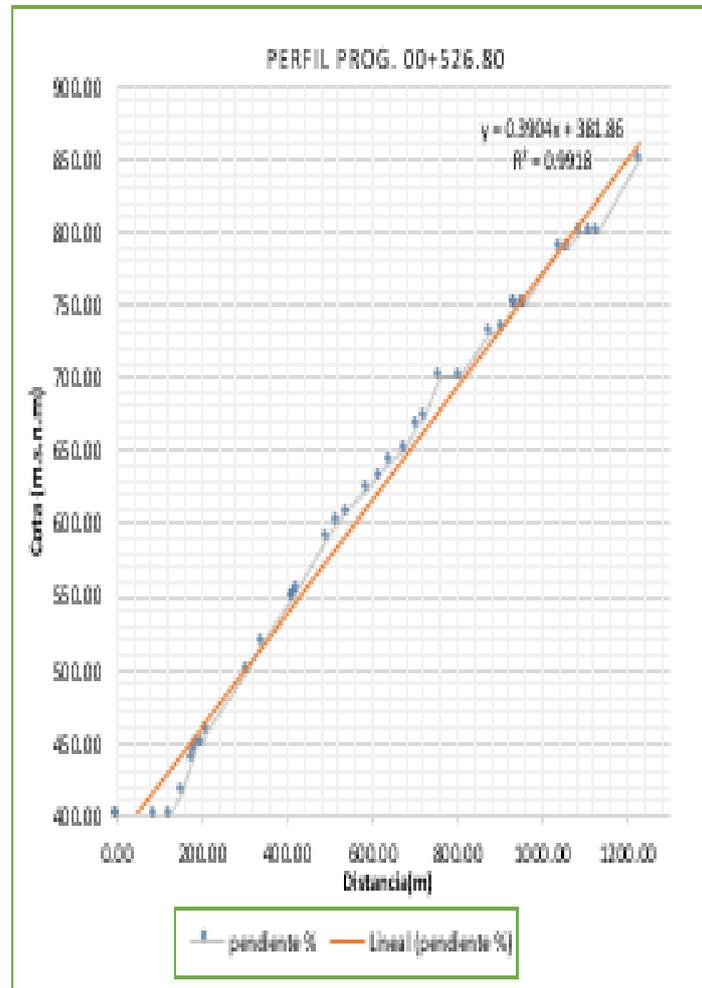


Figura 55. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 00+526.80

progresiva:		00+632.90
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	400.00	44.12
90.20	400.00	
134.62	442.93	
144.98	450.00	
183.35	484.15	
213.02	500.00	
232.40	500.00	
240.12	500.00	
275.96	517.70	
358.92	550.00	
453.27	600.00	

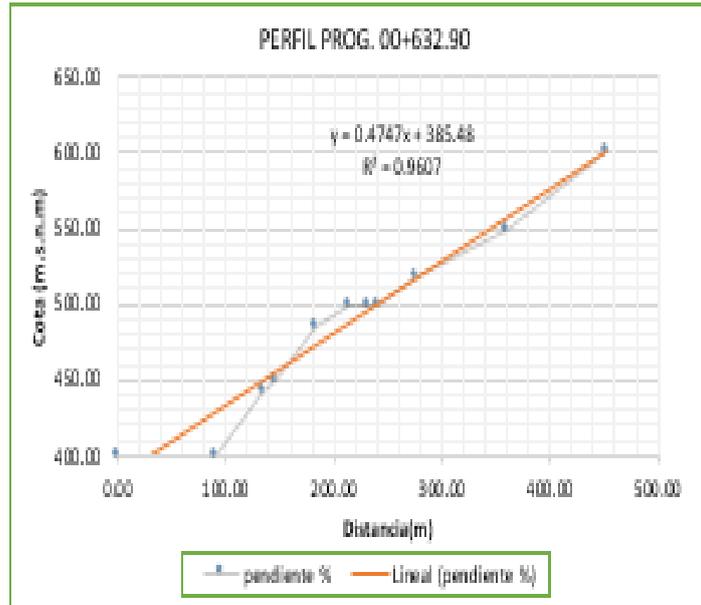


Figura 56. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 00+632.90

progresiva:		01+167.70
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	400.00	28.97
63.88	400.00	
120.42	400.00	
177.15	420.37	
256.18	450.00	
256.82	450.00	
262.09	451.77	
354.85	474.60	
393.50	489.45	
413.67	500.00	
415.33	500.00	
423.42	500.00	
496.18	500.00	
561.04	539.71	
566.47	540.15	
585.25	550.00	
690.48	600.00	

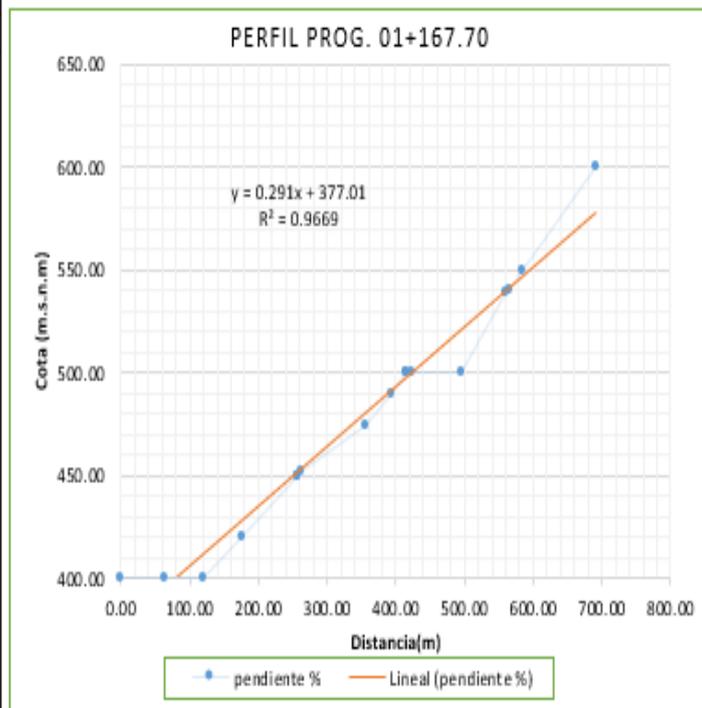


Figura 57. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 01+167.70

progresiva: 01+968.70		
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	400.00	24.24
7.88	400.00	
76.49	400.00	
220.25	444.07	
241.99	450.00	
258.24	450.00	
280.92	450.00	
415.47	490.72	
421.59	492.05	
438.32	500.00	
446.98	500.00	
460.35	500.00	
470.87	500.00	
538.66	549.09	
541.48	550.00	
567.28	550.00	
584.02	550.00	
628.62	550.00	
723.47	586.83	
731.85	589.71	
756.60	600.00	
782.99	610.75	
907.48	643.34	
926.18	648.16	
929.96	648.50	
935.20	650.00	
993.77	668.98	
1014.25	670.53	
1052.27	691.24	
1057.10	692.84	
1071.24	700.00	
1111.13	716.36	
1160.51	750.00	
1195.55	750.00	
1321.52	776.41	
1336.63	776.43	
1367.94	780.76	
1512.59	790.34	
1525.63	791.31	
1617.20	800.00	
1625.47	800.00	
1630.36	801.53	
1631.73	801.92	
1726.28	819.39	
1791.39	836.12	
1817.73	843.45	
1856.38	850.00	

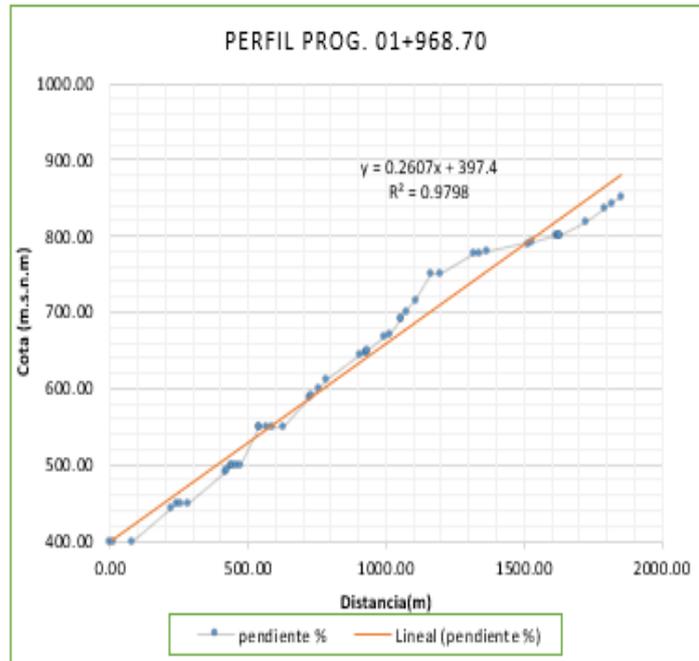


Figura 58. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 01+968.70

progresiva:	02+942.1	
Distancia(m)	cota(m.s.n.m.)	pendiente%
0.00	400.00	17.94
40.96	400.00	
142.98	400.00	
214.58	412.47	
259.56	421.70	
469.25	450.00	
499.32	456.08	
528.09	464.01	
626.75	485.60	
645.27	491.17	
664.95	500.00	
753.98	500.00	
832.66	522.35	
975.95	550.00	
981.89	550.00	
994.98	550.00	
1072.26	550.00	
1085.89	551.36	
1120.75	558.77	
1264.67	600.00	
1287.03	600.00	
1324.26	609.01	
1344.51	615.33	
1386.24	622.02	
1441.71	638.21	
1470.63	645.25	
1489.97	650.00	
1494.15	650.00	
1497.42	650.00	
1510.45	654.51	
1539.42	667.02	
1601.36	684.40	
1624.44	700.00	
1683.42	700.00	
1734.51	700.00	
1877.22	743.40	
1898.78	750.00	
1908.67	750.00	
1931.51	756.29	
2006.74	769.15	
2072.12	781.62	
2133.07	791.13	
2167.20	795.22	
2230.00	800.00	

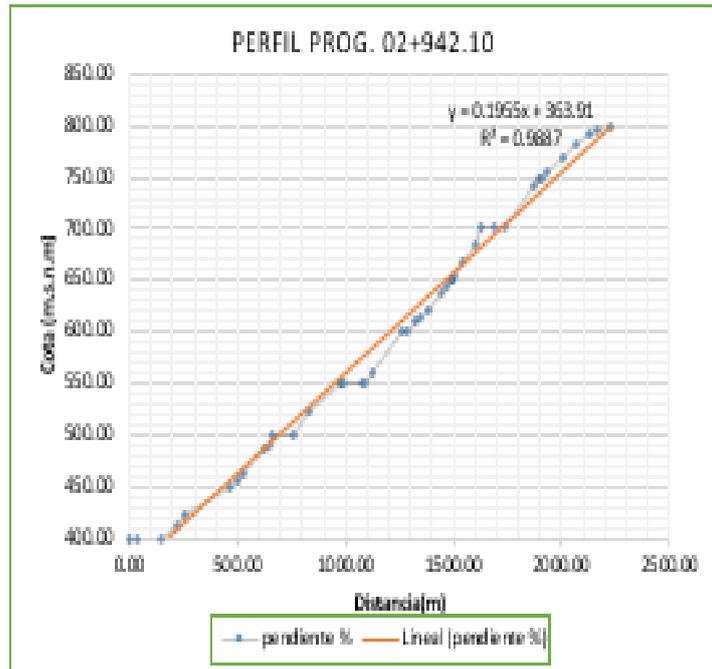


Figura 59. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 02+942.10

progresiva: 04+595.20		pendiente %
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	
0.00	400.00	22.41
48.60	400.00	
114.40	438.28	
125.35	445.55	
131.77	450.00	
147.14	458.30	
204.95	498.76	
206.84	500.00	
218.08	500.00	
243.33	500.00	
267.53	500.00	
301.13	500.00	
329.82	500.00	
345.41	500.00	
361.12	500.00	
451.26	528.29	
485.93	538.51	
498.16	541.13	
535.71	550.00	
540.45	550.00	
553.91	554.12	
675.06	576.93	
698.86	582.87	
740.29	588.64	
801.41	595.88	
812.84	600.00	
960.71	637.74	
979.88	640.44	
1004.04	650.00	
1017.23	650.00	
1220.01	681.47	
1310.99	693.49	
1338.52	700.00	

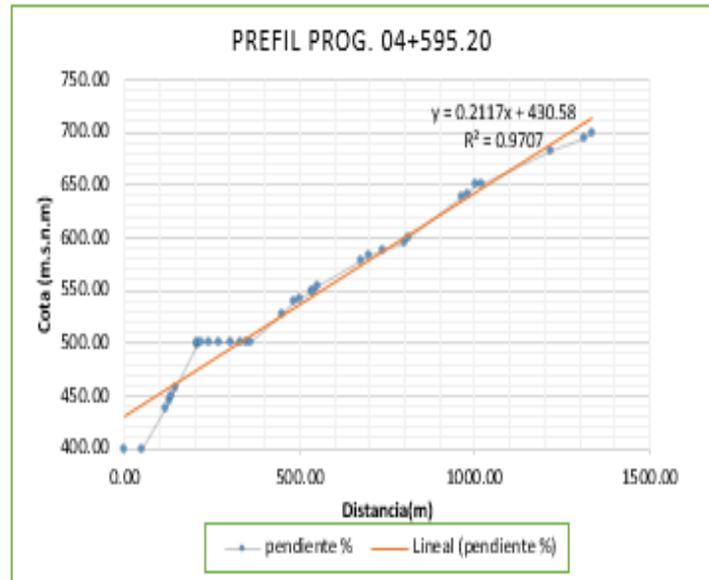


Figura 60. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 04+595.20

progresiva:		04+729.30
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	400.00	21.61
112.45	400.00	
116.57	400.00	
194.08	416.46	
373.06	450.00	
480.32	481.80	
516.03	493.42	
539.99	500.00	
627.26	530.43	
669.50	549.53	
670.41	549.79	
670.78	550.00	
671.63	550.00	
698.85	550.00	
708.28	550.00	
716.63	550.00	
731.76	550.00	
748.63	550.00	
816.29	550.00	
866.68	571.39	
885.21	576.15	
915.12	583.72	
961.61	600.00	
985.72	600.00	
986.29	600.00	
991.68	601.60	
1115.63	638.38	
1152.02	648.82	
1156.80	650.00	

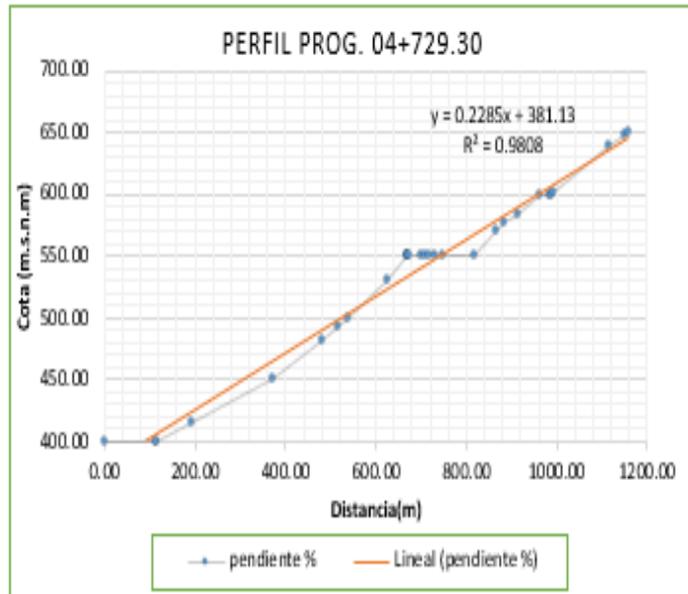


Figura 61. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 04+729.30

progresiva: 04+923.30		pendiente %
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	
0.00	400.00	
50.12	400.00	
101.37	400.00	
106.84	400.00	
114.71	400.00	
126.16	400.00	
180.34	400.00	
436.77	447.21	
453.45	450.00	
455.19	450.00	
567.20	482.23	
615.51	493.11	
632.67	496.52	
686.65	496.13	
709.34	500.00	
723.33	500.00	
734.53	501.03	
738.96	501.93	
813.67	516.62	
848.05	522.19	
880.47	524.54	
948.16	550.00	
989.37	563.03	
1053.26	581.20	
1089.06	589.34	
1134.77	600.00	
1140.11	600.00	
1144.77	601.60	
1148.15	602.10	
1202.55	606.88	
1217.13	612.43	
1265.74	626.87	
1308.91	639.18	
1324.53	642.24	
1350.05	650.00	
1375.79	655.88	
1432.90	665.66	
1461.03	671.09	
1544.01	700.00	
1556.03	704.35	
1624.62	720.64	
1693.37	727.97	
1766.20	750.00	
1796.05	750.00	
1806.89	750.00	
1863.03	774.18	
1924.46	800.00	

20.79



Figura 62. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 04+729.30

progresiva: 04+923.30		
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	400.00	
50.12	400.00	
101.97	400.00	
106.84	400.00	
114.71	400.00	
126.16	400.00	
180.34	400.00	
436.77	447.21	
453.45	450.00	
455.19	450.00	
567.20	482.23	
615.51	493.11	
632.67	496.52	
686.65	496.13	
709.34	500.00	
723.33	500.00	
734.53	501.03	
738.96	501.93	
813.67	516.62	
848.05	522.19	
880.47	524.54	
948.16	550.00	
989.37	563.03	
1053.26	581.20	
1089.06	589.34	
1134.77	600.00	
1140.11	600.00	
1144.77	601.60	
1148.15	602.13	
1202.55	606.88	
1217.13	612.43	
1265.74	626.87	
1308.91	639.18	
1324.53	642.24	
1350.05	650.00	
1375.79	655.88	
1432.90	665.66	
1461.03	671.09	
1544.01	700.00	
1556.03	704.35	
1624.62	720.64	
1693.37	727.97	
1766.20	750.00	
1796.05	750.00	
1806.89	750.00	
1863.03	774.18	
1924.46	800.00	

20.79

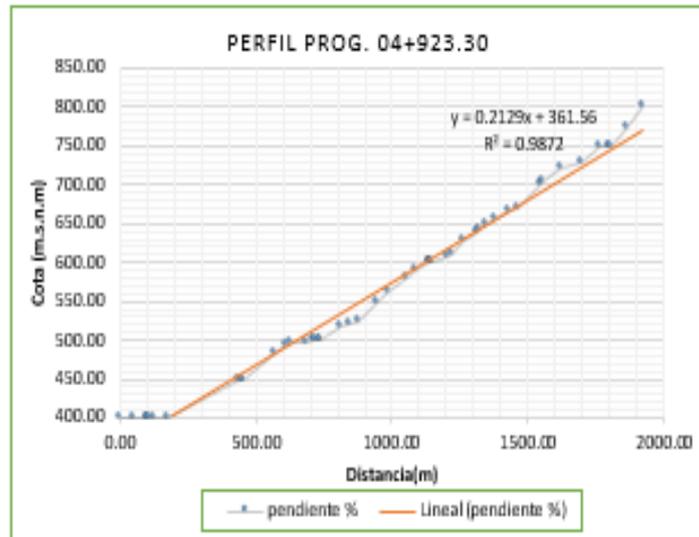


Figura 63. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 04+923.30

progresiva: 05+653.40		
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	400.00	22.53
31.96	400.00	
117.66	400.00	
195.08	414.77	
317.82	446.53	
324.19	448.27	
329.87	450.00	
439.95	477.73	
509.60	500.00	
555.10	514.89	
657.44	550.00	
675.68	550.00	
720.49	550.00	
738.91	550.00	
753.31	550.00	
840.81	575.90	
920.27	600.00	
934.91	600.00	
1074.84	636.29	
1111.43	644.38	
1130.76	650.00	
1133.07	650.00	
1339.82	692.26	
1348.60	693.59	
1376.02	700.00	
1383.68	700.00	
1403.10	700.00	
1419.42	700.00	
1532.69	741.69	
1561.95	750.00	
1605.38	759.93	
1675.14	772.85	
1800.86	800.00	
1925.90	836.16	
1932.84	850.00	
1994.71	850.00	
1996.70	850.00	
2219.26	900	

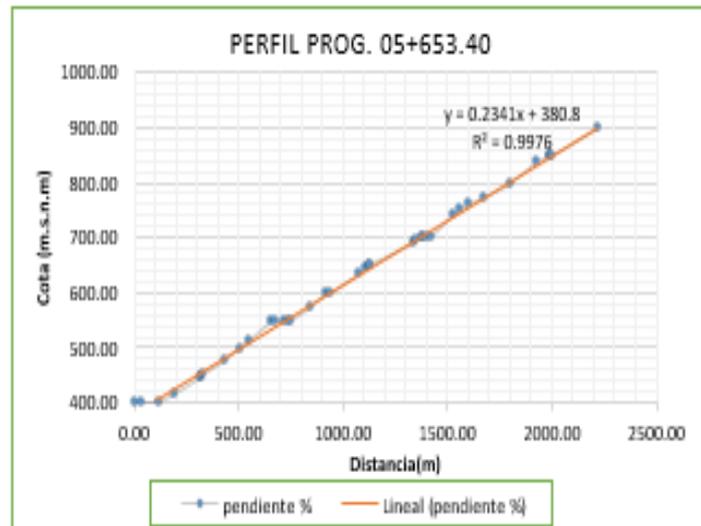


Figura 64. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 05+653.40

progresiva:	06+491.50	
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	400.00	
64.24	400.00	
70.95	400.00	
75.36	400.00	
80.84	400.00	
88.72	400.00	
122.67	400.00	
172.62	400.00	
310.30	433.62	
347.07	438.31	
475.11	449.18	
477.10	449.43	
481.78	450.00	
615.24	475.68	
721.23	488.50	
774.58	500.00	
840.05	521.44	
896.97	530.27	
910.31	532.43	
963.31	542.00	
967.75	543.35	
982.83	544.46	
1053.37	544.55	
1054.88	544.43	
1090.23	548.08	
1091.19	548.25	
1099.20	550.00	
1202.10	564.53	
1263.54	574.34	
1293.77	584.12	
1324.69	589.46	
1366.12	590.22	
1386.60	589.90	
1414.58	600.00	
1427.34	600.00	
1465.51	600.00	
1472.44	600.00	
1475.53	601.55	
1625.70	650.00	
1655.58	650.00	
1668.63	650.00	
1682.79	650.00	
1686.67	650.00	
1722.05	660.93	
1849.07	700.00	
1859.97	700.00	
1874.01	700.00	
1898.64	700.00	
1931.22	700.00	
1999.90	722.69	
2039.30	730.83	
2108.95	750.00	
2116.08	750.00	
2145.96	750.00	
2279.17	777.75	
2310.28	787.69	
2351.32	800.00	
2363.24	800.00	
2372.67	800.00	
2381.13	800.00	
2520.68	837.80	
2574.85	850.00	
2605.04	850.00	
2678.15	869.89	
2823.40	900.00	

17.71

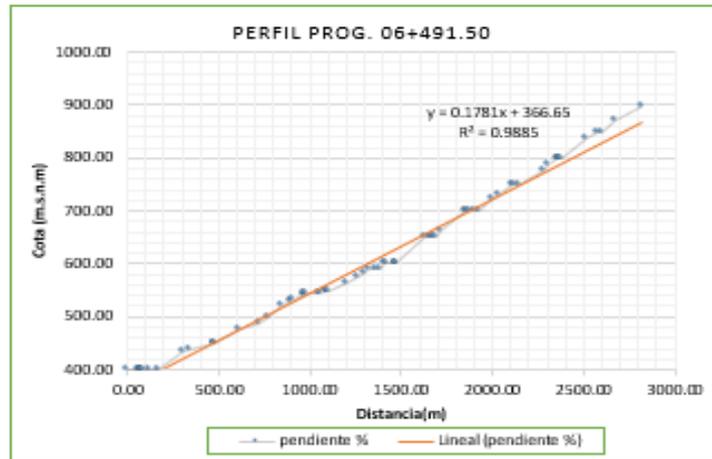


Figura 65. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 06+491.50

progresiva: 07+895.70		
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	450.00	23.64
101.00	450.00	
113.92	450.00	
124.12	453.86	
126.72	454.46	
222.50	500.00	
289.02	500.00	
309.68	500.00	
318.33	500.00	
353.86	517.43	
410.36	550.00	
438.57	580.85	
534.78	592.21	
543.69	596.32	
554.09	600.00	
595.68	616.39	
695.50	650.00	
864.86	697.33	
873.77	700.00	
902.79	706.82	
1024.24	733.79	
1063.38	740.91	
1100.42	750.00	
1114.78	750.00	
1128.67	750.00	
1173.35	750.00	
1212.38	750.00	
1311.80	750.00	
1317.80	750.00	
1335.71	756.18	
1344.37	759.30	
1389.35	766.60	
1408.65	774.72	
1480.81	791.39	
1500.89	796.65	
1529.35	800.00	
1534.56	800.00	
1540.02	800.00	
1760.73	847.23	
1771.16	850.00	
1855.89	873.51	
1940.14	900.00	
1968.60	910.78	
2020.24	927.94	
2085.51	947.04	
2090.84	948.41	
2096.83	950.00	
2182.29	974.14	
2218.15	981.15	
2326.38	1000.00	

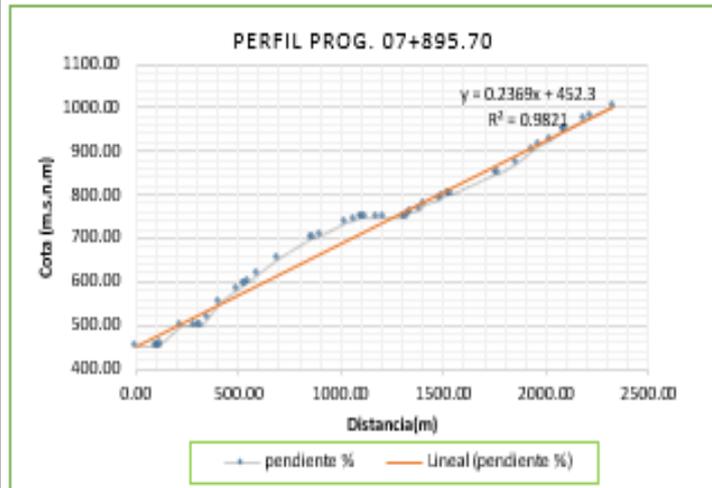


Figura 66. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 07+895.70

progresiva: 09+032.00		
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	450.00	29.000
44.18	450.00	
81.21	483.35	
139.89	500.00	
156.48	509.49	
213.14	550.00	
277.96	579.14	
303.75	593.07	
331.11	600.00	
341.08	600.00	
394.22	600.00	
443.42	600.00	
451.06	600.00	
455.87	601.54	
497.79	604.83	
514.70	611.96	
565.14	628.17	
628.71	648.54	
629.84	649.00	
631.23	649.31	
631.62	649.33	
634.49	650.00	
640.42	650.00	
698.06	650.00	
725.49	650.00	
782.91	640.59	
828.49	650.00	
839.24	650.00	
847.41	650.00	
911.38	665.99	
1031.08	700.00	
1099.80	727.06	
1146.23	739.58	
1190.34	750.00	
1261.07	767.58	
1295.07	771.87	
1375.05	800.00	
1391.89	805.95	
1490.48	850.00	
1598.78	885.03	
1640.40	900.00	
1728.33	944.19	
1740.33	950.00	
1756.81	958.27	
1839.23	1000.00	
1843.29	1000.00	
1859.88	1000.00	
1896.32	1000.00	
2069.02	1050.00	

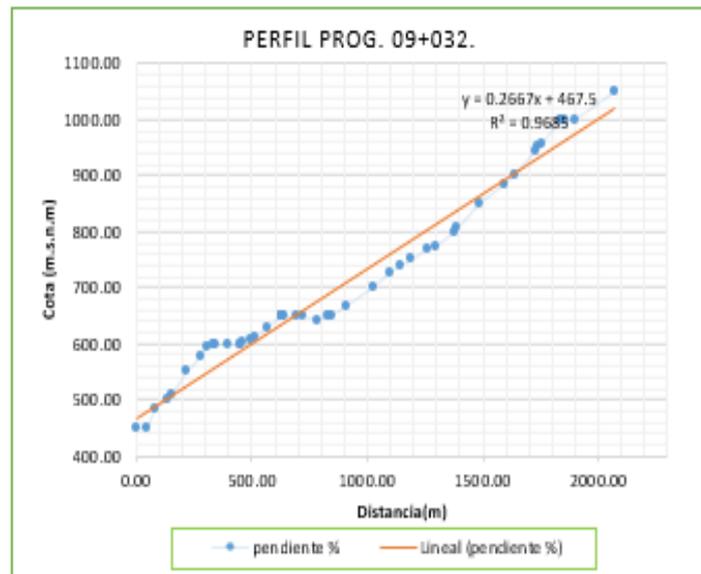


Figura 67. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 09+032.00

progresiva: 09+434.20		
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	450.00	27.90
52.45	450.00	
62.71	450.00	
110.72	450.00	
140.29	463.96	
181.70	500.00	
229.56	500.00	
270.89	500.00	
333.93	500.00	
369.66	500.00	
394.05	500.00	
431.34	523.52	
459.74	527.99	
475.99	533.68	
498.28	550.00	
577.49	581.13	
633.26	600.00	
722.45	648.75	
725.35	650.00	
769.36	650.00	
879.02	696.03	
885.19	696.23	
894.44	700.00	
912.56	700.00	
933.59	700.00	
1008.91	728.52	
1029.44	736.33	
1075.30	750.00	

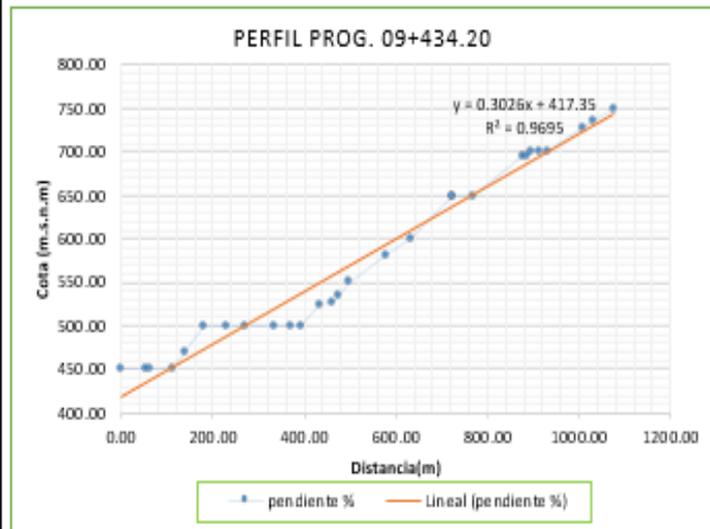


Figura 68. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 09+434.20

progresiva: 10+465.80		
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	450.00	35.54
85.79	450.00	
148.10	493.04	
166.42	500.00	
195.22	516.04	
228.56	528.27	
307.49	550.00	
320.70	550.00	
342.06	558.37	
452.83	600.00	
483.86	619.63	
532.89	650.00	
601.55	678.67	
661.06	700.00	
682.17	700.00	
802.38	739.81	
818.46	745.19	
844.20	750.00	

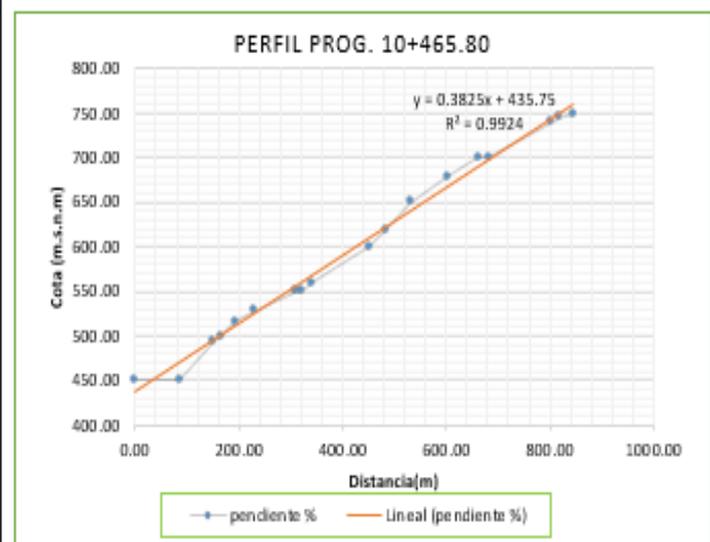


Figura 69. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 10+465.80

progresiva:		10+789.90
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	450.00	33.15
66.61	450.00	
85.73	450.00	
146.81	489.03	
169.57	500.00	
170.69	500.00	
305.41	548.65	
308.25	550.00	
308.99	550.00	
327.37	550.00	
360.17	550.00	
452.52	600.00	

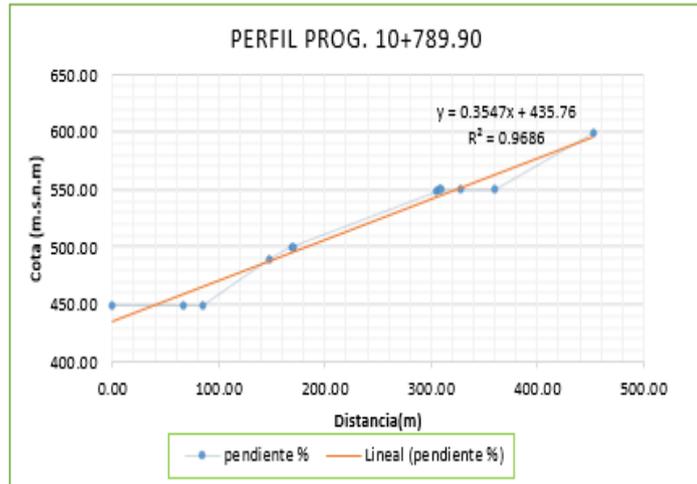


Figura 70. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 10+789.90

progresiva:		11+268.50
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	450.00	50.6
33.64	450.00	
68.75	450.00	
119.04	489.76	
131.84	500.00	
134.77	501.63	
146.14	508.79	
206.50	550.00	
225.82	560.11	
296.43	600.00	

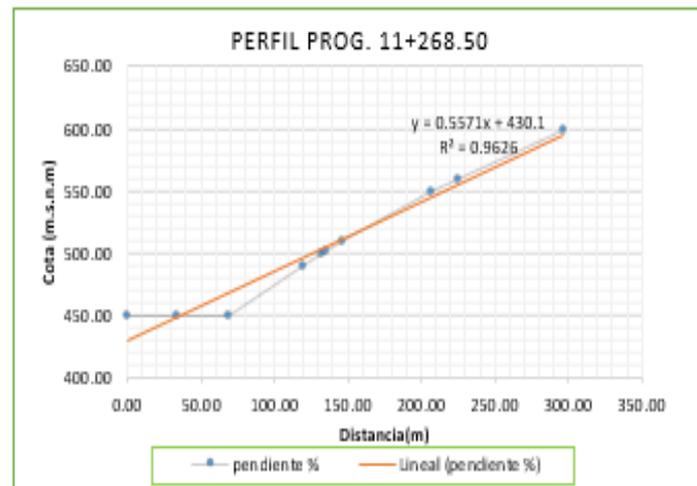


Figura 71. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 11+268.50

progresiva:		11+623.40
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	450.00	40.08
92.76	450.00	
115.16	467.72	
150.36	500.00	
182.78	525.08	
231.90	550.00	
259.19	584.23	
292.39	600.00	
293.18	600.00	
294.12	600.00	
294.66	600.00	
295.72	600.00	
356.39	600.00	
383.63	600.00	
465.87	635.38	
499.01	650.00	

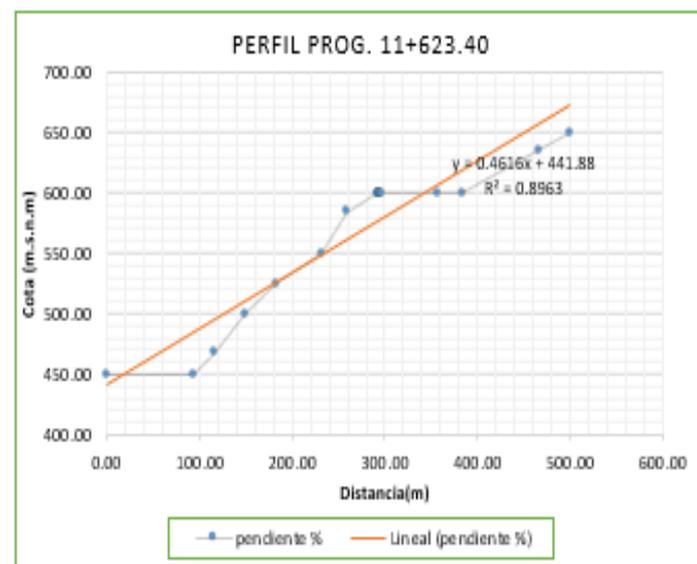


Figura 72. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 11+623.40

progresiva:		11+969.70
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	450.00	27.49
82.58	450.00	
102.23	450.00	
132.60	463.72	
203.66	491.44	
229.18	500.00	
232.32	500.00	
233.53	500.00	
235.16	500.00	
256.10	508.54	
329.53	536.25	
366.06	550.00	
453.47	586.97	
488.21	600.00	
497.94	600.00	
514.32	600.00	
582.15	600.00	
727.49	650.00	

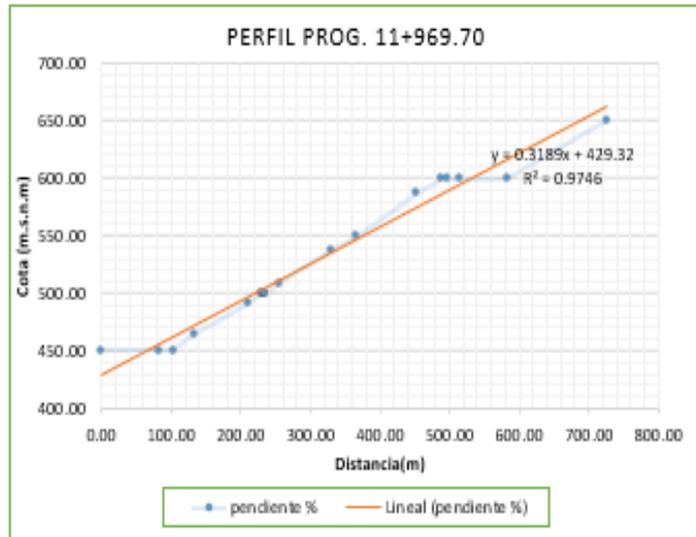


Figura 73. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 11+969.70

progresiva:		12+710.30
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	450.00	37.81
4.50	450.00	
119.20	450.00	
213.27	495.95	
223.37	500.00	
228.27	503.21	
313.98	550.00	
349.24	569.67	
396.71	600.00	

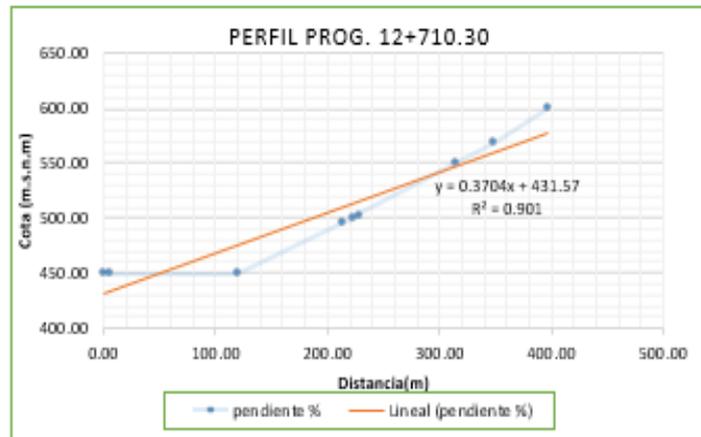


Figura 74. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 12+710.30

progresiva:		13+460.80
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	450.00	51.13
67.83	450.00	
75.63	460.97	
107.01	500.00	
156.19	527.35	
191.82	550.00	
255.82	585.43	
271.25	593.12	
284.92	600.00	
391.19	650.00	

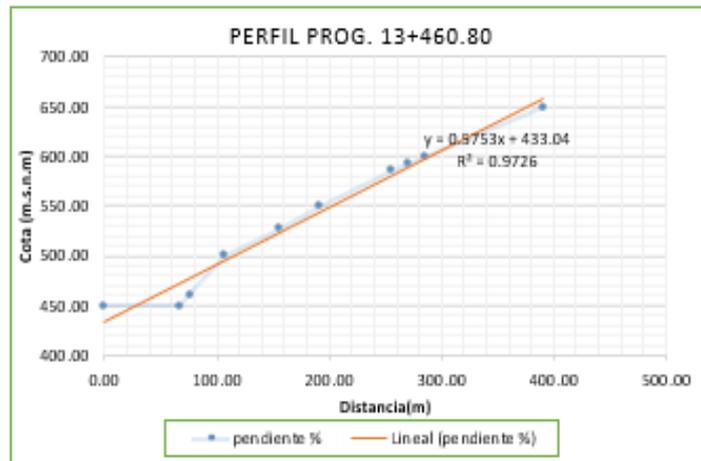


Figura 75. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 13+460.80

progresiva:		13+770.50
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	450.00	35.73
55.50	450.00	
62.16	450.00	
66.68	454.25	
131.58	500.00	
210.80	539.93	
246.78	550.00	
345.65	576.68	
388.77	591.01	
419.82	600.00	

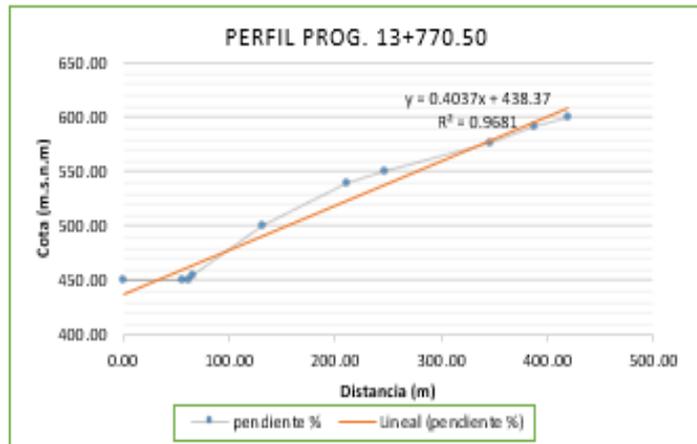


Figura 76. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 13+770.50

progresiva:		14+236.30
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	450.00	20.63
29.06	450.00	
113.63	450.00	
138.34	450.00	
139.25	450.00	
175.93	450.00	
215.00	450.00	
276.69	450.00	
404.88	490.66	
423.50	492.20	
446.70	500.00	
511.66	522.75	
566.45	550.00	
595.85	558.82	
724.92	600.00	

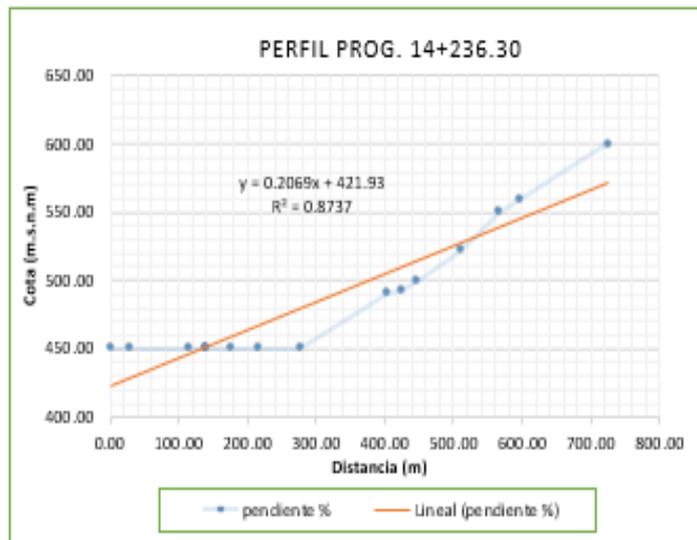


Figura 77. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 14+236.30

progresiva:		14+258.20
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	450.00	52.54
47.95	450.00	
58.87	450.00	
64.05	454.87	
117.60	500.00	
172.60	527.24	
211.52	550.00	
251.70	594.16	
259.67	600.00	
282.57	612.40	
362.77	650.00	
400.09	666.51	
475.81	700.00	

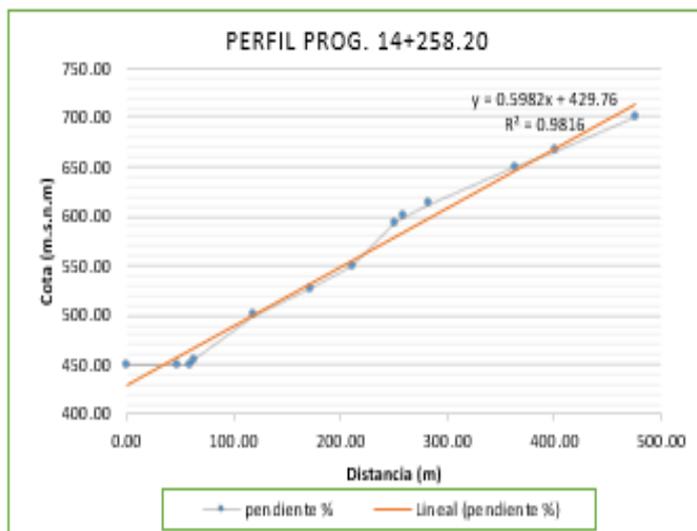


Figura 78. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 14+258.20

3.1.2. Margen izquierda.

progresiva: 00+164.30		pendiente %
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	
0.00	400.00	35.8
33.35	400.00	
53.84	440.53	
62.89	450.00	
93.19	485.13	
121.89	500.00	
161.84	524.69	
200.55	550.00	
214.88	554.91	
217.67	556.46	
281.33	575.15	
311.05	600.00	
319.74	600.00	
351.98	600.00	
423.89	600.00	
575.79	647.47	
578.50	648.10	
585.16	650.00	
594.41	650.00	
633.35	650.00	
659.34	650.00	
666.06	650.00	
838.07	700.00	

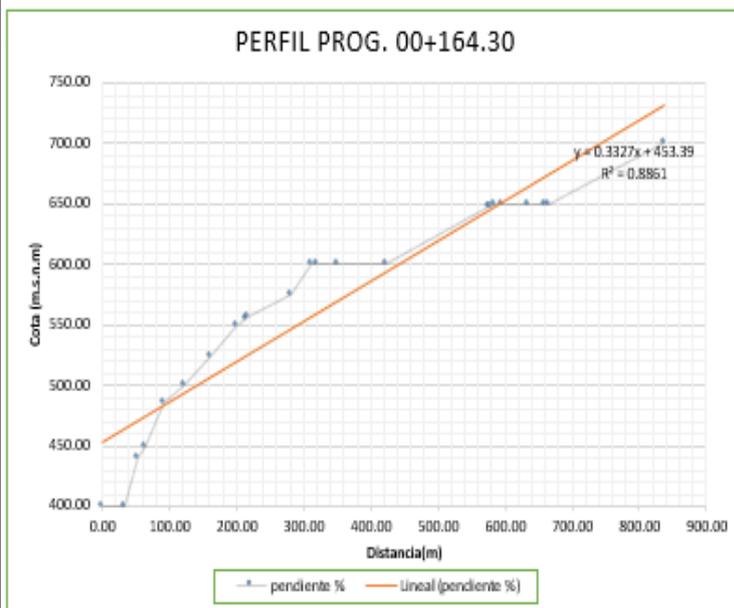


Figura 79. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 00+164.30

progresiva: 00+529.40		pendiente %
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	
0.00	400	31
63.34	400.00	
79.48	416.58	
104.32	450.00	
193.26	473.77	
257.31	500.00	
283.53	508.07	
302.90	511.35	
311.83	513.14	
435.26	550.00	
436.99	550.00	
449.47	550.00	
470.51	555.97	
488.41	561.62	
542.86	572.24	
551.02	575.56	
616.92	590.82	
621.19	592.69	
638.37	600.00	
641.79	600.00	
667.30	600.00	
718.63	608.30	
724.25	611.54	
745.75	619.84	
790.99	638.41	
799.68	642.62	
817.08	650.00	
967.79	700.00	

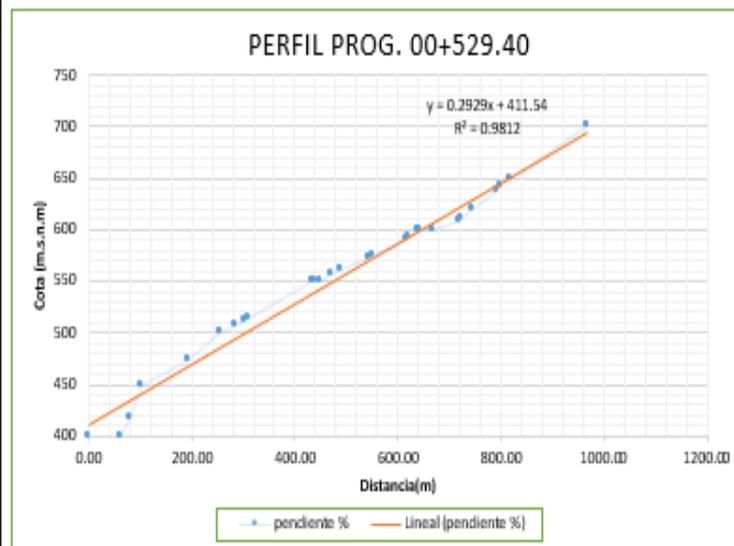


Figura 80. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 00+529.40

progresiva: 01-007.40		
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	400.00	30.81
45.51	400.00	
115.31	442.78	
129.15	450.00	
132.64	450.00	
192.51	468.83	
291.67	500.00	
342.57	528.53	
407.20	550.00	
455.63	570.49	
485.03	579.31	
539.04	586.98	
553.62	585.41	
627.64	600.00	
638.34	600.00	
641.83	600.00	
658.25	607.03	
666.28	609.69	
745.17	632.11	
791.13	644.57	
806.01	650.00	
917.78	681.77	
973.58	700.00	

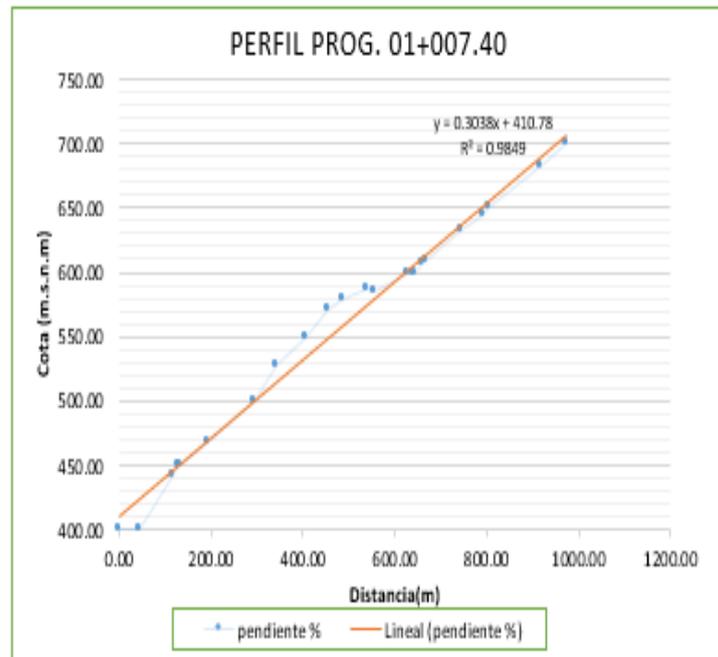


Figura 81. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 01+007.40

progresiva: 01+427.10		
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	400.00	
48.32	400.00	
116.24	432.43	
162.70	450.00	
181.97	456.64	
197.59	460.05	
275.44	463.07	
346.93	500.00	
376.88	500.00	
390.14	500.00	
396.05	500.00	
477.94	500.00	
485.16	500.00	
494.94	500.00	
590.28	500.00	
614.93	500.00	
630.63	500.00	
739.81	500.00	
792.47	500.00	
797.38	500.00	
861.70	500.00	
895.82	500.00	
901.00	500.00	
933.50	500.00	
1099.67	540.26	
1159.34	550.00	
1161.54	550.62	
1162.77	551.02	
1284.87	581.35	
1331.23	600.00	
1361.39	607.83	
1370.54	609.66	
1389.12	611.92	
1407.58	614.85	
1534.13	637.31	
1591.08	650.00	
1686.97	678.87	
1767.98	700.00	

16.97

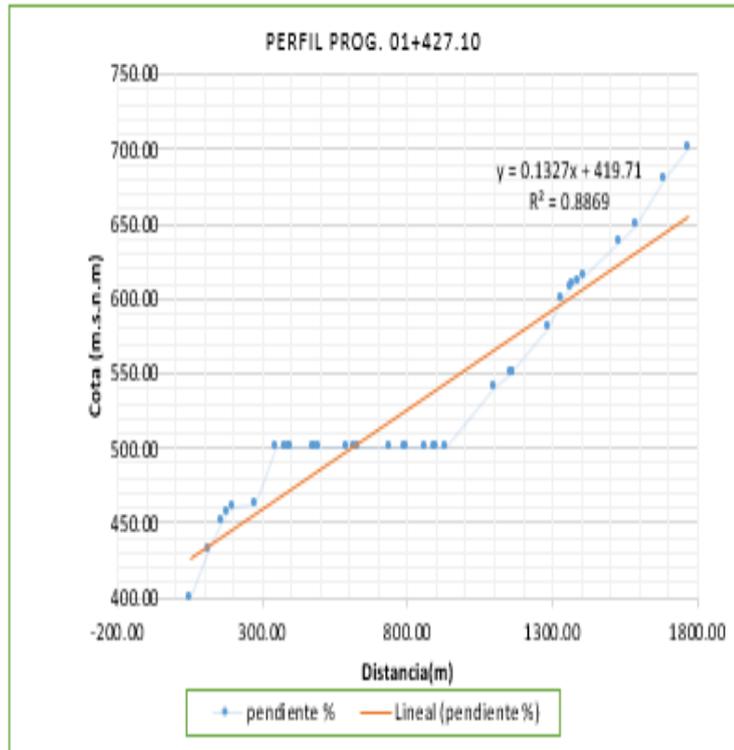


Figura 82. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 01+427.10

progresiva: 02+198.10		
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	400.00	22.71
49.33	400.00	
69.24	411.26	
98.48	450.00	
149.05	450.00	
217.53	450.00	
261.16	450.00	
341.39	450.00	
501.08	450.00	
572.05	473.48	
642.41	500.00	
649.47	500.00	
659.14	500.00	
705.96	500.00	
830.39	535.60	
883.69	550.00	
986.24	586.33	
1010.62	593.51	
1021.84	596.06	
1031.16	600.00	
1077.55	615.22	
1188.02	650.00	
1235.97	664.38	
1278.45	674.38	
1300.74	677.44	
1401.44	700.00	
1419.90	708.07	
1451.31	720.66	
1511.32	744.99	
1541.47	750.00	

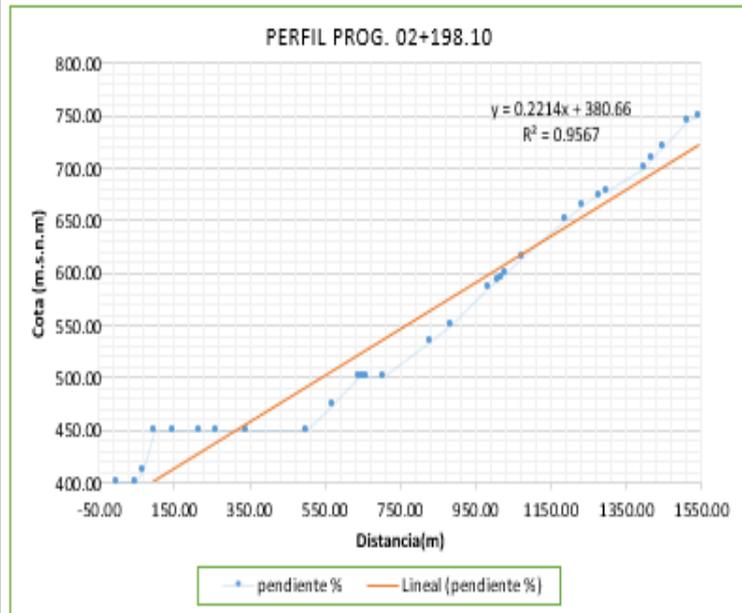


Figura 83. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 02+198.10

progresiva: 02+734.10		
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	400.00	33.61
58.12	400.00	
94.77	438.11	
107.19	450.00	
141.17	471.73	
188.54	500.00	
224.59	513.06	
253.17	521.58	
298.58	529.51	
341.07	547.64	
342.77	548.34	
347.72	550.00	
373.75	559.13	
496.99	600.00	
520.21	607.41	
526.53	609.45	
607.41	632.36	
682.30	650.00	
692.02	650.00	
702.89	650.00	
892.67	700.00	

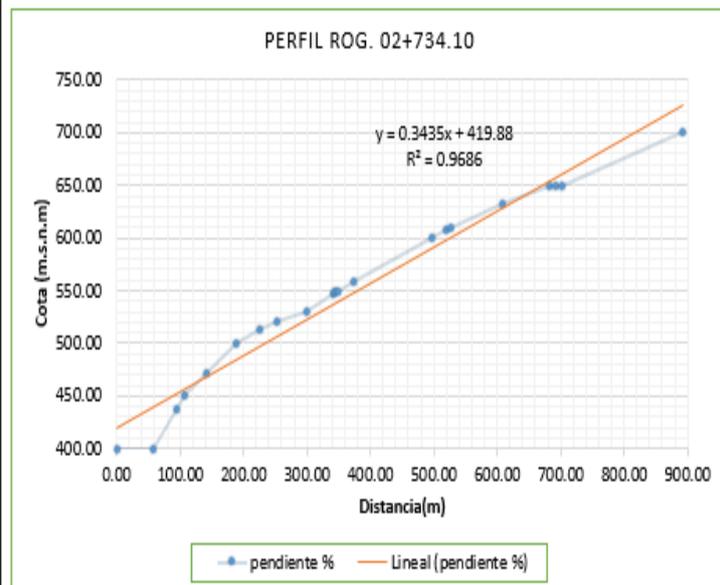


Figura 84. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 02+942.10

progresiva: 05+170.40		
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	400.00	
46.25	400.00	
60.54	400.00	
494.21	443.71	
501.50	443.88	
544.88	447.75	
561.17	450.00	
595.45	450.00	
595.84	450.00	
595.95	450.00	
596.09	450.00	
733.40	450.00	
776.19	450.00	
813.41	450.00	
862.22	478.75	
888.07	491.98	
902.48	496.15	
922.00	500.00	
971.97	500.00	
983.75	500.00	
997.99	500.00	
1027.75	500.00	
1200.92	546.60	
1208.09	547.22	
1214.14	550.00	
1225.14	550.00	
1277.22	550.00	
1321.70	550.00	
1386.50	573.98	
1432.32	587.96	
1459.74	593.94	
1486.57	600.00	
1489.12	600.00	
1528.65	600.00	
1534.10	600.00	
1618.98	600.00	
1634.71	600.00	
1654.62	605.69	
1783.75	612.85	
1792.67	614.72	
1839.88	620.11	
1902.20	627.44	
1984.35	650.00	
1994.20	650.00	
2040.16	664.75	
2062.42	669.97	
2115.11	682.28	
2212.39	700.00	

13.56

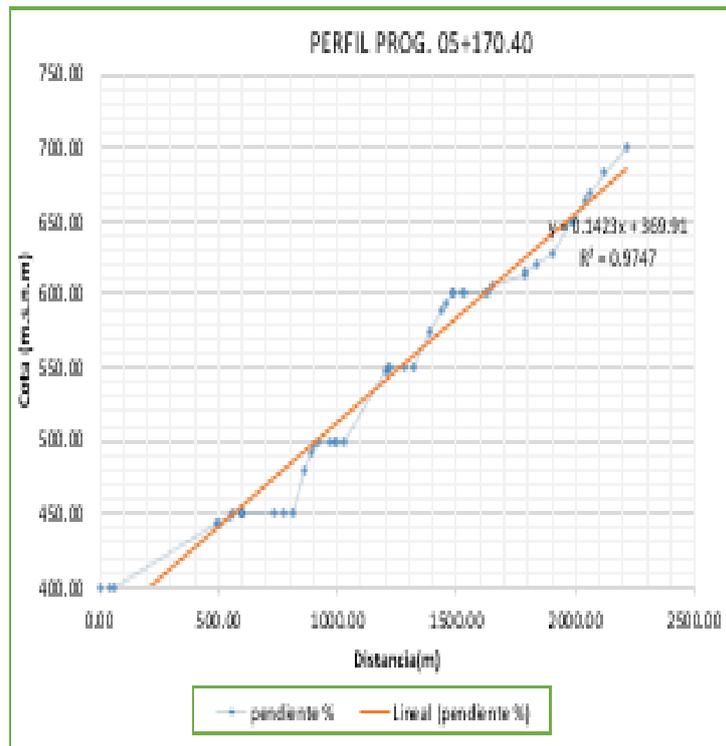


Figura 85. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 05+170.40

progresiva: 06+054.30		
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	400.00	26.46
23.97	400.00	
31.09	404.43	
91.03	450.00	
173.50	473.58	
214.01	483.54	
246.71	489.88	
297.87	497.85	
300.33	498.17	
304.59	498.57	
320.38	500.00	
380.38	500.00	
385.65	500.00	
434.94	515.34	
566.91	550.00	

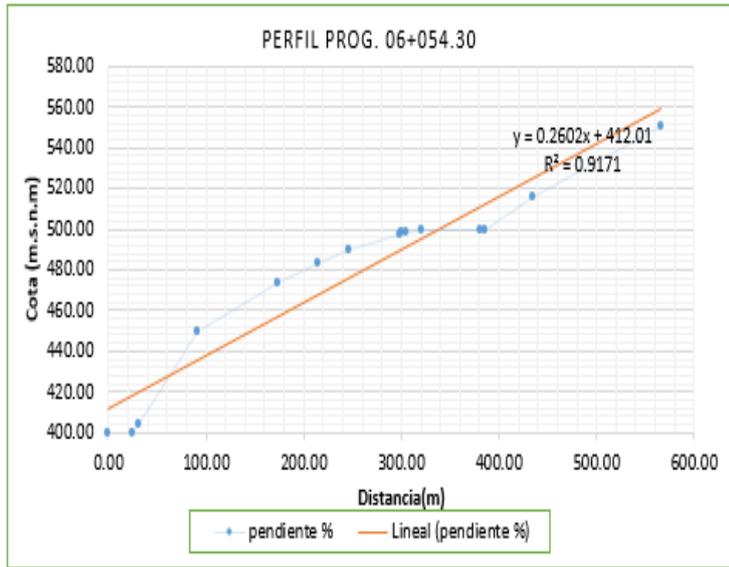


Figura 86. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 06+054.30

progresiva: 06+523.80		
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	400	52.51
29.95	400.00	
52.54	432.39	
60.60	450.00	
121.81	498.03	
124.60	500.00	
128.52	501.80	
234.77	550.00	
333.30	584.28	
380.91	600.00	

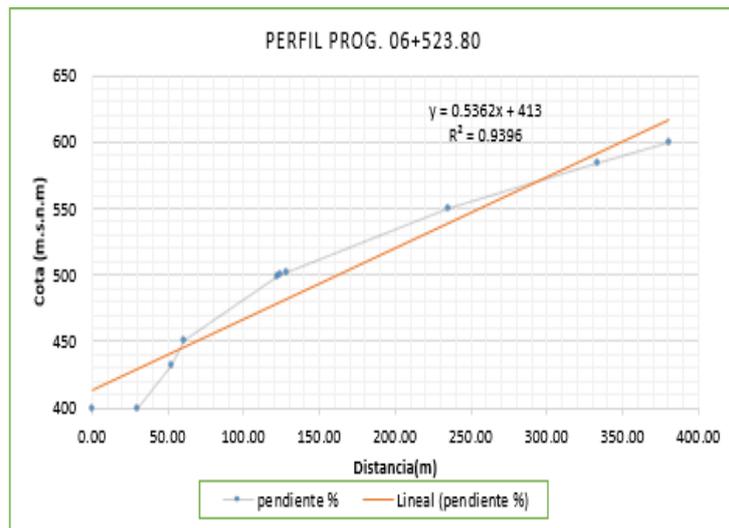


Figura 87. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 06+523.80

progresiva:		07+208.80
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	400.00	32.4
29.68	410.53	
97.50	450.00	
156.48	475.03	
234.62	496.86	
243.61	500.00	
285.04	521.62	
336.59	550.00	
343.56	550.00	
345.86	550.00	
374.40	550.00	
414.19	550.00	
428.34	550.00	
505.95	550.00	
514.87	550.00	
519.74	550.00	
571.60	567.81	
655.90	590.43	
666.67	592.69	
681.29	600.00	
708.78	611.08	
743.24	625.48	
777.90	640.78	
805.67	650.00	
834.65	663.60	
934.19	700.00	
979.71	715.21	
1031.98	730.83	
1080.17	750.00	

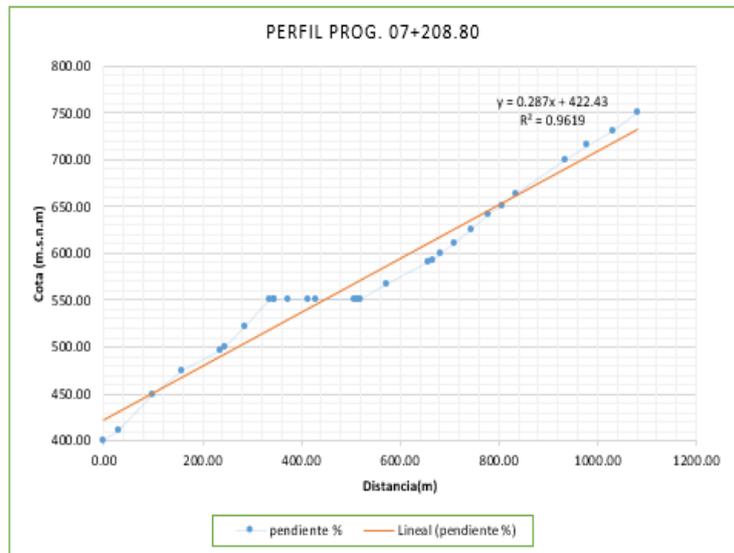


Figura 88. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 07+208.80

progresiva:		08+267.10
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	450.00	35.29
35.66	450.00	
98.58	477.17	
197.93	500.00	
200.69	501.05	
277.10	550.00	
326.45	550.00	
433.23	589.49	
455.21	597.77	
456.47	598.01	
463.18	600.00	
514.44	612.23	
548.67	624.10	
602.88	636.72	
629.92	650.00	
667.79	658.57	
710.64	665.04	
729.41	669.87	
779.33	675.55	
799.39	679.66	
888.08	700.00	
917.89	710.70	
928.92	713.16	
973.47	726.20	
1016.03	750.00	
1049.80	772.49	
1089.96	799.75	
1090.11	799.86	
1090.38	800.00	
1190.08	838.10	
1214.13	850.00	
1231.36	871.30	
1275.24	900.00	

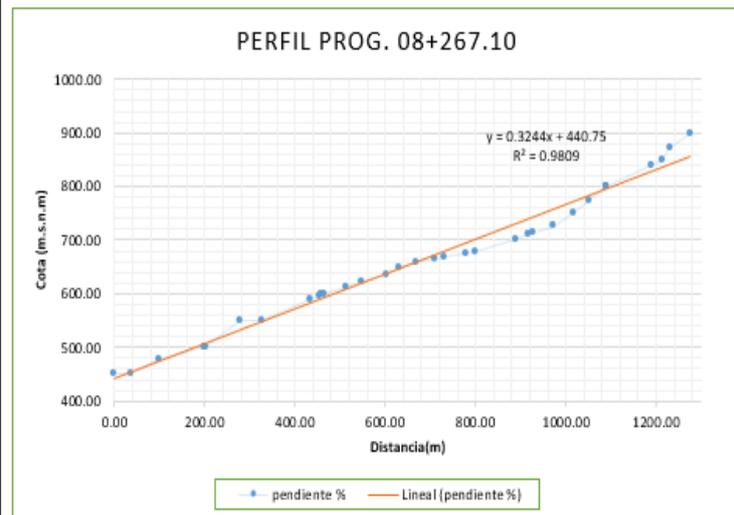


Figura 89. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 08+267.10

progresiva: 09+434.20		
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	450.00	30.96
35.49	450.00	
62.06	450.00	
75.82	450.00	
117.57	450.00	
199.06	465.67	
266.66	500.00	
279.53	504.27	
293.51	510.89	
334.92	529.76	
376.05	550.00	
421.49	569.87	
440.84	572.82	
459.88	578.52	
476.16	581.92	
491.17	583.10	
515.17	582.08	
529.86	581.52	
566.53	576.58	
592.09	573.15	
615.82	572.38	
662.73	564.83	
716.14	572.14	
736.20	574.76	
807.96	600.00	
861.78	615.19	
965.40	650.00	
984.57	658.06	
1079.45	700.00	
1163.60	738.01	
1170.78	740.10	
1190.92	750.00	
1228.11	767.27	
1295.78	800.00	
1374.00	845.52	
1384.79	850.00	
1453.48	900.00	

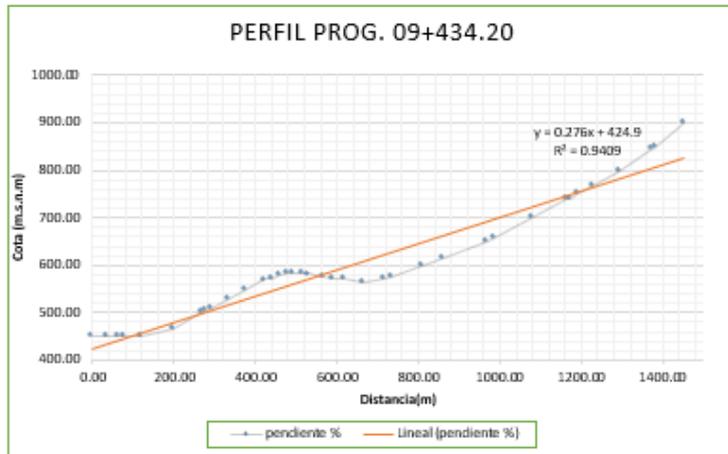


Figura 90. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 09+434.20

progresiva: 10+014.90		
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	pendiente %
0.00	450.00	38.95
50.19	450.00	
69.22	462.79	
106.50	500.00	
117.87	507.47	
180.10	550.00	
228.65	570.49	
368.30	600.00	
388.12	604.29	
510.40	650.00	
512.52	651.02	
514.58	651.99	
570.24	670.74	
612.15	687.99	
627.71	691.28	
646.23	700.00	
703.88	716.59	
763.67	750.00	
783.96	766.10	
822.35	779.67	
841.41	787.29	
853.21	789.08	
893.25	800.00	
957.33	818.30	
990.67	829.60	
1004.55	836.38	
1052.01	843.03	
1079.47	850.00	
1113.59	861.89	
1173.75	900.00	
1283.67	950.00	

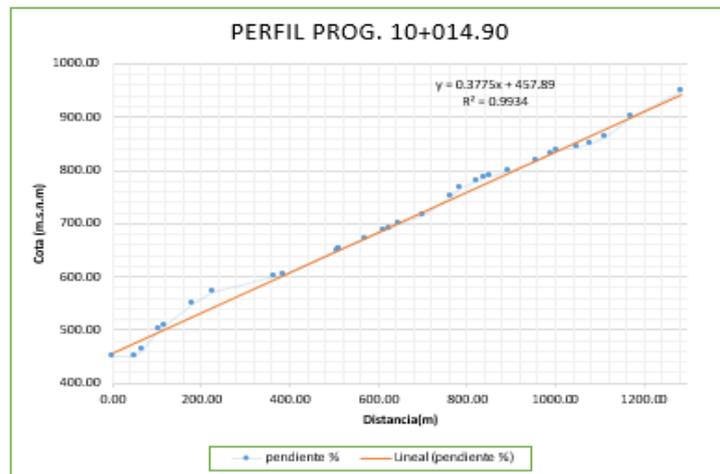


Figura 91. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 10+014.90

progresiva: 11+623.40		pendiente %
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	
0.00	450.00	
38.02	450.00	
91.80	450.00	
166.41	474.77	
260.81	500.00	
300.45	528.81	
326.55	550.00	
338.82	555.52	
379.69	571.63	
444.44	600.00	
452.51	600.00	
473.26	600.00	
648.22	600.00	
666.92	600.00	
673.17	601.50	
675.43	602.19	
725.23	604.36	
764.61	615.80	
853.99	650.00	
892.96	665.57	
939.10	681.86	
983.15	700.00	
1008.17	716.57	
1064.49	750.00	
1105.72	773.10	
1166.11	780.96	
1187.18	786.49	
1217.68	789.26	
1270.04	797.96	
1272.34	798.33	
1276.48	800.00	
1341.16	835.09	
1392.80	850.00	
1452.05	850.00	
1468.92	850.00	
1537.14	881.05	
1594.53	900.00	
1699.12	950.00	

29.43

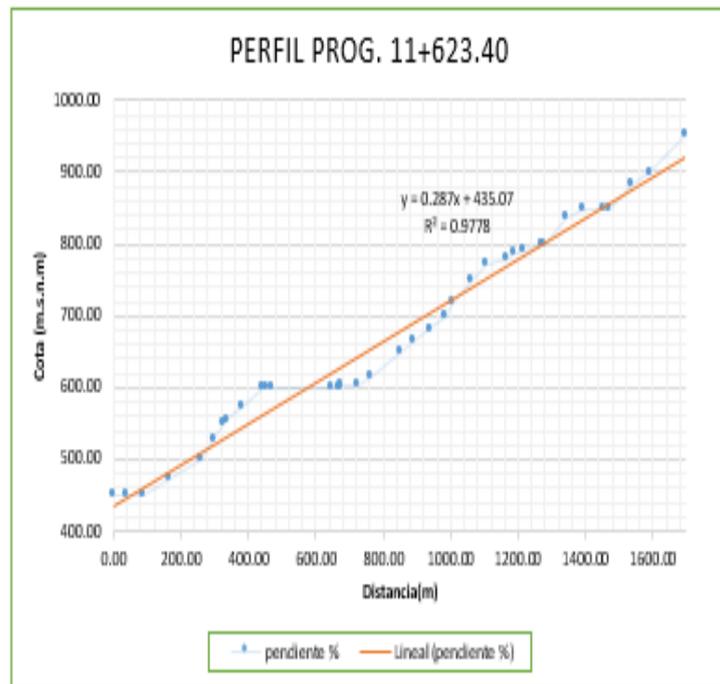


Figura 92. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 11+623.40

progresiva: 12+535.40		pendiente %
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	
0.00	450.00	
44.39	450.00	
61.74	450.00	
69.81	450.00	
71.05	450.98	
86.09	461.57	
140.73	500.00	
233.59	546.12	
242.72	550.00	
321.97	593.34	
335.78	600.00	
371.85	616.60	
460.11	650.00	
482.65	650.00	
506.14	660.48	
578.97	700.00	
596.96	708.40	
670.27	739.99	
684.30	750.00	
701.89	763.87	
714.45	771.35	
726.57	777.88	
753.57	788.21	
846.65	798.07	
850.62	798.26	
857.81	800.00	
915.96	810.10	
920.83	811.96	
930.48	813.88	
962.44	823.21	
984.13	824.45	
1035.72	838.17	
1067.20	850.00	
1148.71	883.35	
1175.34	889.16	
1224.48	900.00	
1244.41	900.00	
1321.70	937.76	
1338.92	945.07	
1350.99	950.00	
1373.11	950.00	
1244.41	900.00	
1321.70	937.76	
1338.92	945.07	
1350.99	950.00	
1373.11	950.00	
1388.85	950.00	
1452.04	950.00	
1460.07	950.00	
1483.67	950.00	
1485.75	950.00	
1496.09	954.53	
1505.31	958.23	
1545.67	972.95	
1578.03	982.39	
1584.06	983.36	
1643.58	1000.00	

33.34

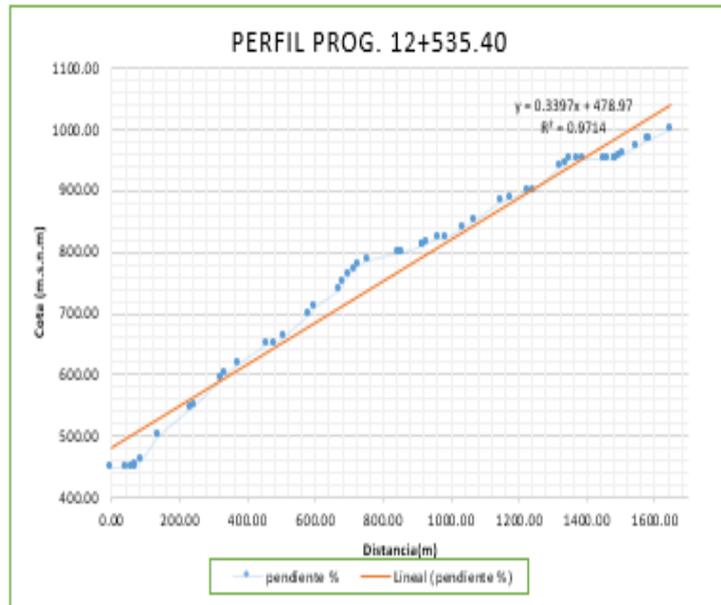


Figura 93. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 12+535.40

progresiva: 13+046.29		
Distancia(m)	cota(m.s.n.m)	pendiente%
101.23	450.00	
107.16	451.68	
112.48	454.00	
140.54	461.35	
257.73	495.18	
277.11	500.00	
291.89	507.42	
297.99	507.09	
397.70	550.00	
430.22	550.00	
500.78	576.09	
555.45	600.00	
595.24	624.34	
641.73	650.00	
665.04	661.02	
713.97	675.64	
790.37	700.00	
812.57	706.01	
816.93	708.72	
843.86	718.34	
903.35	734.96	
968.94	750.00	
1003.93	754.51	
1081.69	764.53	
1126.63	777.63	
1168.20	787.26	
1228.50	800.00	
1342.81	823.69	
1408.39	850.00	
1431.71	860.67	
1509.22	884.85	
1539.72	895.40	
1569.42	900.00	
1622.60	907.77	
1636.69	907.45	
1678.01	921.97	
1729.08	936.40	
1746.94	938.73	
1780.60	950.00	
1800.48	950.00	
1830.27	950.00	
1884.90	970.50	
1938.16	989.58	
1967.13	998.85	

27.9

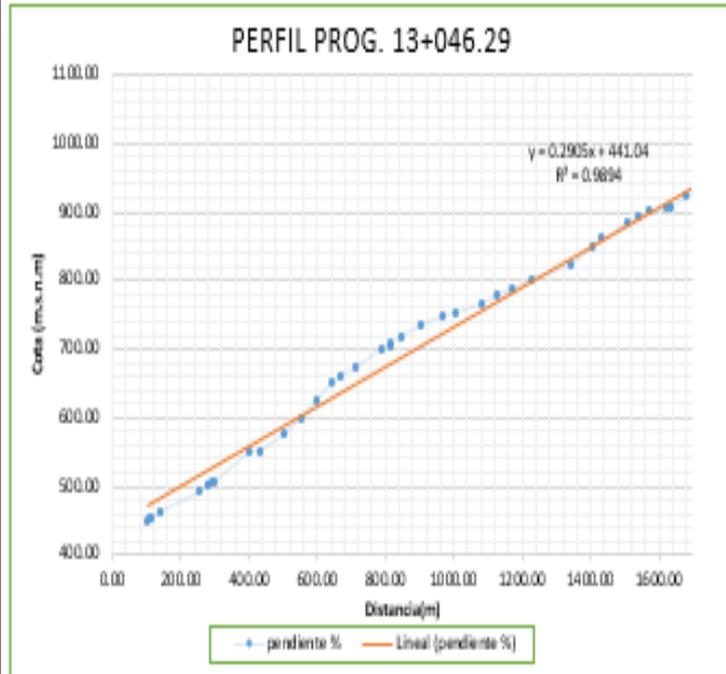


Figura 94. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 13+046.29

progresiva: 13+460.80		
Distancia(m)	cota(m.s.n.m)	pendiente%
0.00	450.00	33.06
56.17	450.00	
80.64	450.00	
83.09	450.00	
84.73	450.00	
85.64	450.38	
268.75	500.00	
308.57	521.08	
334.26	529.19	
419.48	550.00	
430.43	556.23	
485.32	580.52	
510.11	593.01	
526.59	600.00	
574.16	614.77	
632.87	628.64	
682.70	643.61	
701.68	650.00	
786.51	680.59	
846.97	700.00	
895.97	731.64	
918.39	750.00	
993.28	785.27	
1022.38	800.00	
1102.03	838.56	
1123.81	847.84	
1127.06	850.00	
1143.14	850.00	
1180.92	850.00	
1228.74	850.00	
1361.34	900.00	

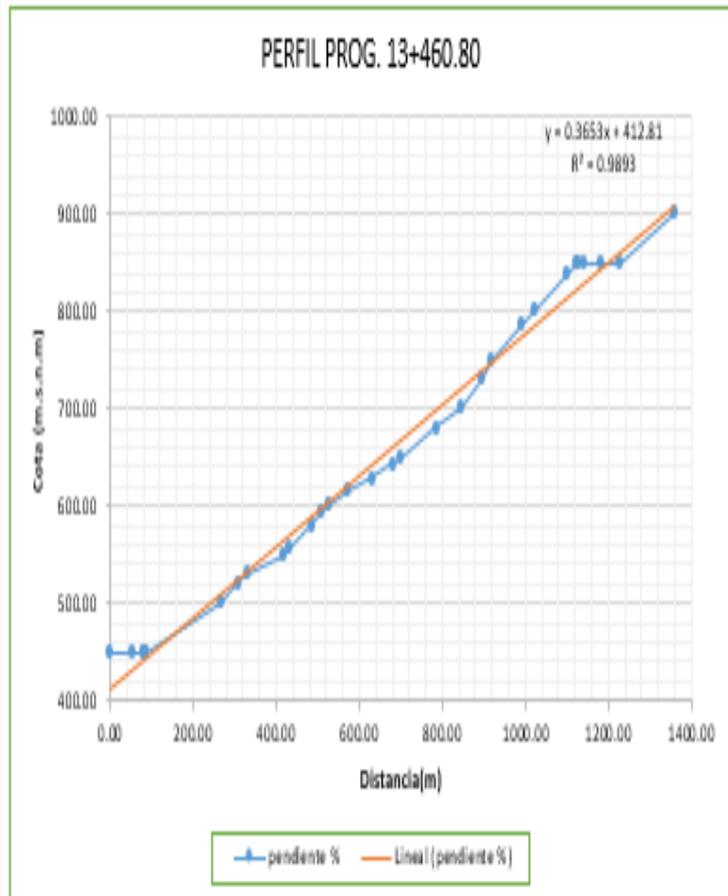


Figura 95. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 13+460.80

progresiva: 14+176.90		pendiente %
Distancia(m)	cota (m.s.n.m)	
0.00	450.00	30.33
74.56	450.00	
95.17	450.00	
175.69	468.94	
208.92	474.72	
250.53	487.09	
270.86	490.06	
289.30	492.37	
341.67	500.00	
376.00	500.00	
401.78	507.37	
417.86	516.35	
430.76	550.00	
510.26	559.41	
519.88	565.19	
547.92	577.12	
566.39	583.14	
595.46	592.83	
661.66	596.63	
676.40	600.00	
704.28	606.71	
713.29	606.65	
746.96	614.61	
847.98	650.00	
916.29	698.82	
918.16	700.00	
919.50	700.69	
986.25	720.03	
1027.90	725.27	
1049.20	729.28	
1060.32	729.60	
1108.91	750.00	
1154.43	772.95	
1177.08	776.98	
1250.80	800.00	
1263.90	804.92	
1282.71	811.84	
1337.39	839.03	
1360.03	850.00	
1483.84	900.00	

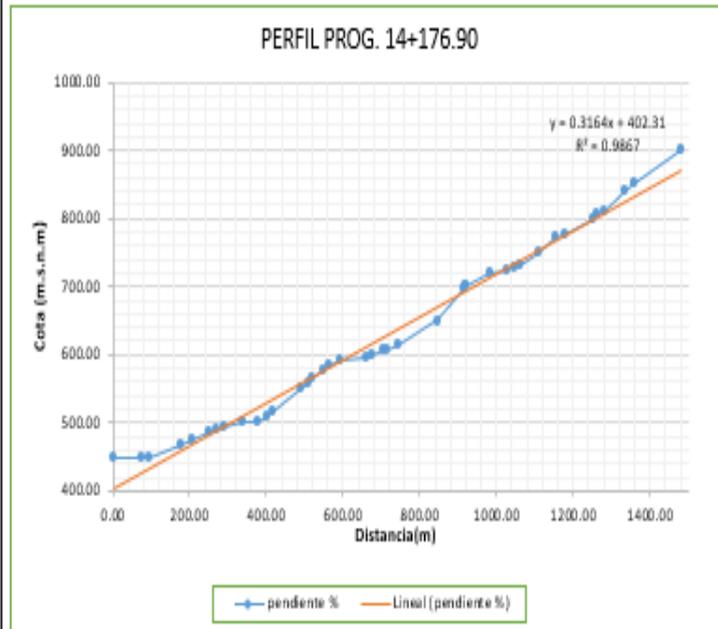


Figura 96. Cálculo de pendiente y perfil en la progresiva 14+176.90

3.2. Perfil de pendientes por progresivas (ArcGIS)

3.2.1. Margen derecha:

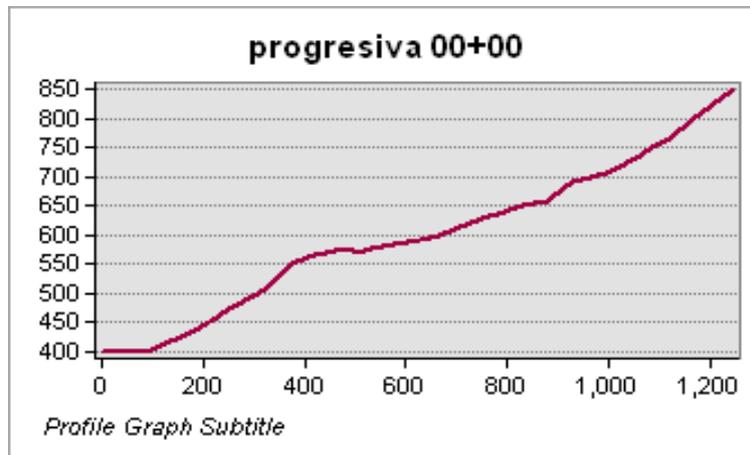


Figura 97. Perfil del terreno en progresiva 00+00

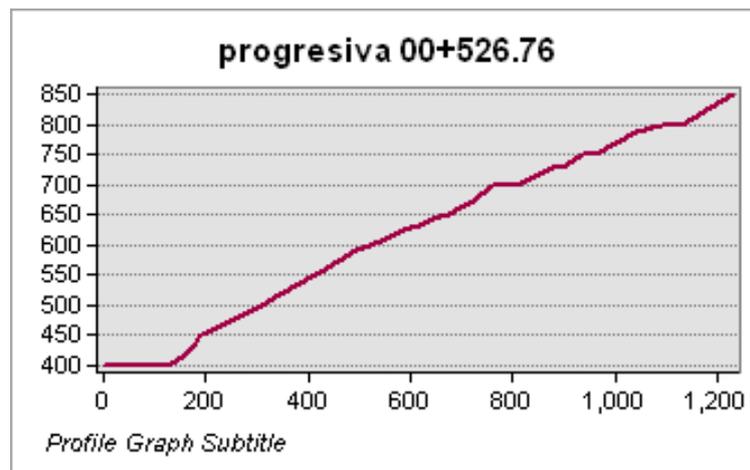


Figura 98. Perfil del terreno en progresiva 00+526.76

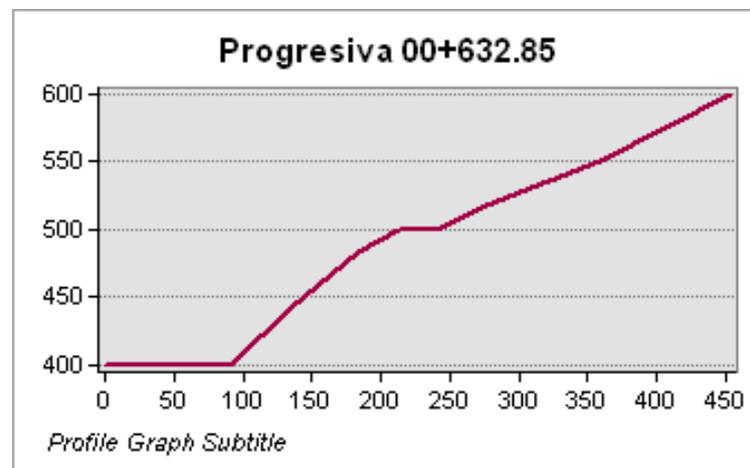


Figura 99. Perfil del terreno en progresiva 00+632.85

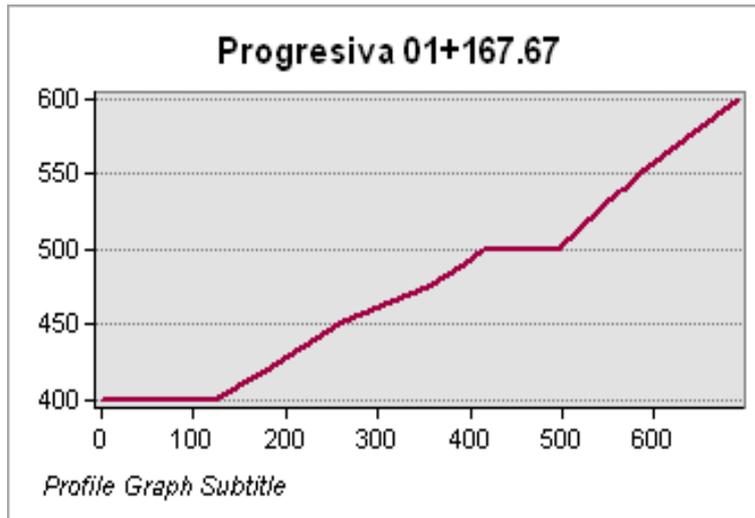


Figura 100. Perfil del terreno en progresiva 01+167.67

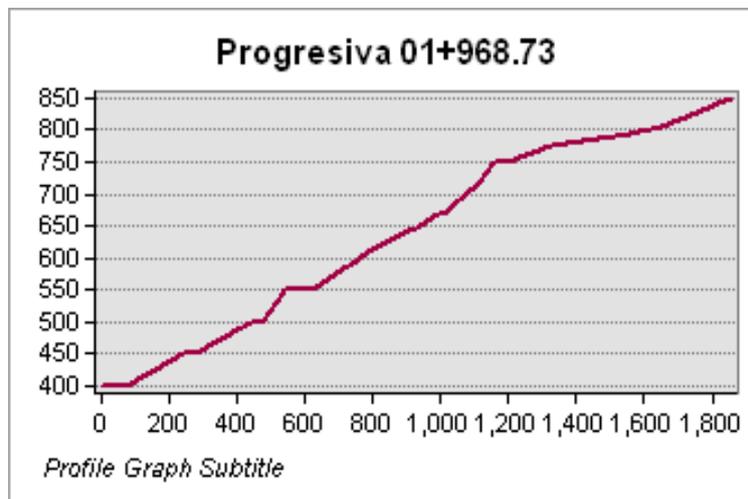


Figura 101. Perfil del terreno en progresiva 01+968.73

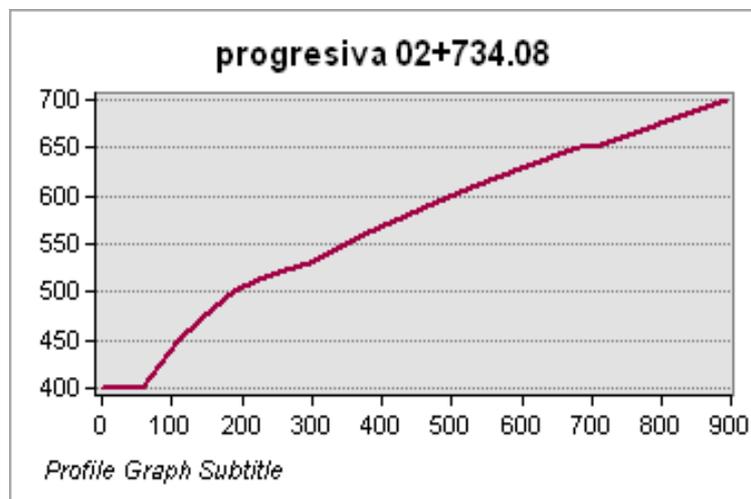


Figura 102. Perfil del terreno en progresiva 02+734.08

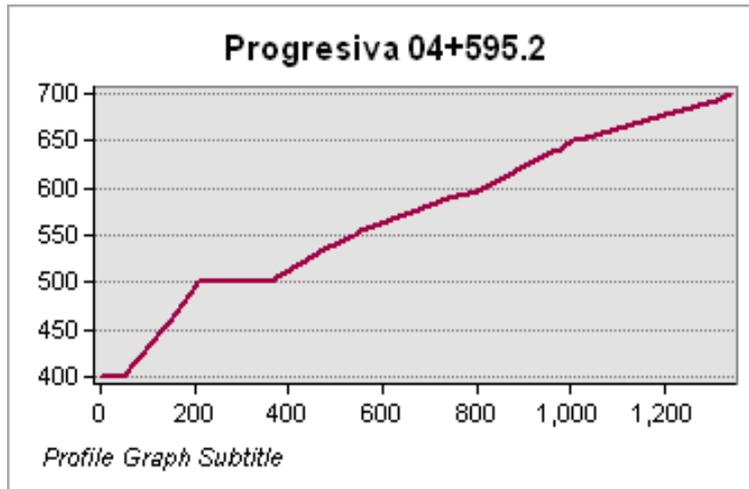


Figura 103. Perfil del terreno en progresiva 04+595.2

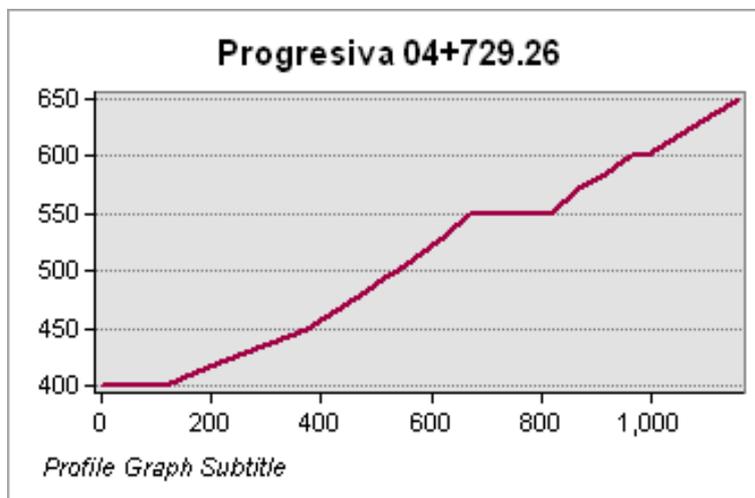


Figura 104. Perfil del terreno en progresiva 04+729.26

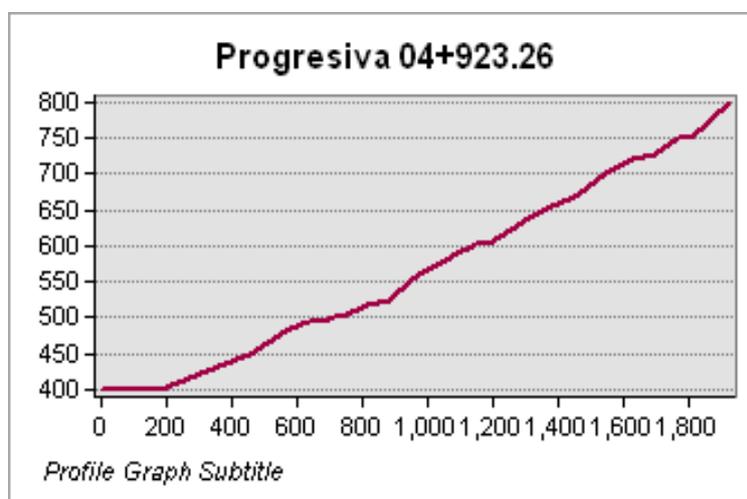


Figura 105. Perfil del terreno en progresiva 04+923.26

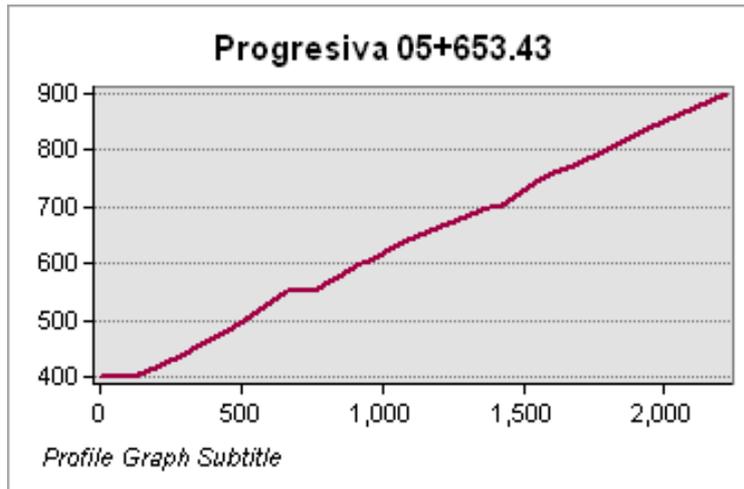


Figura 106. Perfil del terreno en progresiva 05+653.43

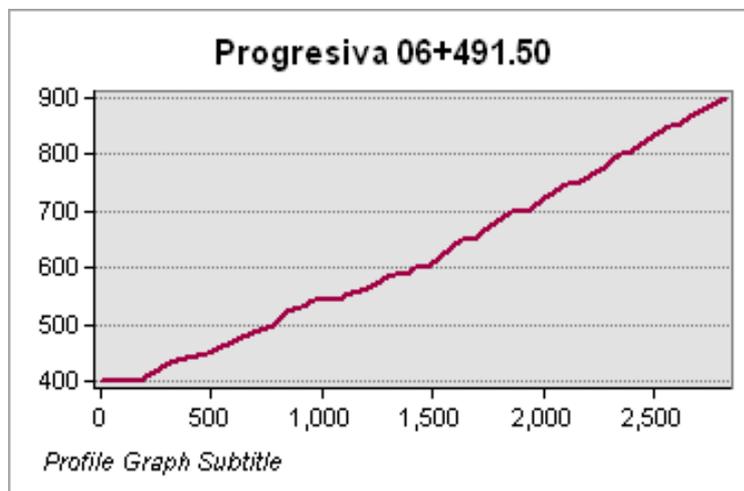


Figura 107. Perfil del terreno en progresiva 06+491.50

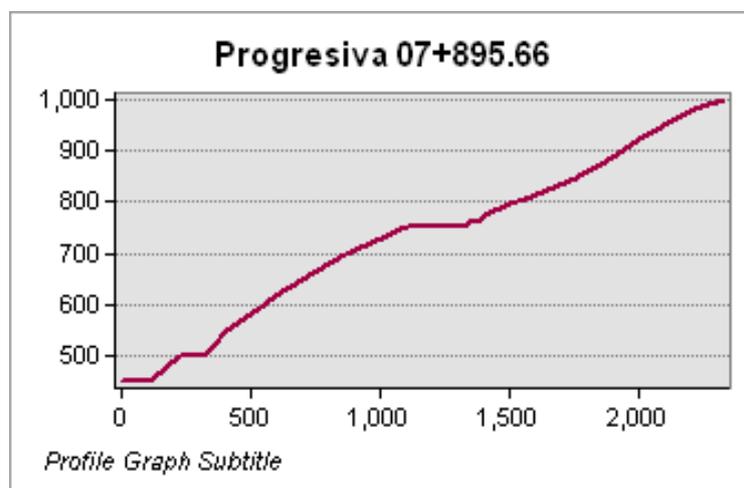


Figura 108. Perfil del terreno en progresiva 07+895.66

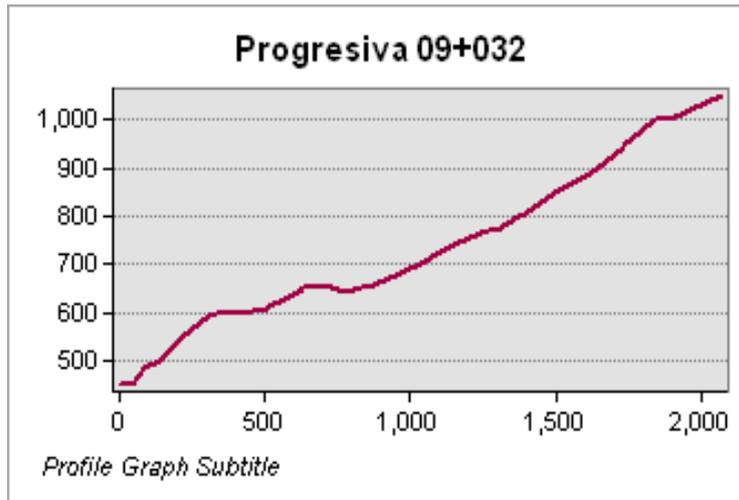


Figura 109. Perfil del terreno en progresiva 09+032.00

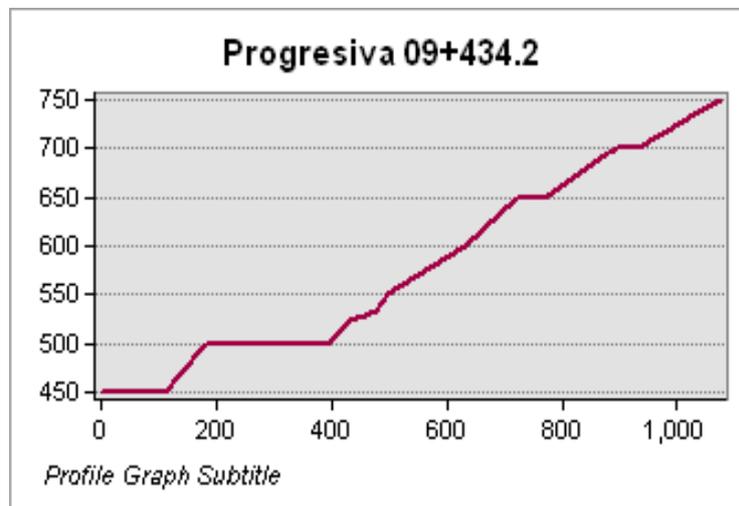


Figura 110. Perfil del terreno en progresiva 09+434.20

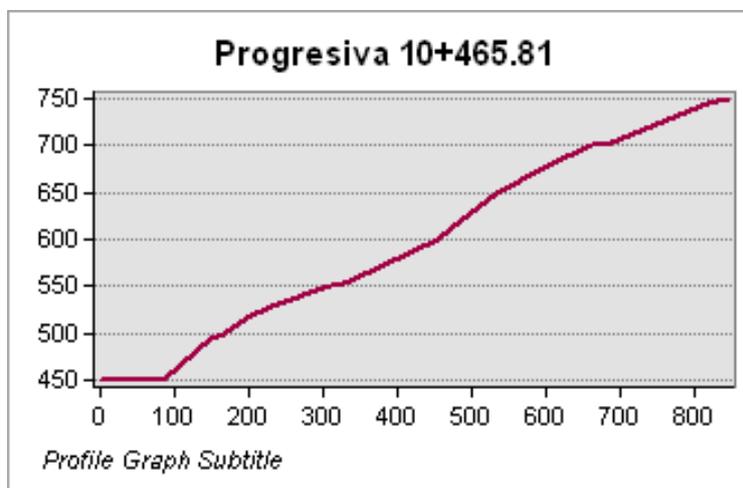


Figura 111. Perfil del terreno en progresiva 10465.81

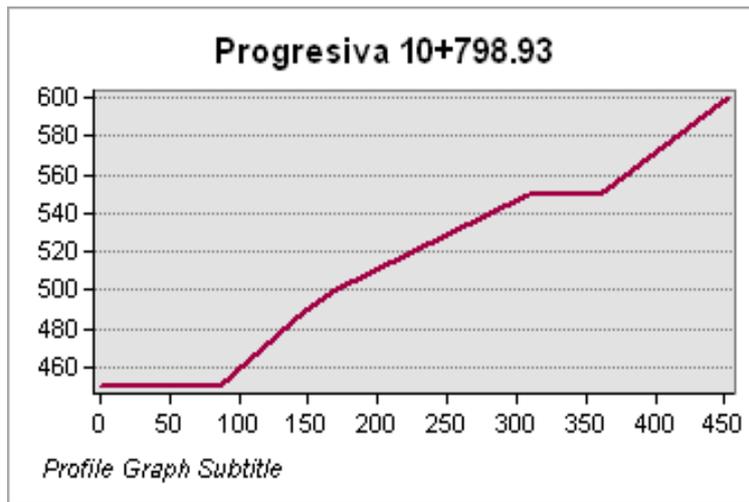


Figura 112. Perfil del terreno en progresiva 10+798.93

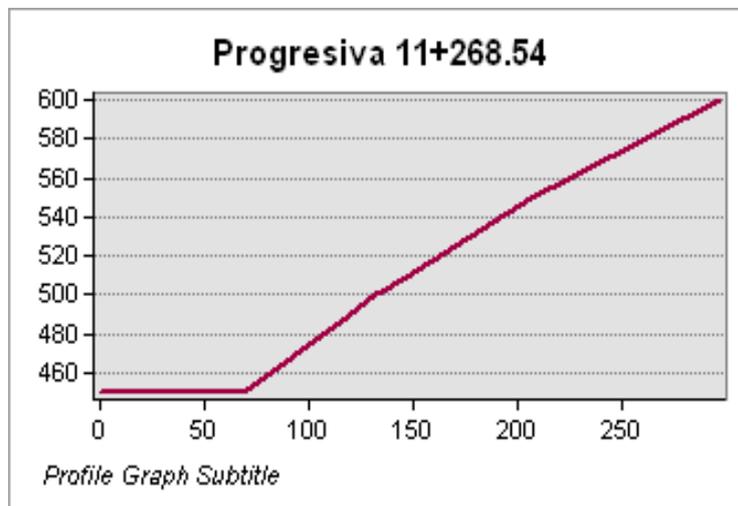


Figura 113. Perfil del terreno en progresiva 11+268.54

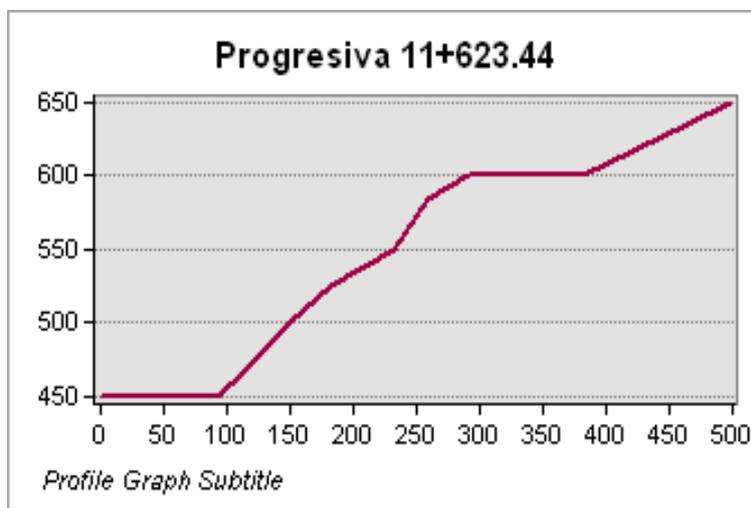


Figura 114. Perfil del terreno en progresiva 11+623.44

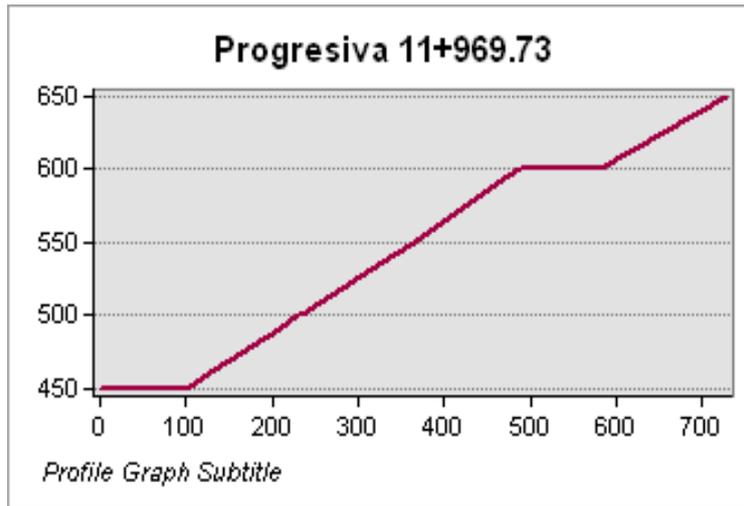


Figura 115. Perfil del terreno en progresiva 11+969.73

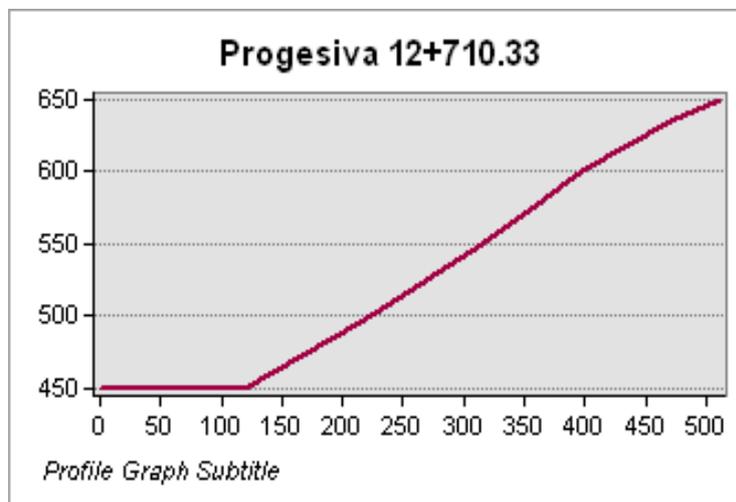


Figura 116. Perfil del terreno en progresiva 12+710.33

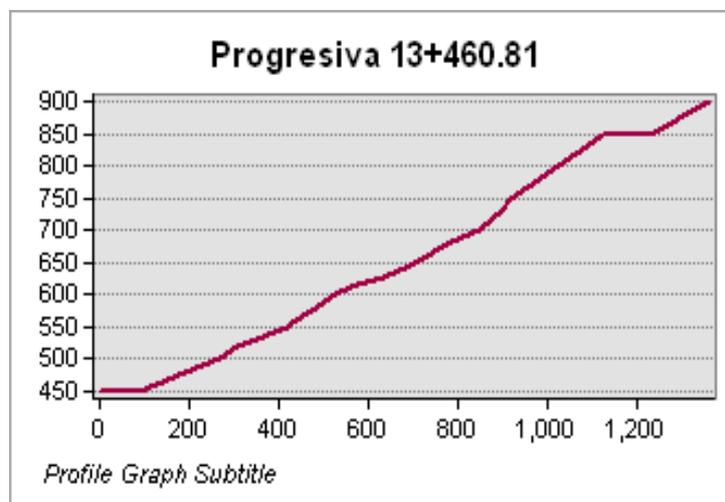


Figura 117. Perfil del terreno en progresiva 13+460.81

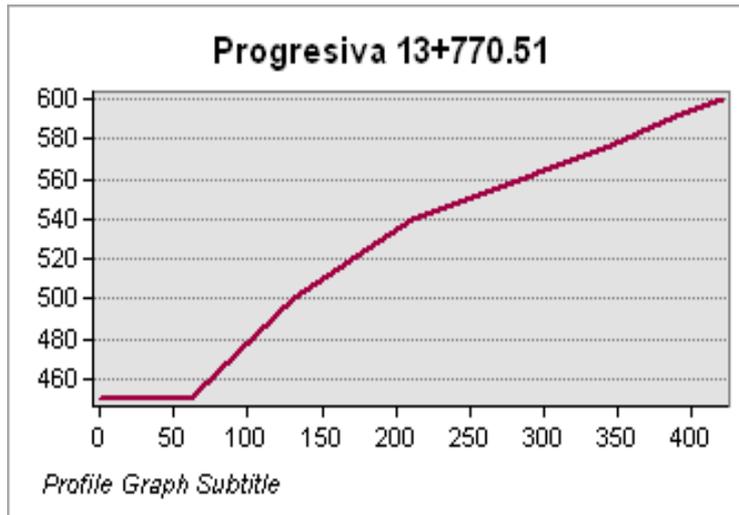


Figura 118. Perfil del terreno en progresiva 13+770.51

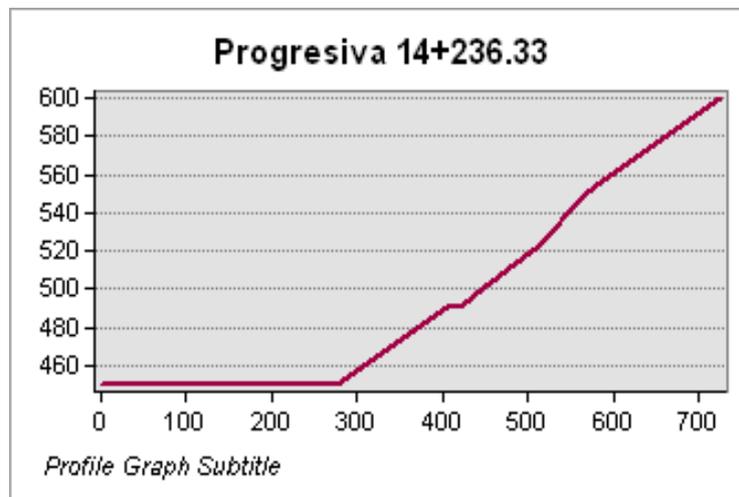


Figura 119. Perfil del terreno en progresiva 14+236.33

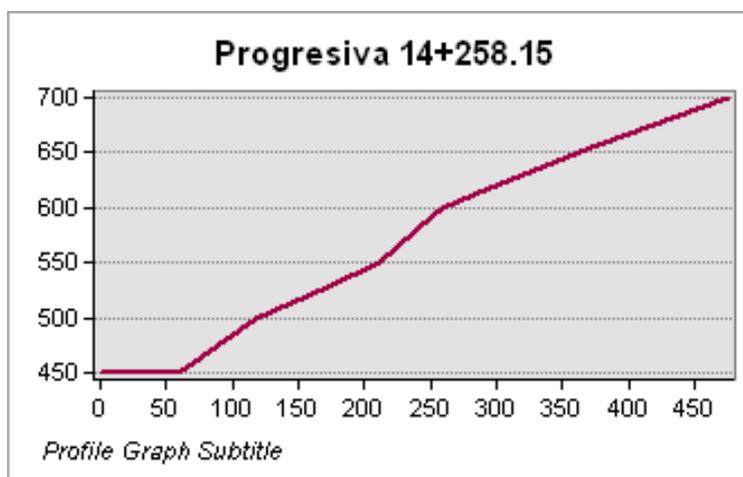


Figura 120. Perfil del terreno en progresiva 14+258.15

3.2.2. Margen izquierda:

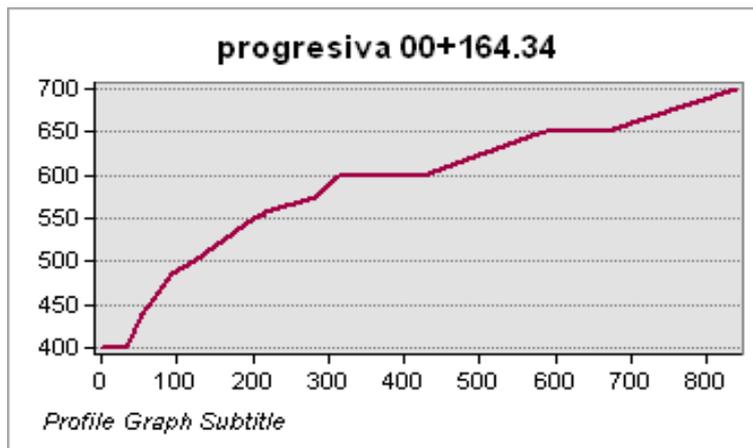


Figura 121. Perfil del terreno en progresiva 00+164.34

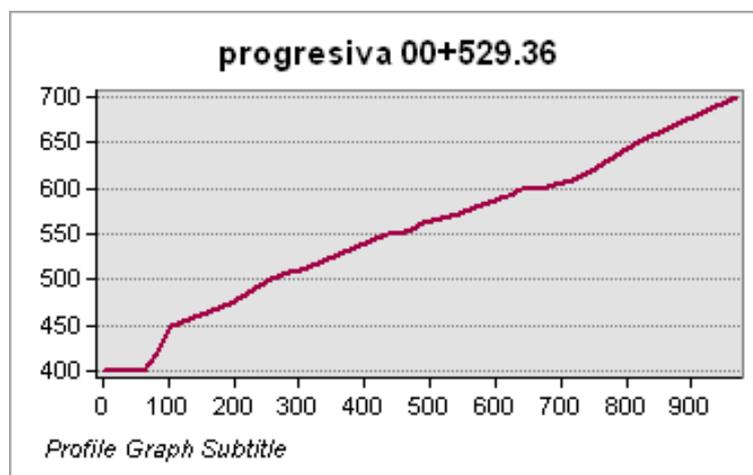


Figura 122. Perfil del terreno en progresiva 00+529.36

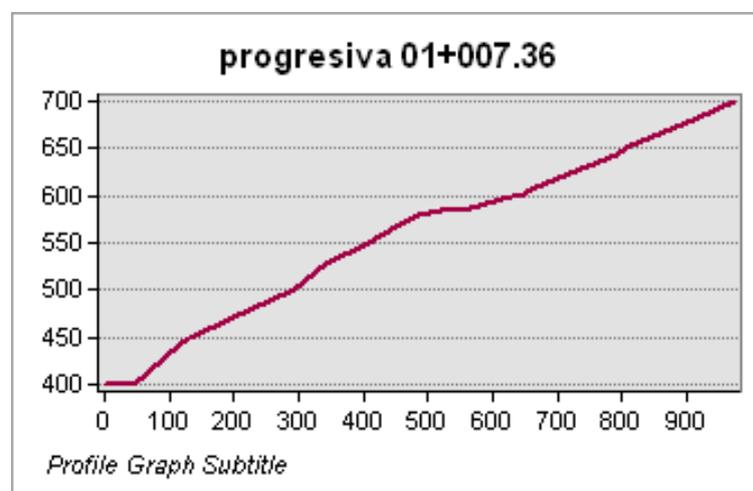


Figura 123. Perfil del terreno en progresiva 01+007.36

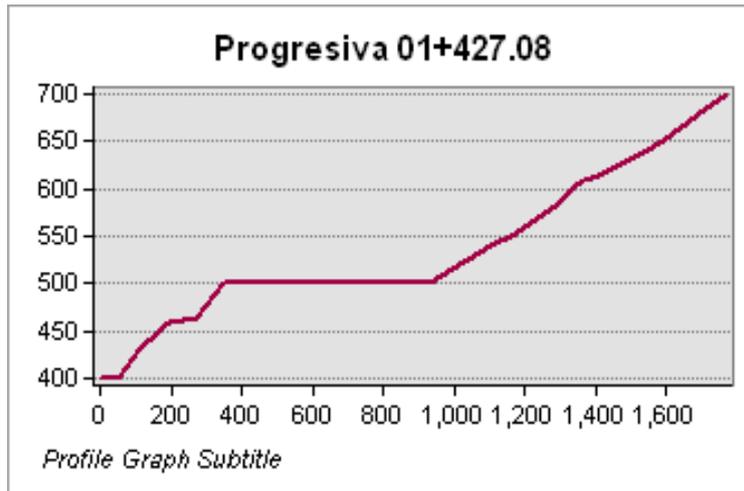


Figura 124. Perfil del terreno en progresiva 01+427.08

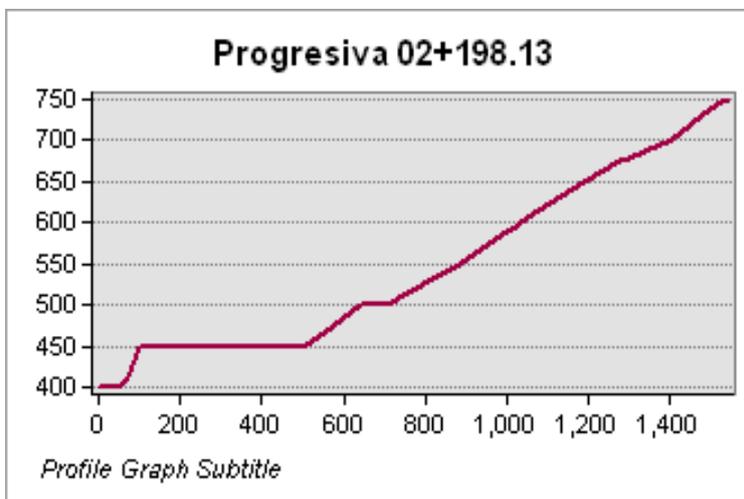


Figura 125. Perfil del terreno en progresiva 02+198.13

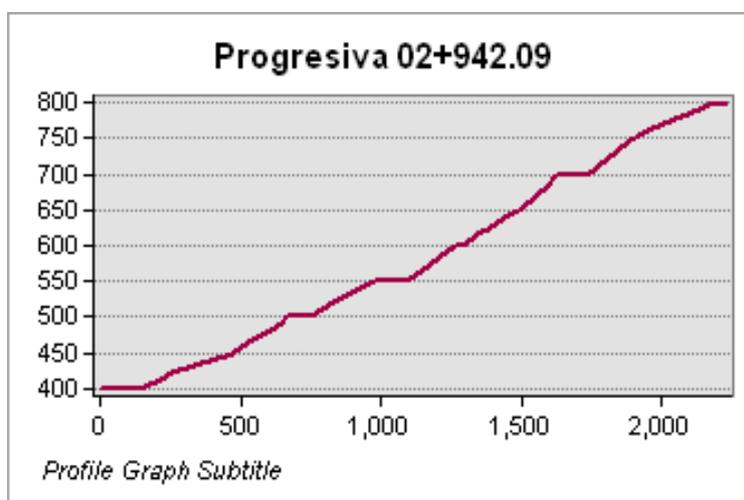


Figura 126. Perfil del terreno en progresiva 02+942.09

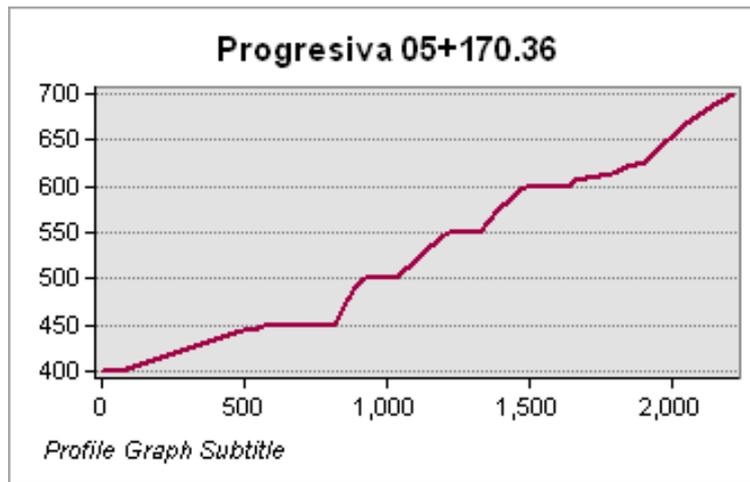


Figura 127. Perfil del terreno en progresiva 05+170.36

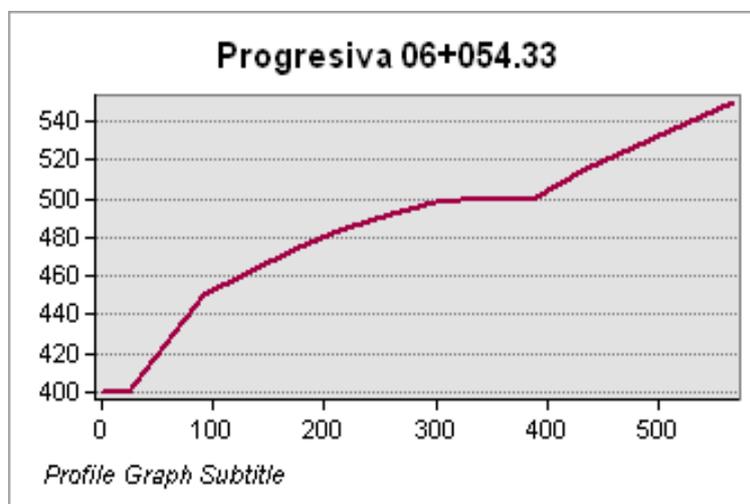


Figura 128. Perfil del terreno en progresiva 06+054.33

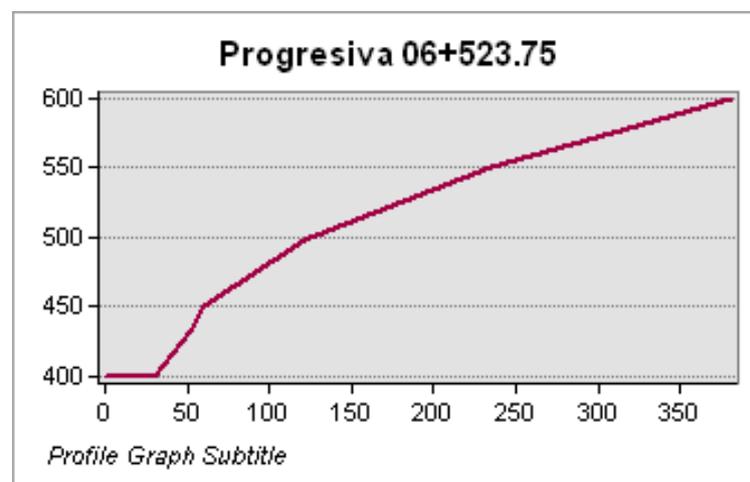


Figura 129. Perfil del terreno en progresiva 06+054.33

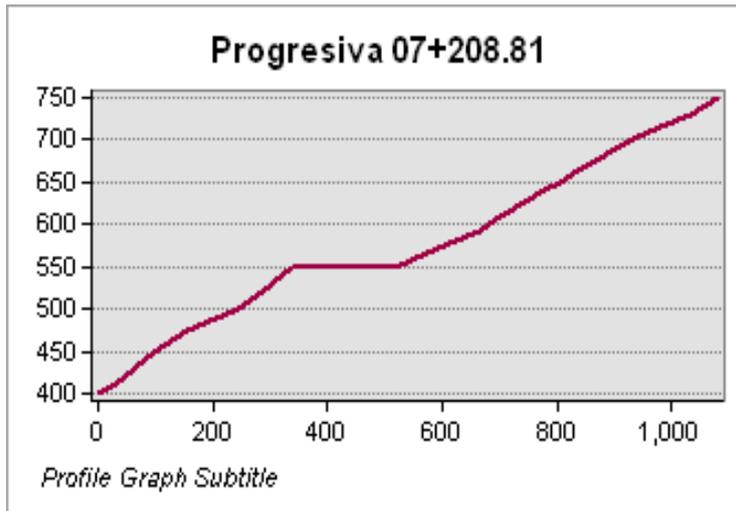


Figura 130. Perfil del terreno en progresiva 07+208.81

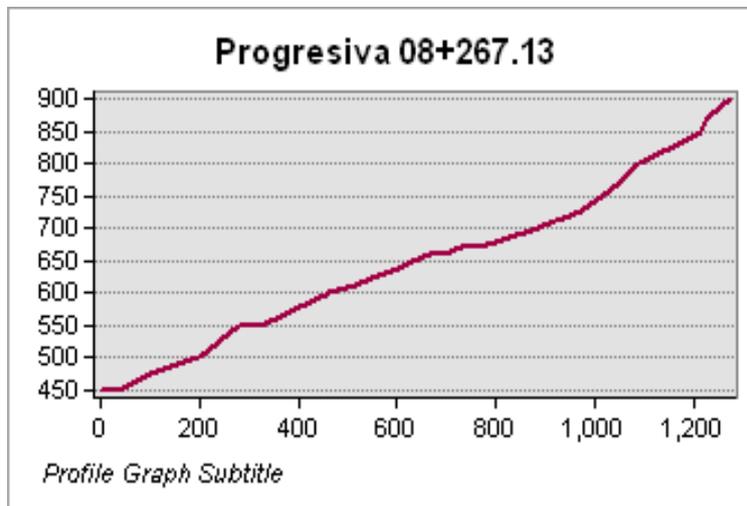


Figura 131. Perfil del terreno en progresiva 08+267.13

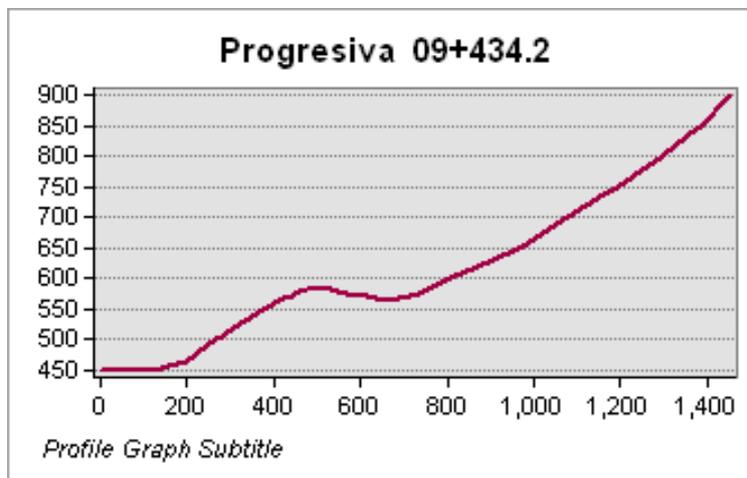


Figura 132. Perfil del terreno en progresiva 09+434.20

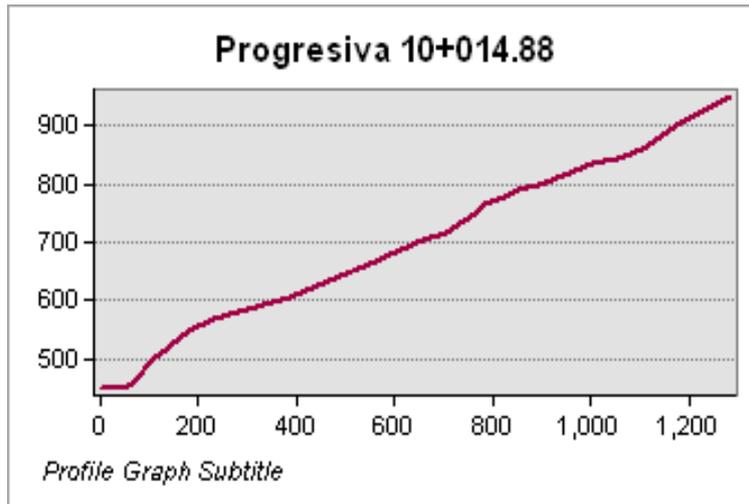


Figura 133. Perfil del terreno en progresiva 10+014.88

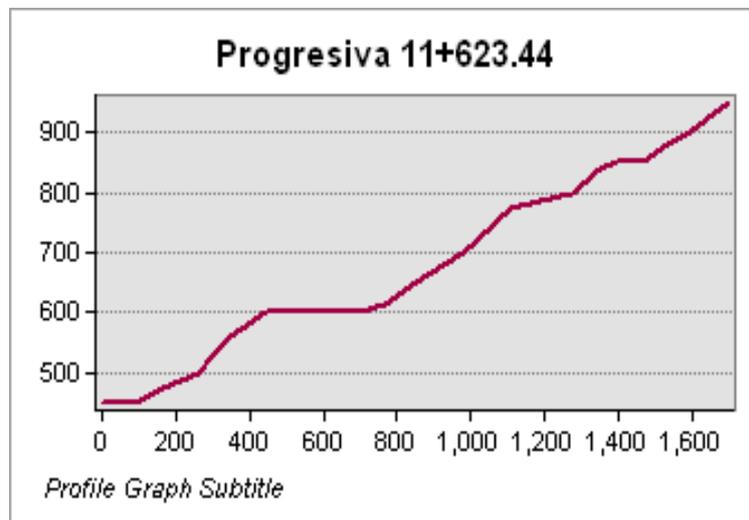


Figura 134. Perfil del terreno en progresiva 11+623.44

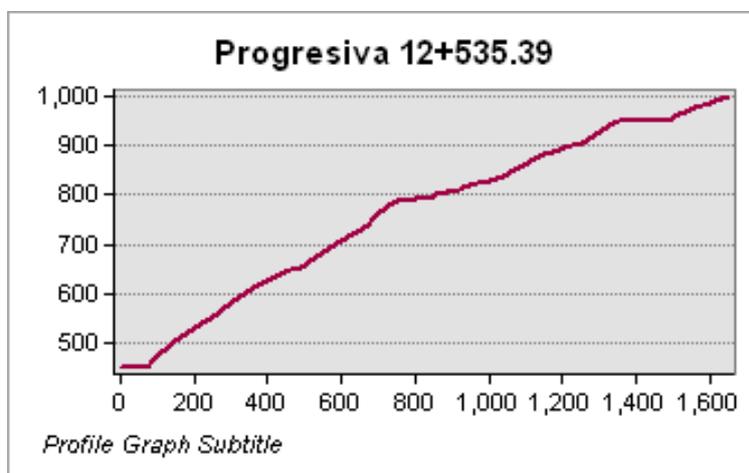


Figura 135. Perfil del terreno en progresiva 12+535.39

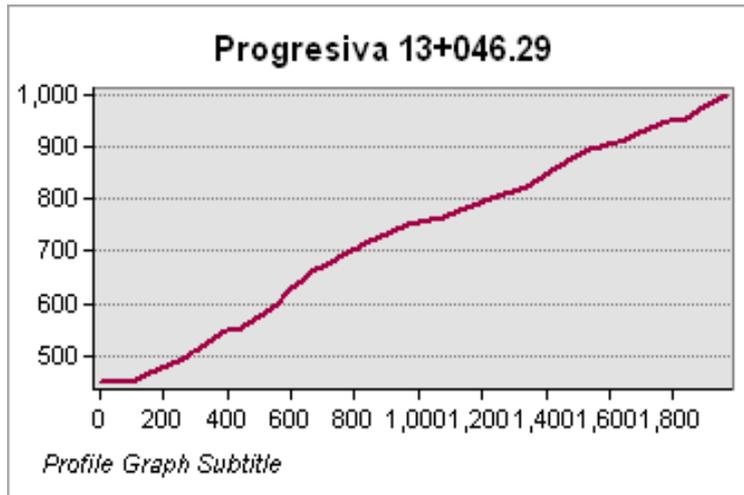


Figura 136. Perfil del terreno en progresiva 13+046.29

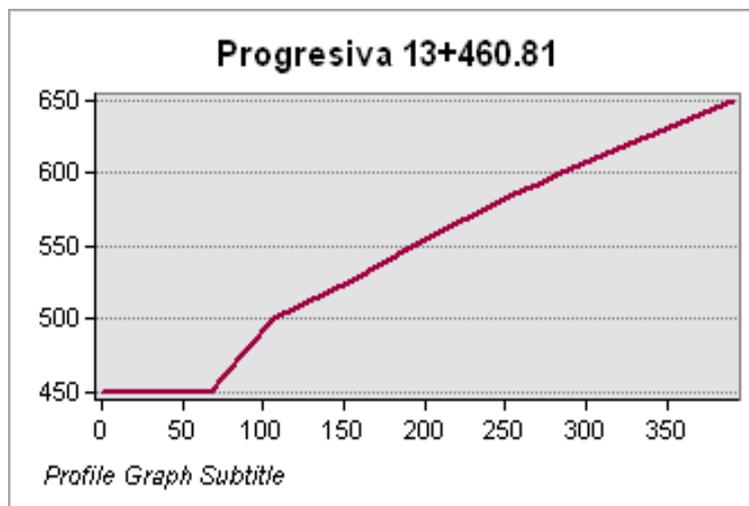


Figura 137. Perfil del terreno en progresiva 13+460.81

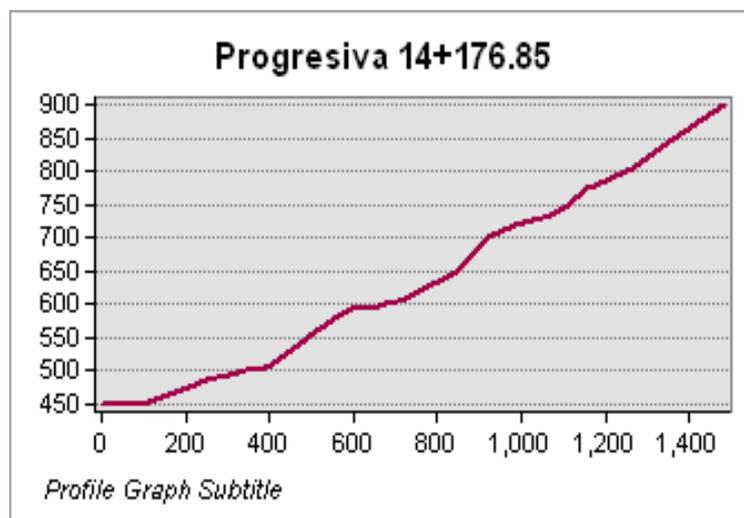


Figura 138. Perfil del terreno en progresiva 14+176.85

3.3. Modelamiento en el software Slide 5.0 las probabilidades de falla de cada talud por márgenes.

3.3.1. Margen derecha:

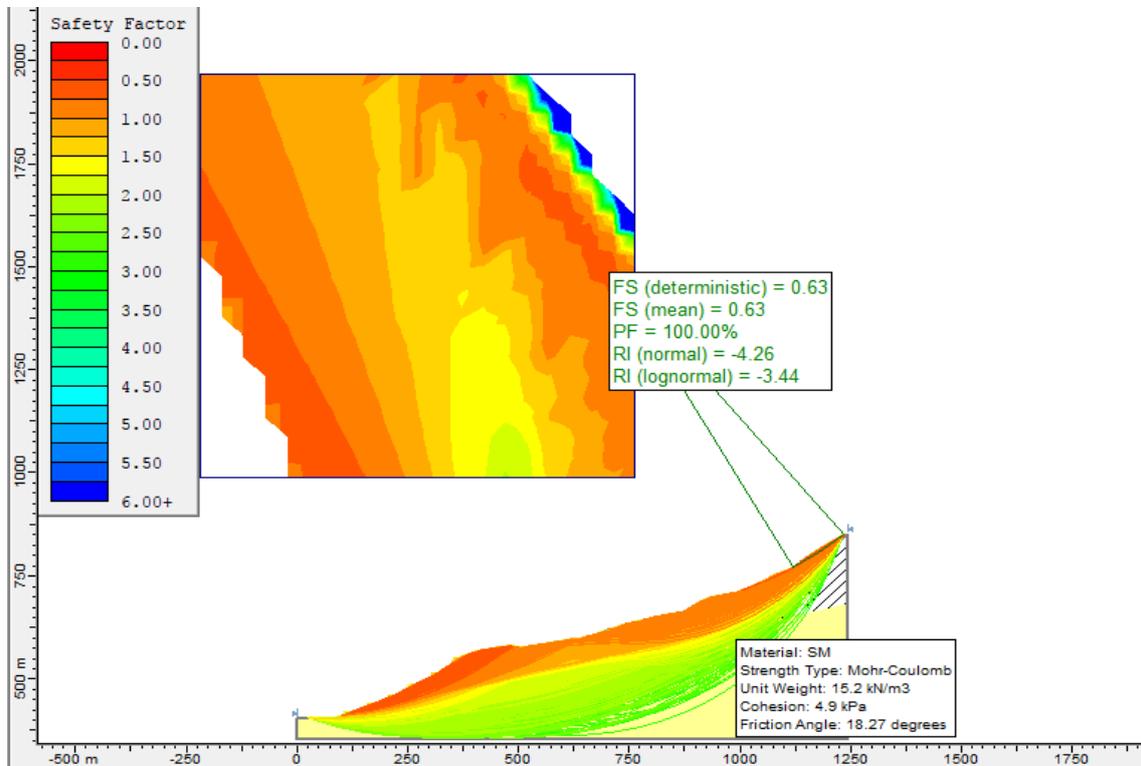


Figura 139. Probabilidad de falla en la progresiva: 00+00.00

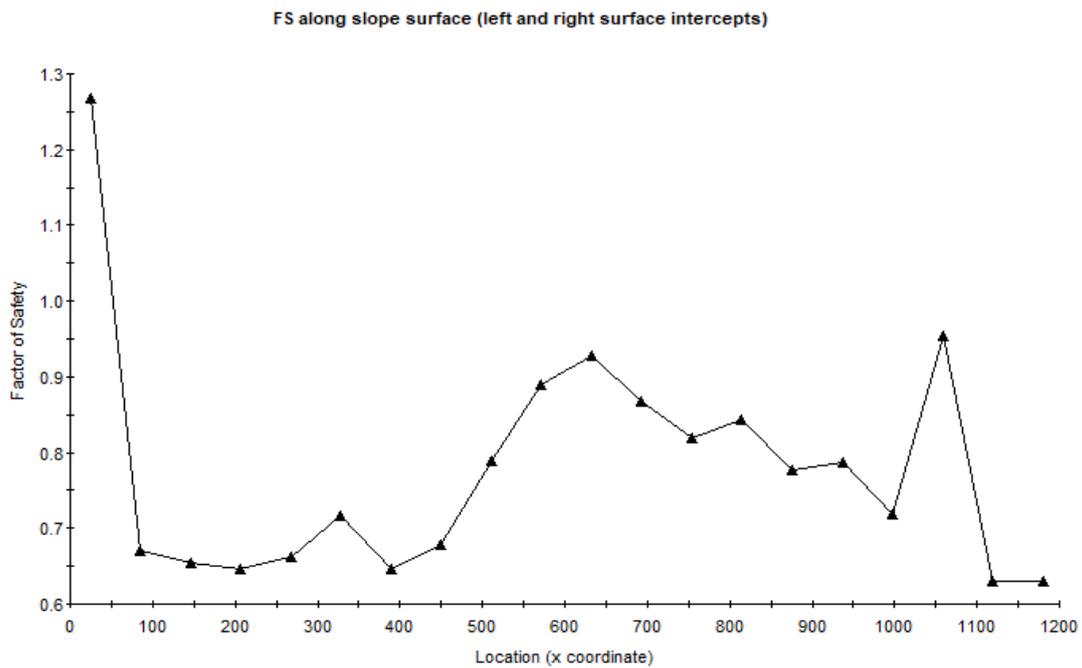


Figura 140. FS según su distancia en la progresiva: 00+00.00

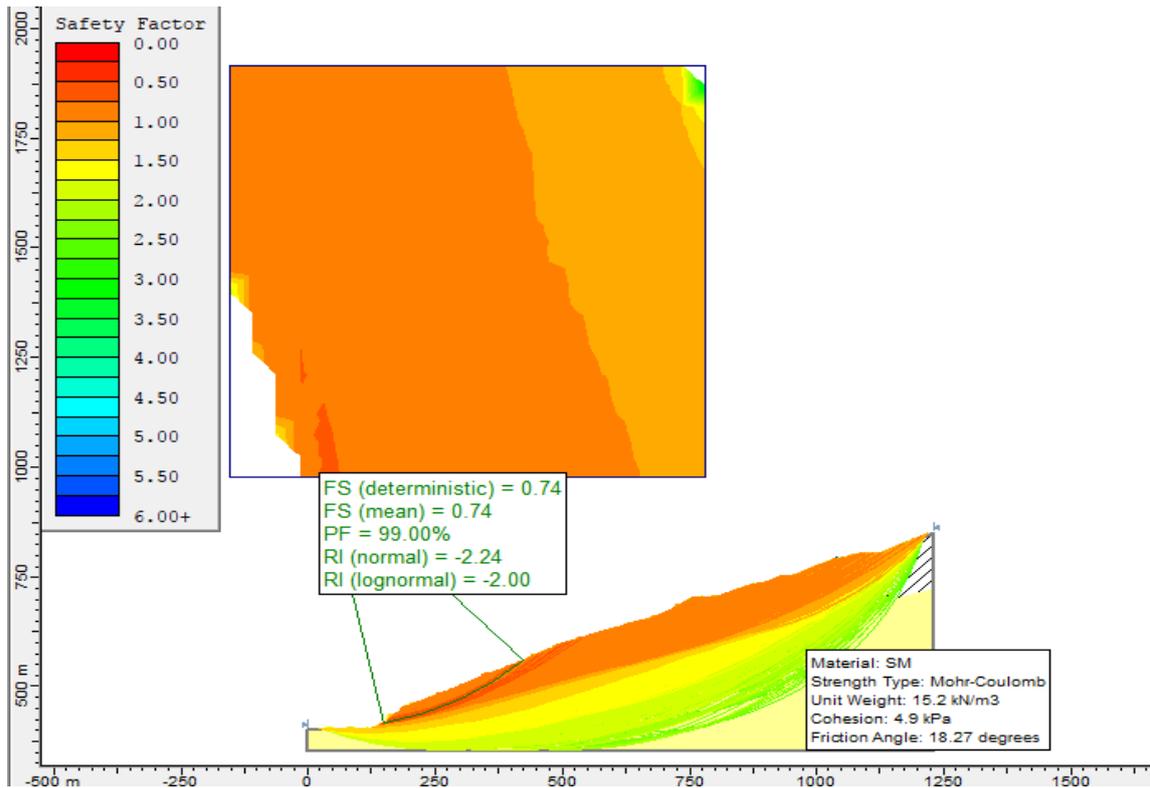


Figura 141. Probabilidad de falla en la progresiva: 00+526.80

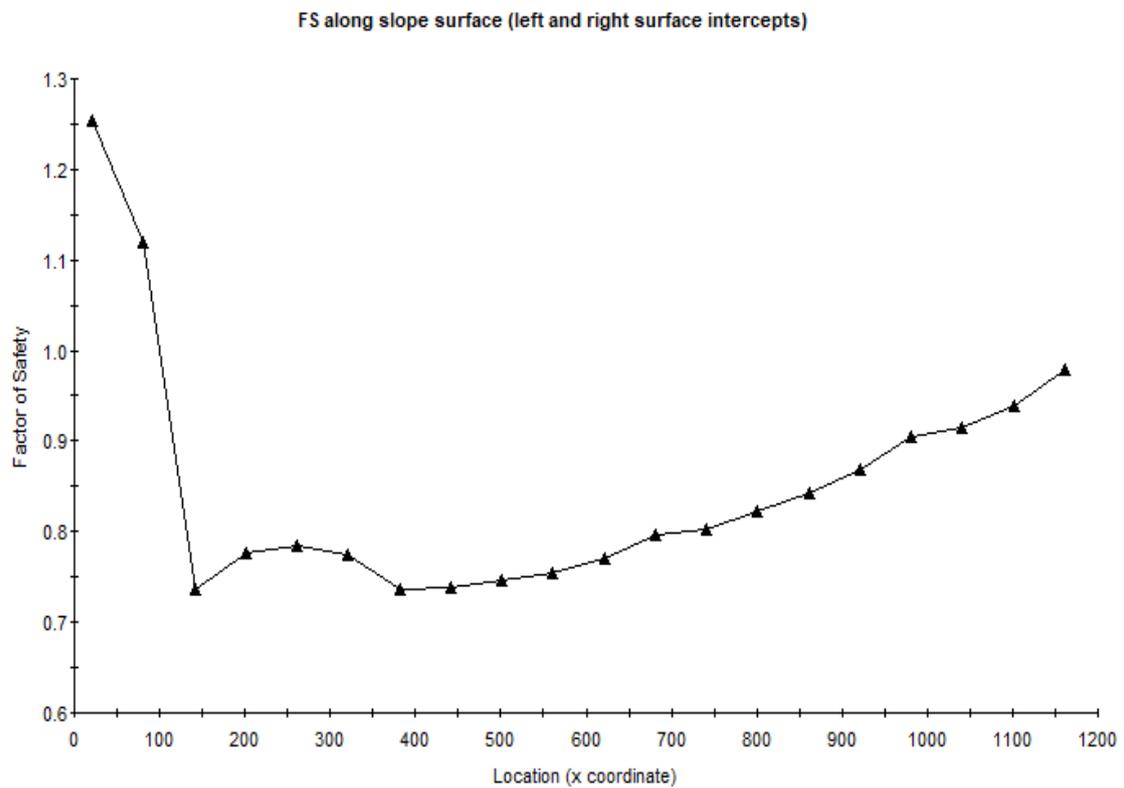


Figura 142. FS según su distancia en la progresiva: 00+526.80

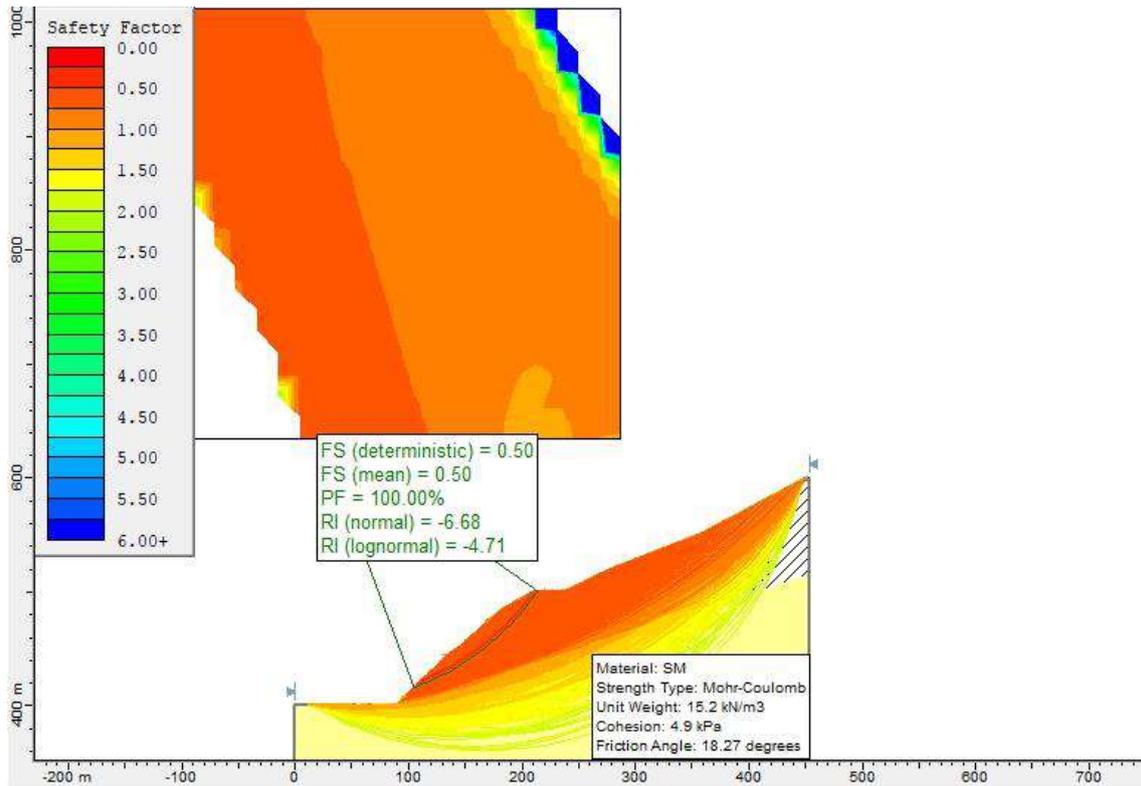


Figura 143. Probabilidad de falla en la progresiva: 00+632.90

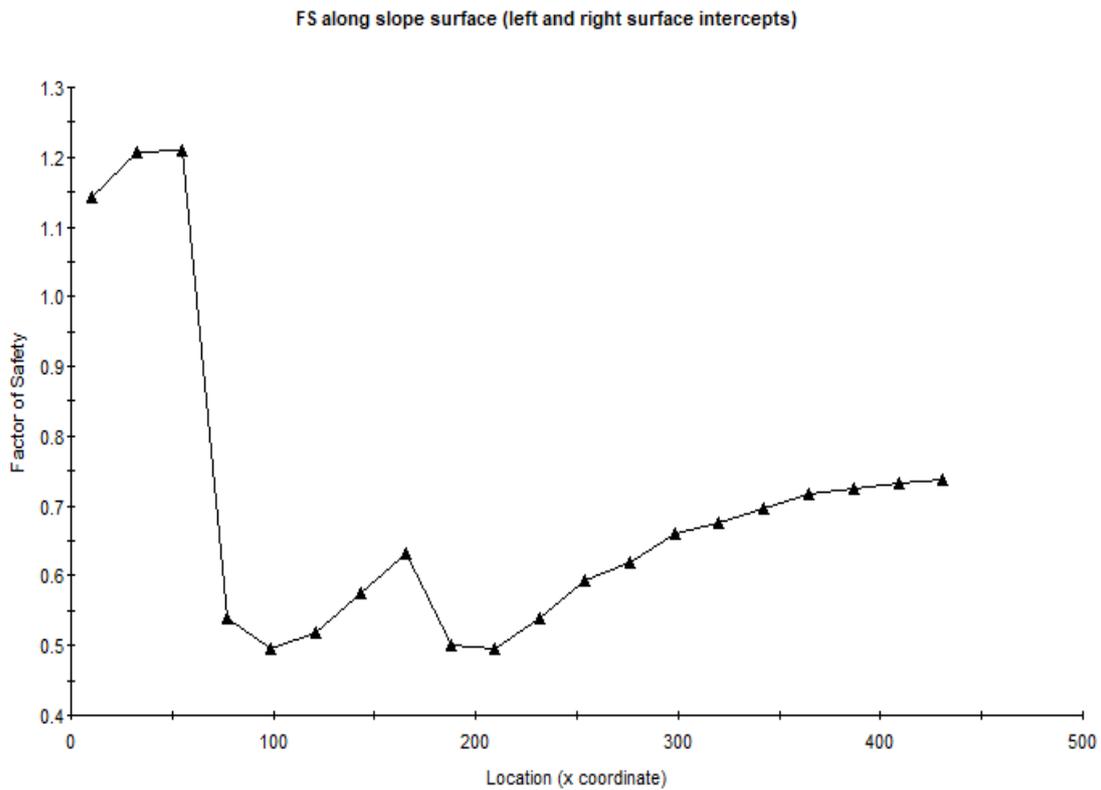


Figura 144. FS según distancia en la progresiva 00+632.90

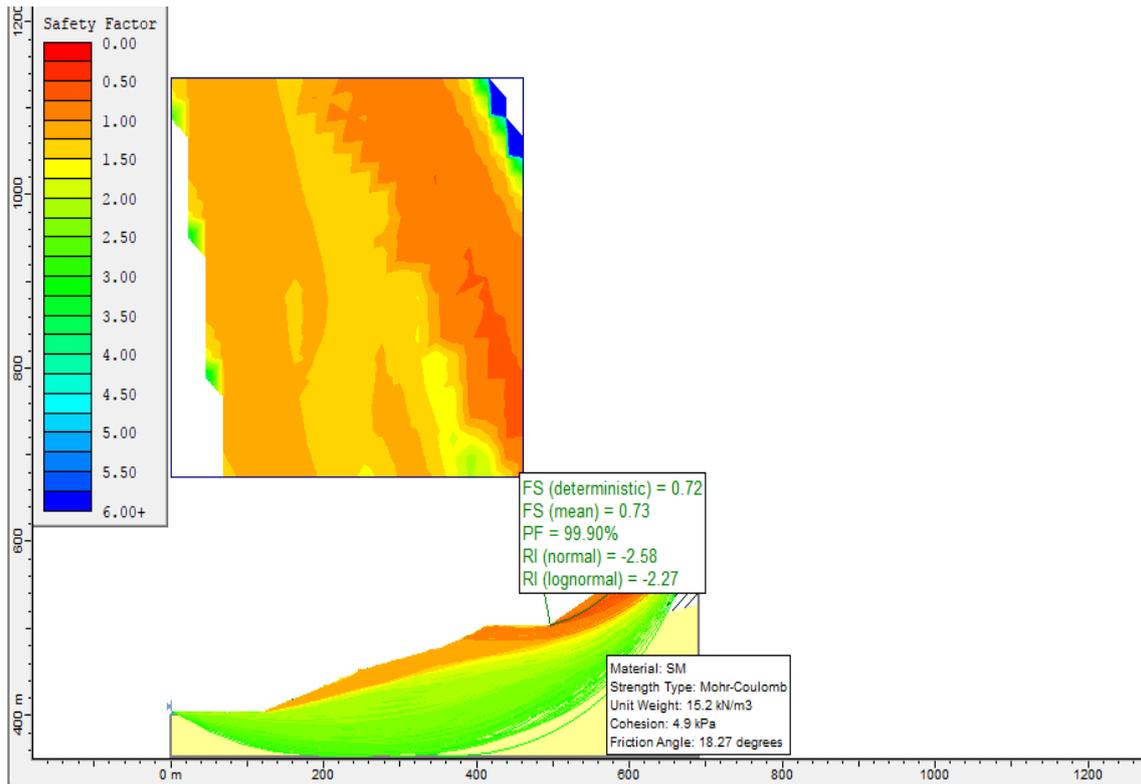


Figura 145. Probabilidad de falla en la progresiva: 01+167.70

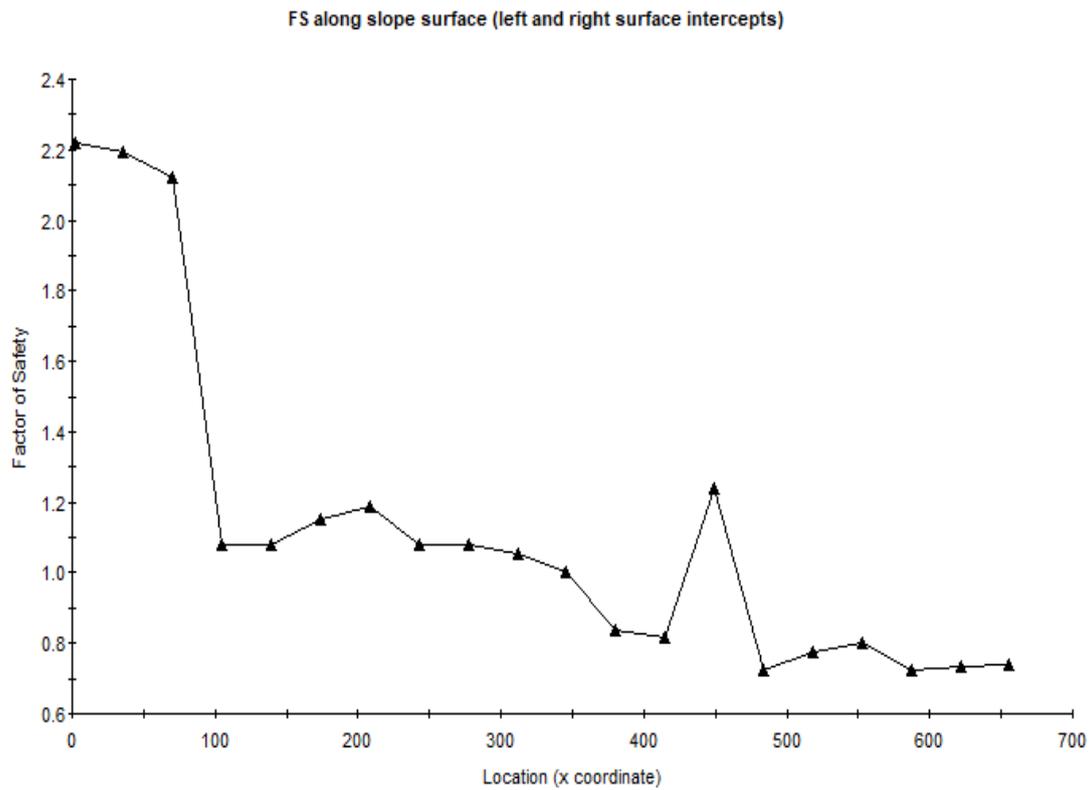


Figura 146. FS según la distancia en la progresiva :01+167.70

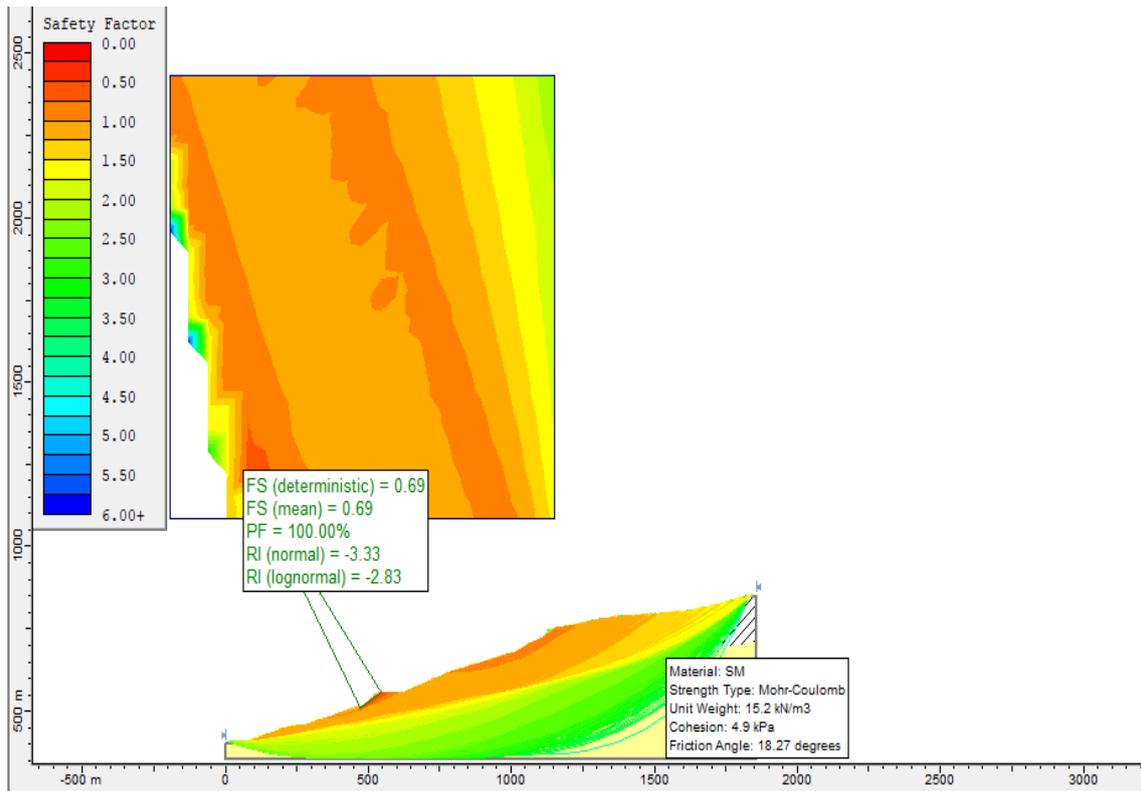


Figura 147. Probabilidad de falla en la progresiva: 01+968.70

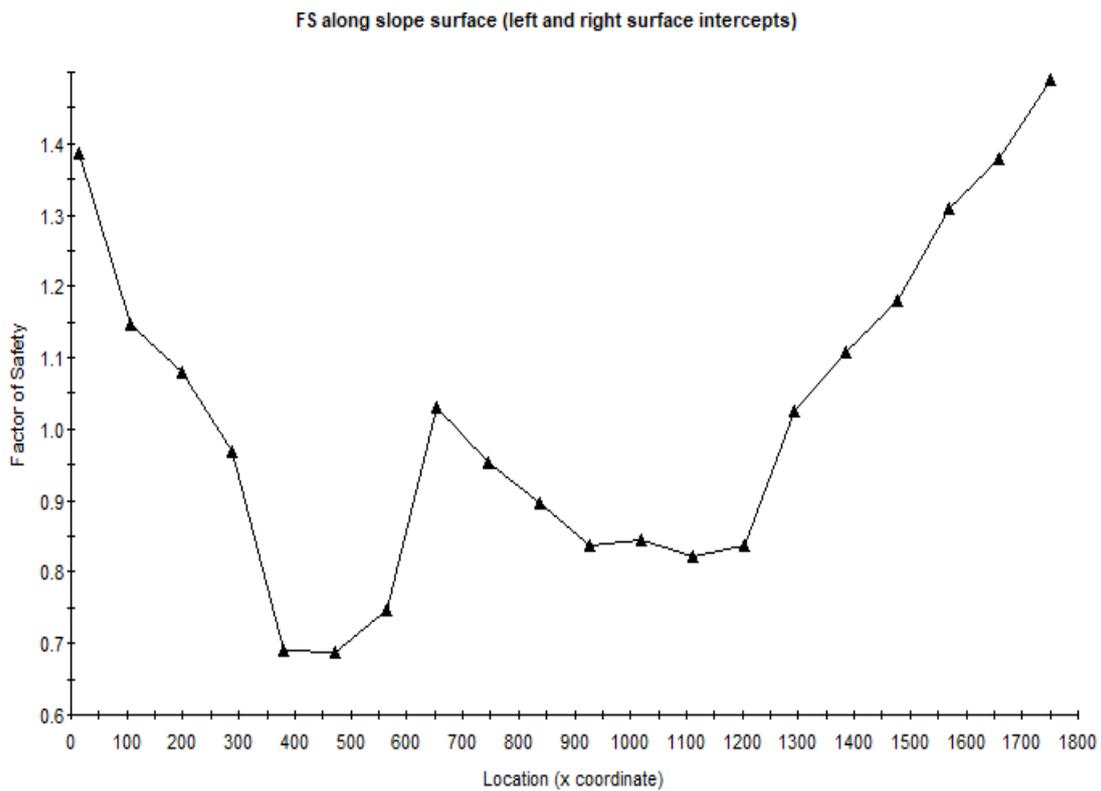


Figura 148. FS según distancia en la progresiva: 01+968.70

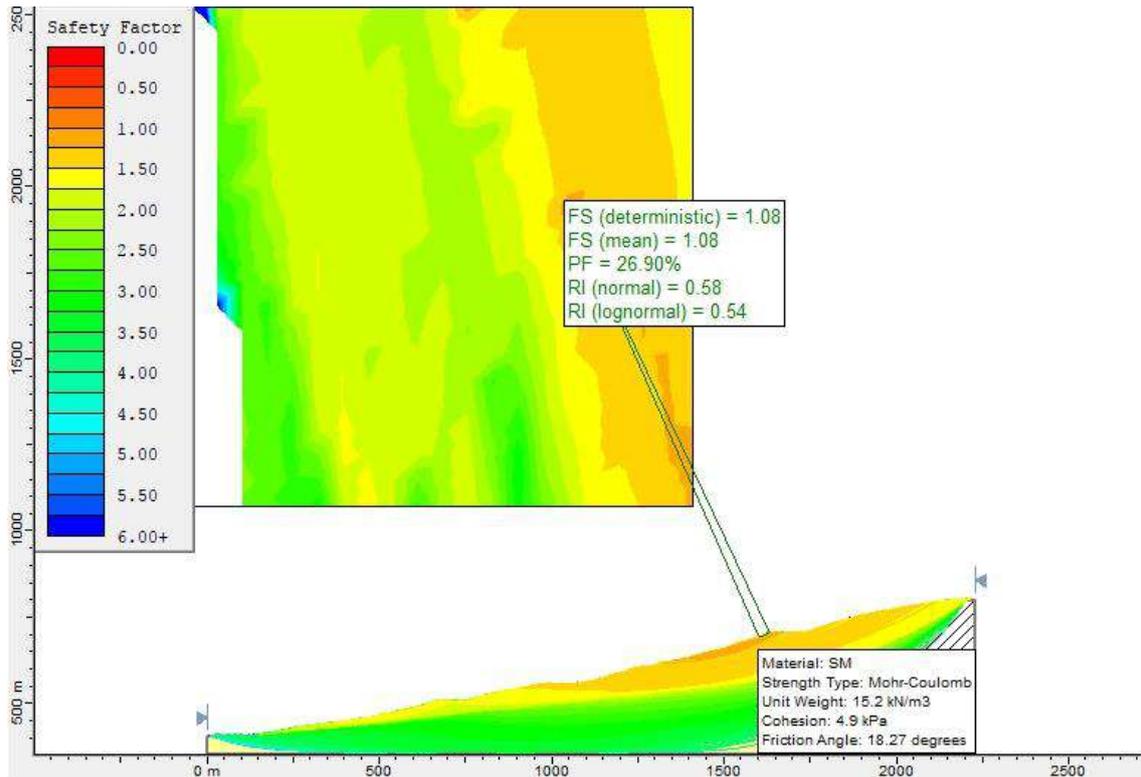


Figura 149. Probabilidad de falla en la progresiva: 02+734.10

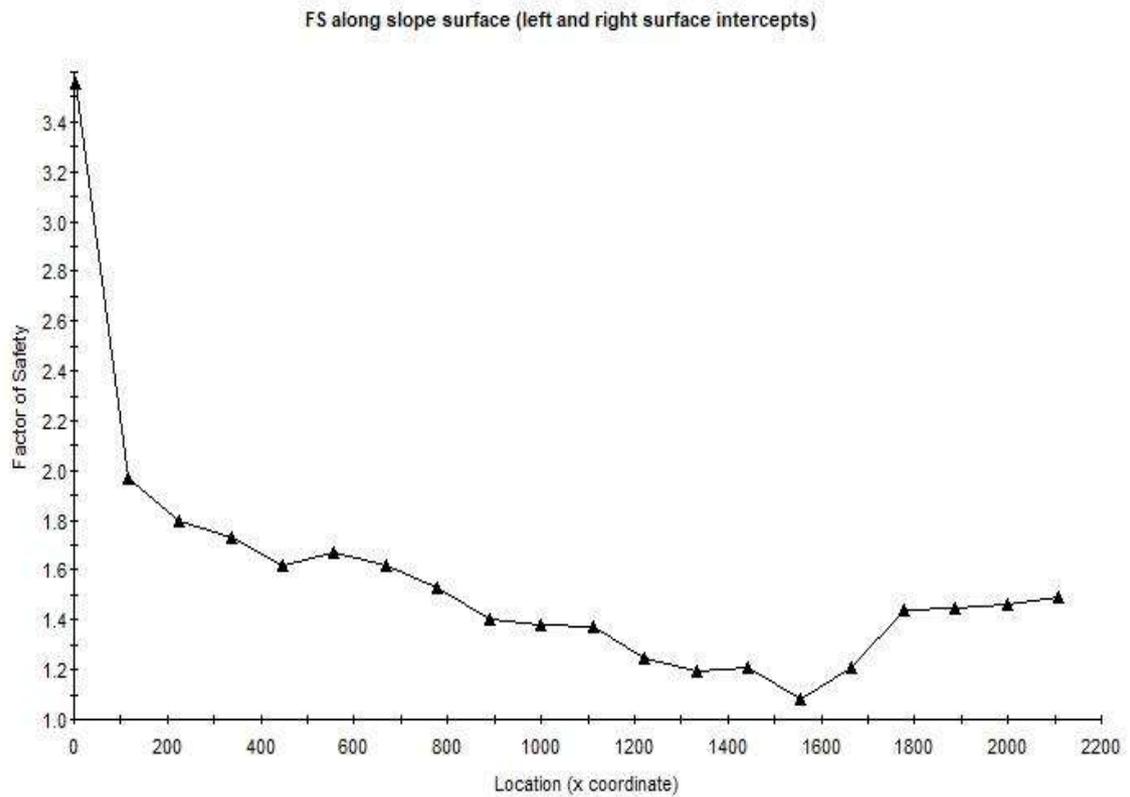


Figura 150. FS según distancia en la progresiva: 02+734.10

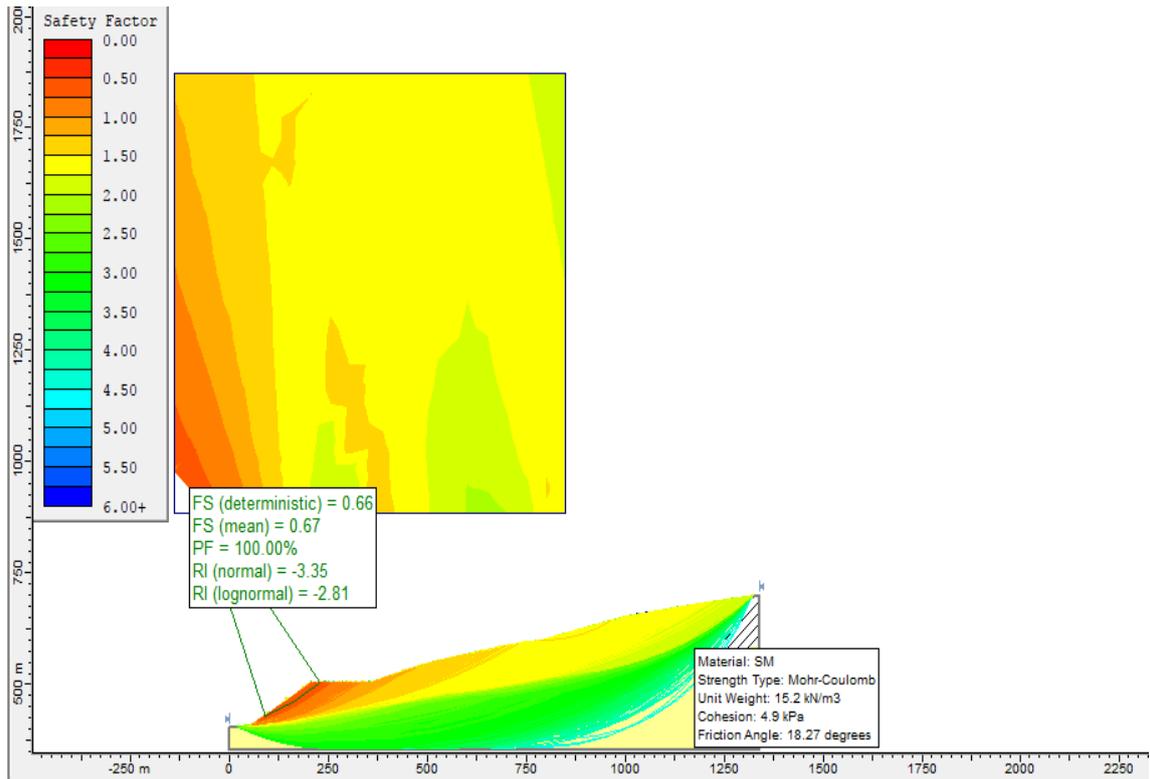


Figura 151. Probabilidad de falla en la progresiva: 04+595.20

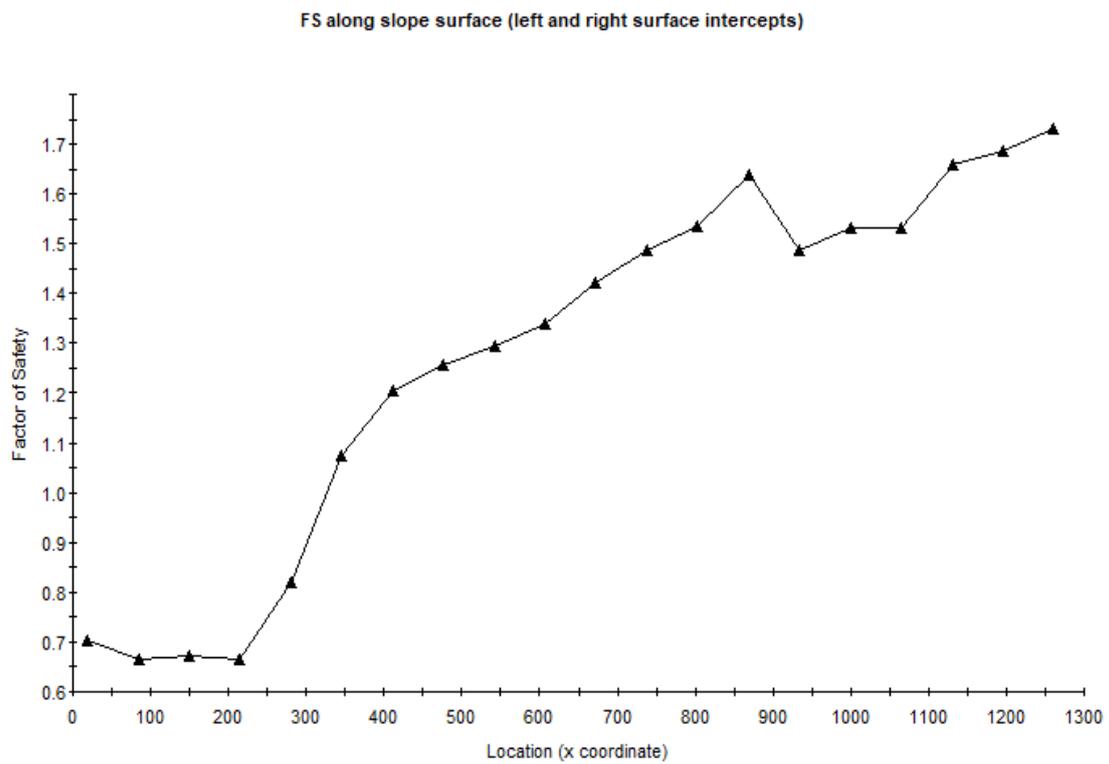


Figura 152. FS según distancia en la progresiva: 04+595.20

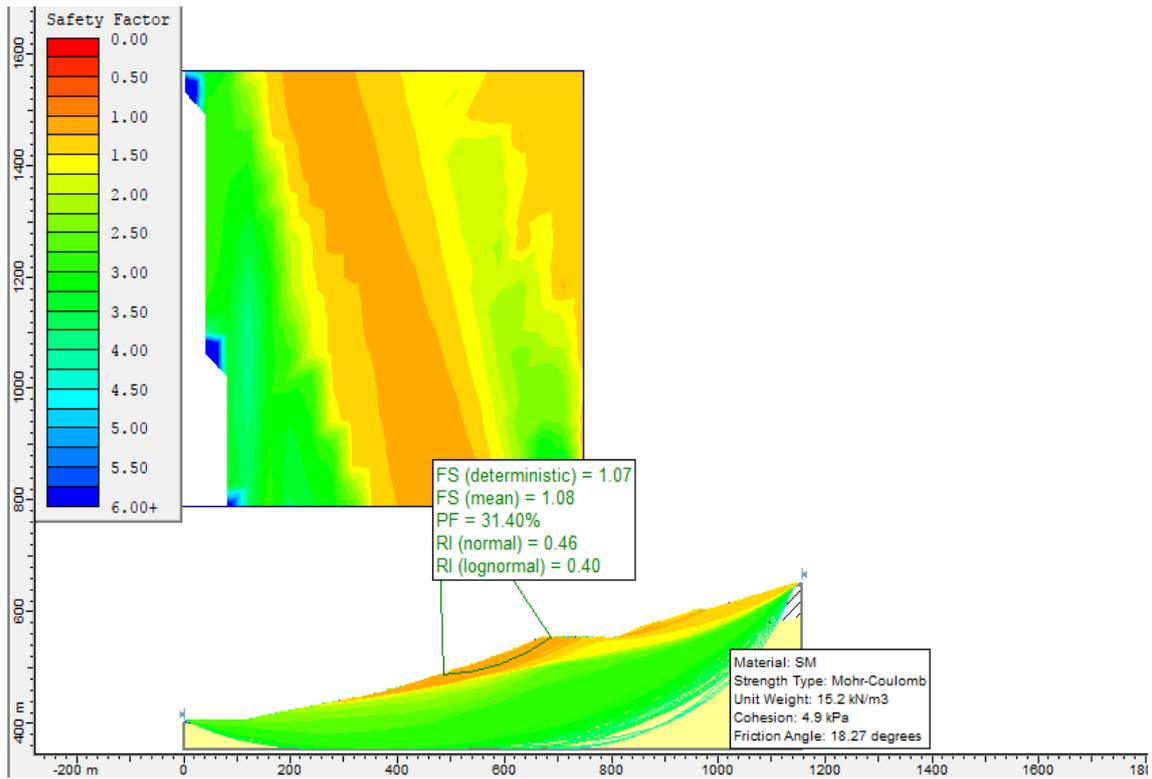


Figura 153. Probabilidad de falla en la progresiva: 04+729.30

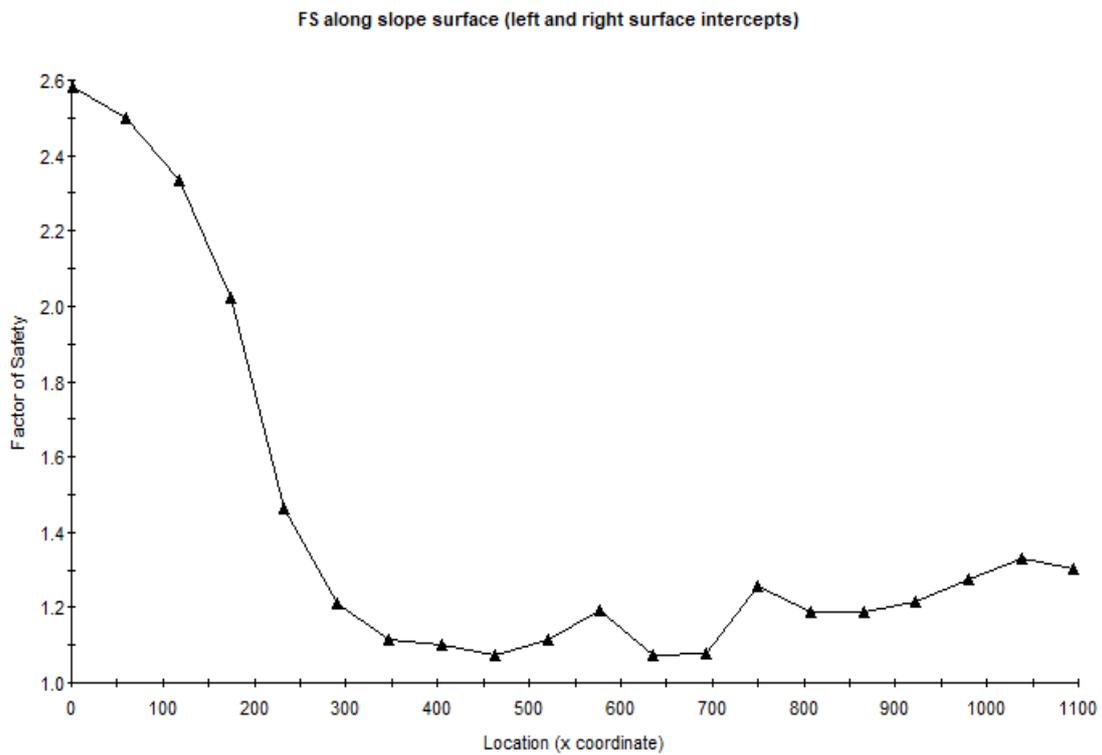


Figura 154. FS según distancia en la progresiva: 04+729.30

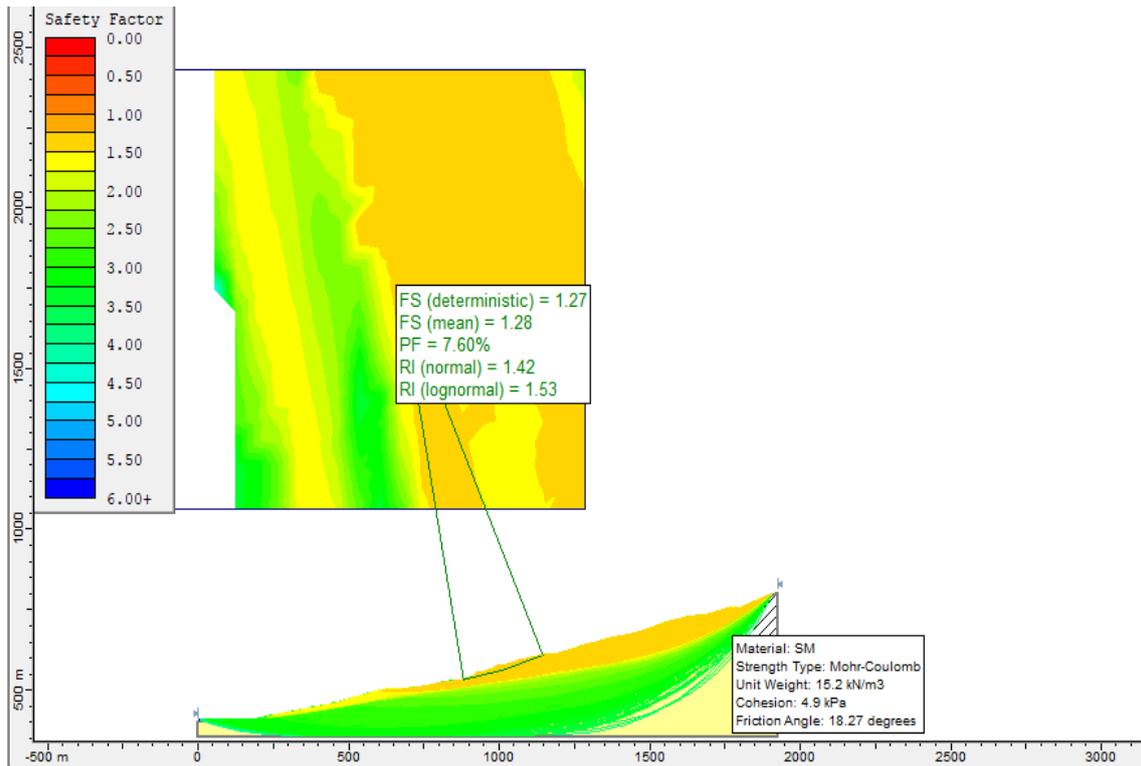


Figura 155. Probabilidad de falla en la progresiva: 04+923.30

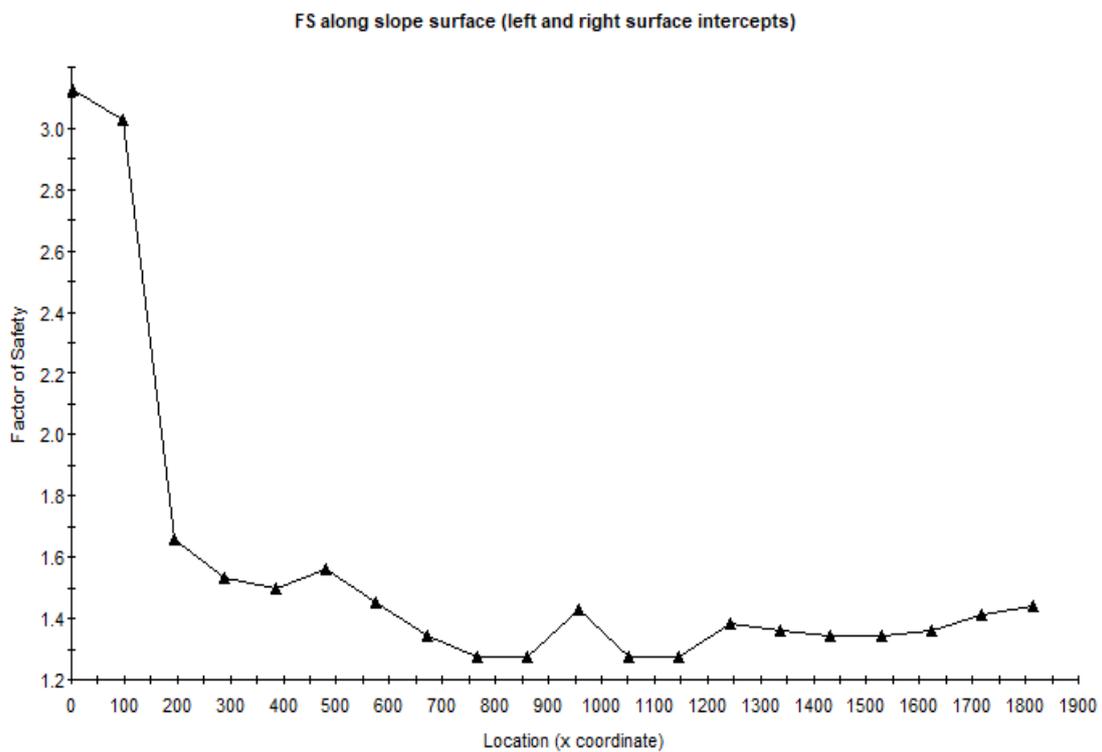


Figura 156. FS según distancia en la progresiva: 04+923.30

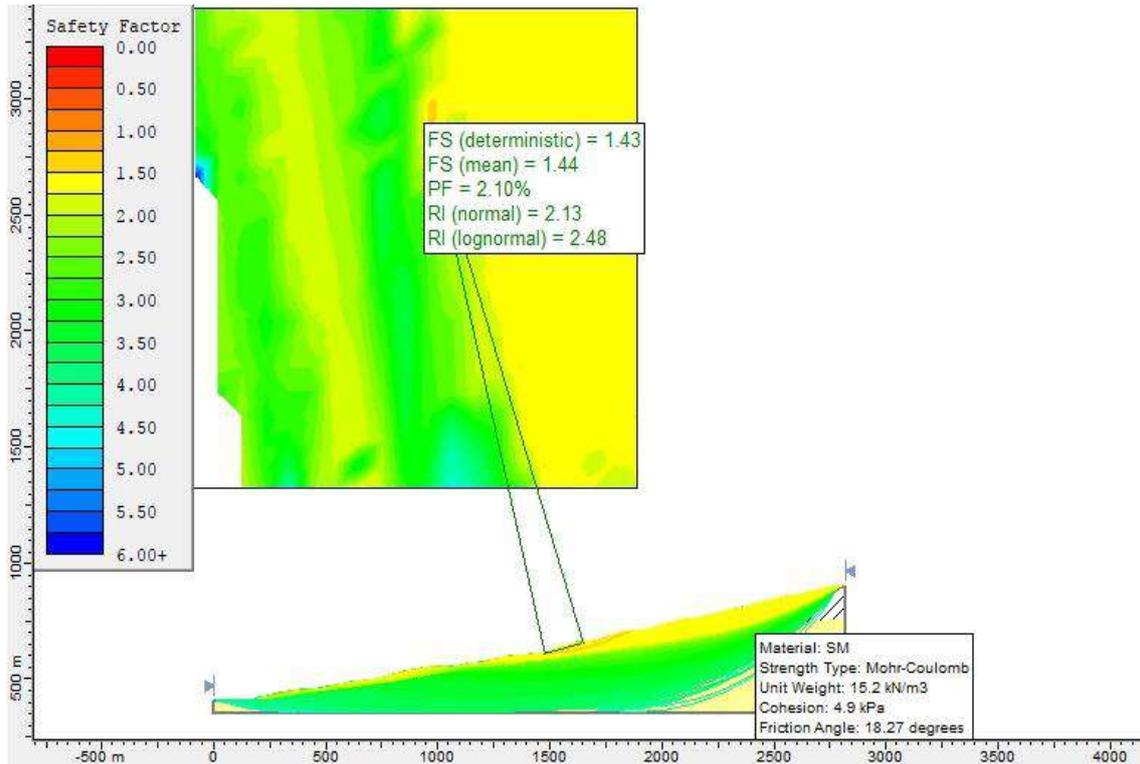


Figura 157. Probabilidad de falla en la progresiva: 05+653.40

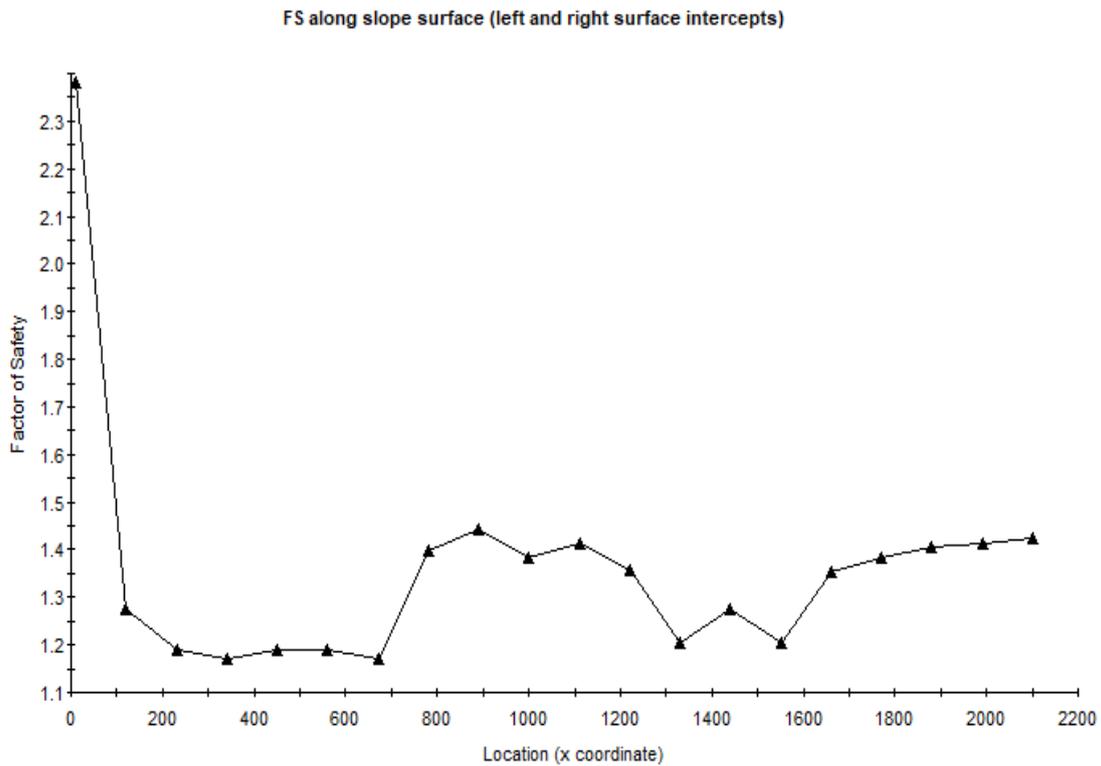


Figura 158. FS según distancia en la progresiva: 05+653.40

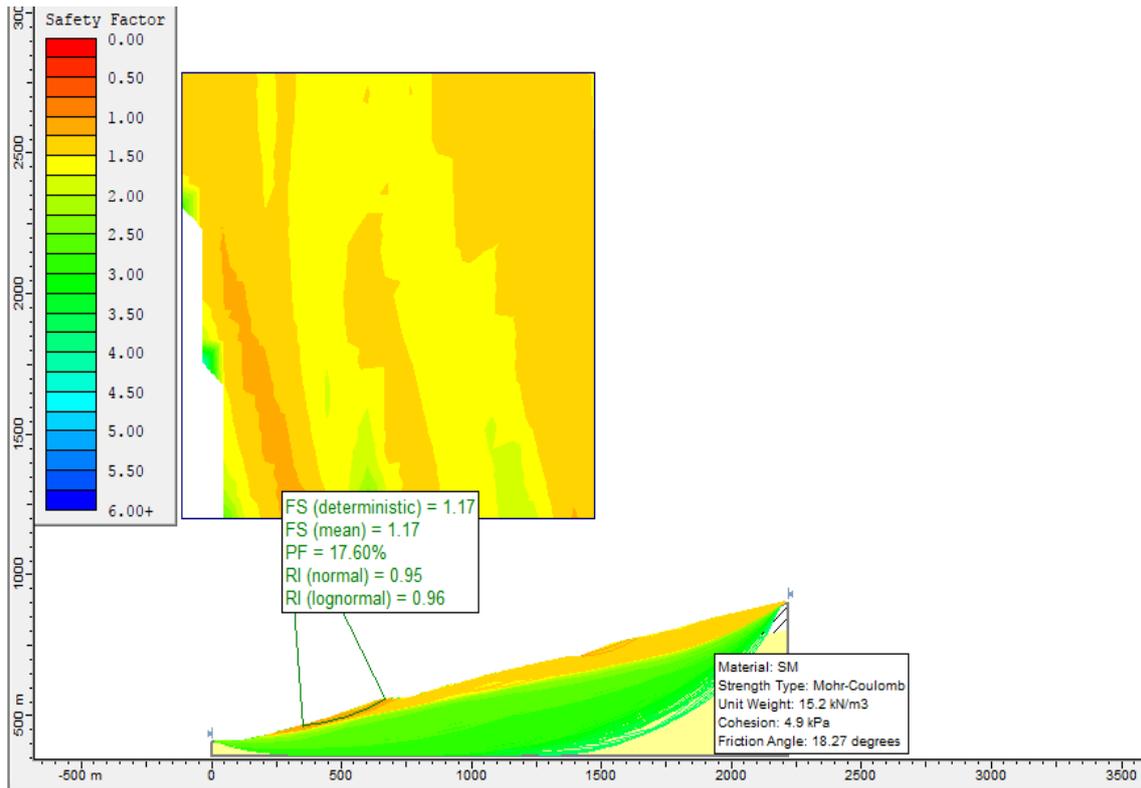


Figura 159. Probabilidad de falla en la progresiva: 06+491.50

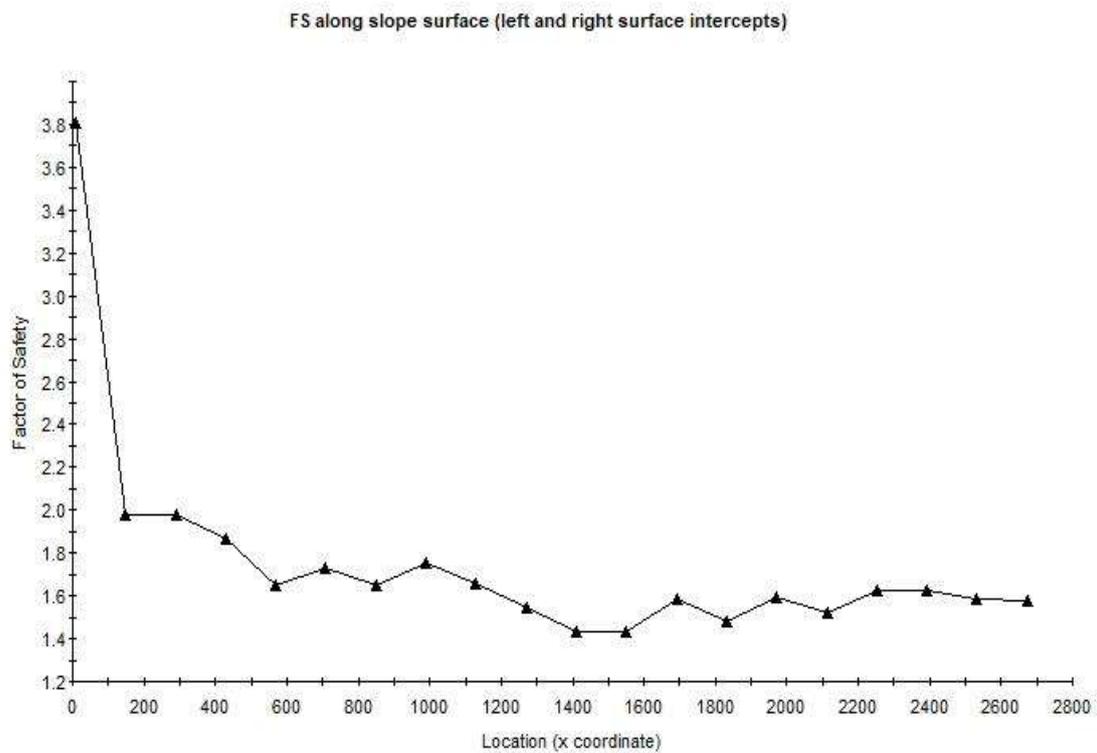


Figura 160. FS según distancia en la progresiva: 05+653.40

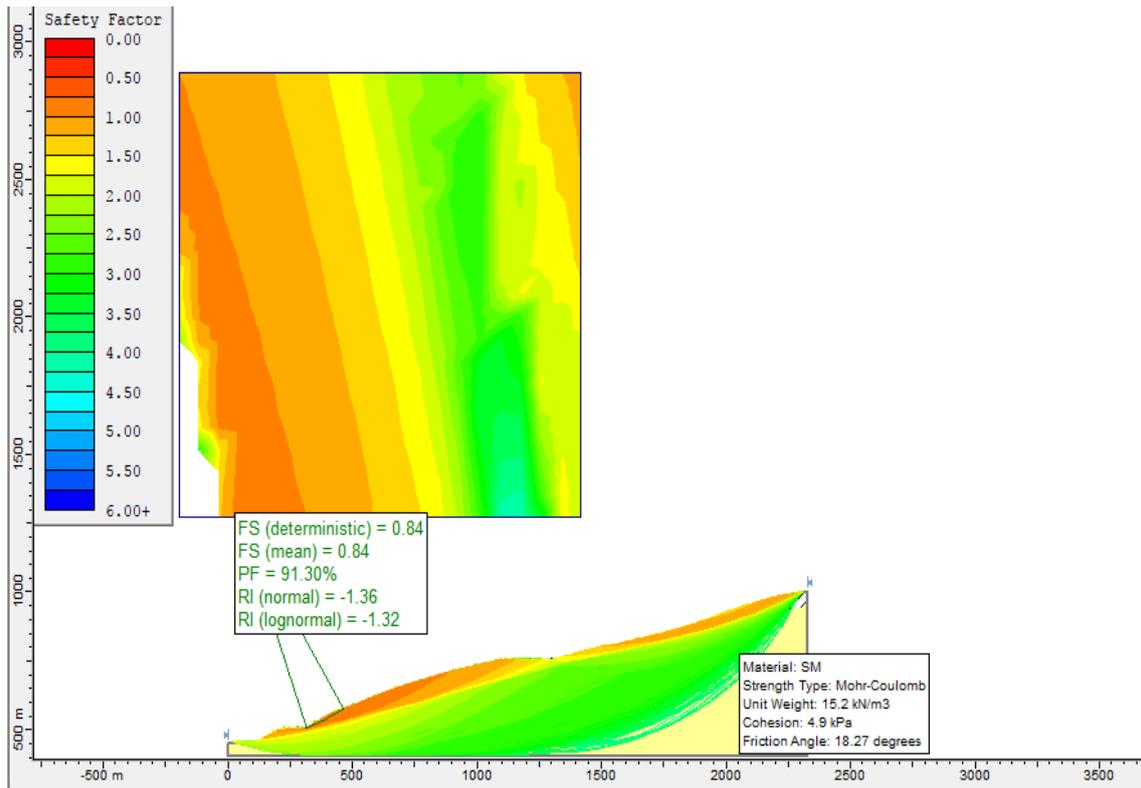


Figura 161. Probabilidad de falla en la progresiva: 07+895.70

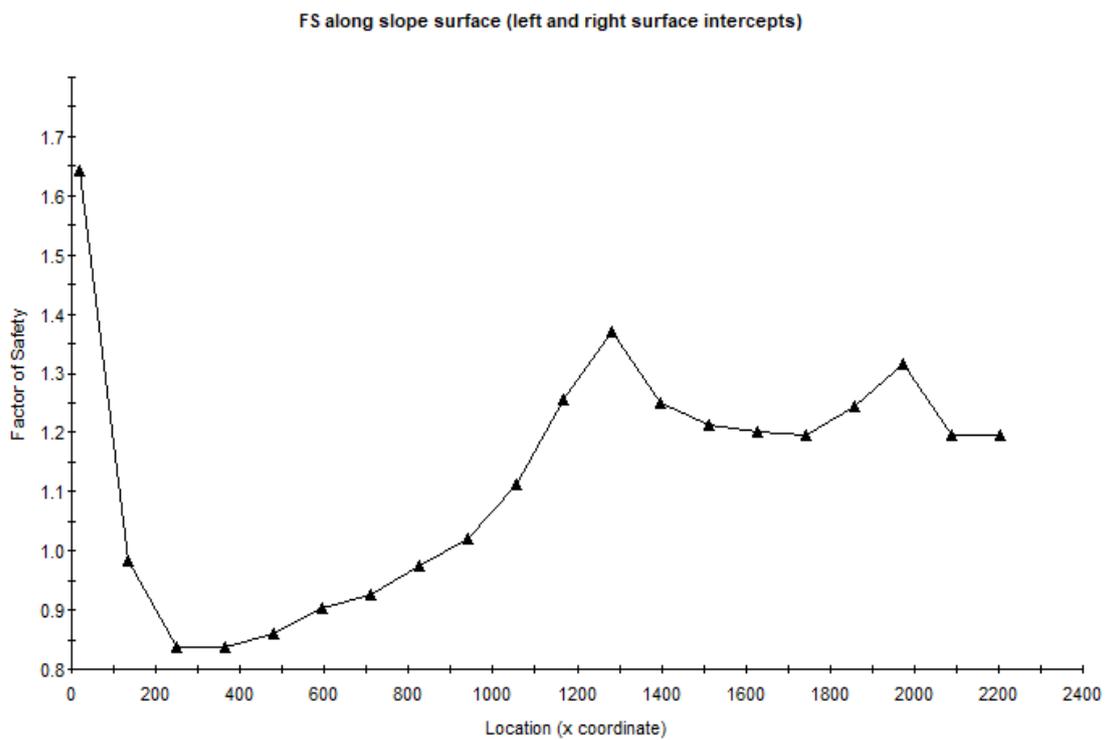


Figura 162. FS según distancia en la progresiva: 07+895.70

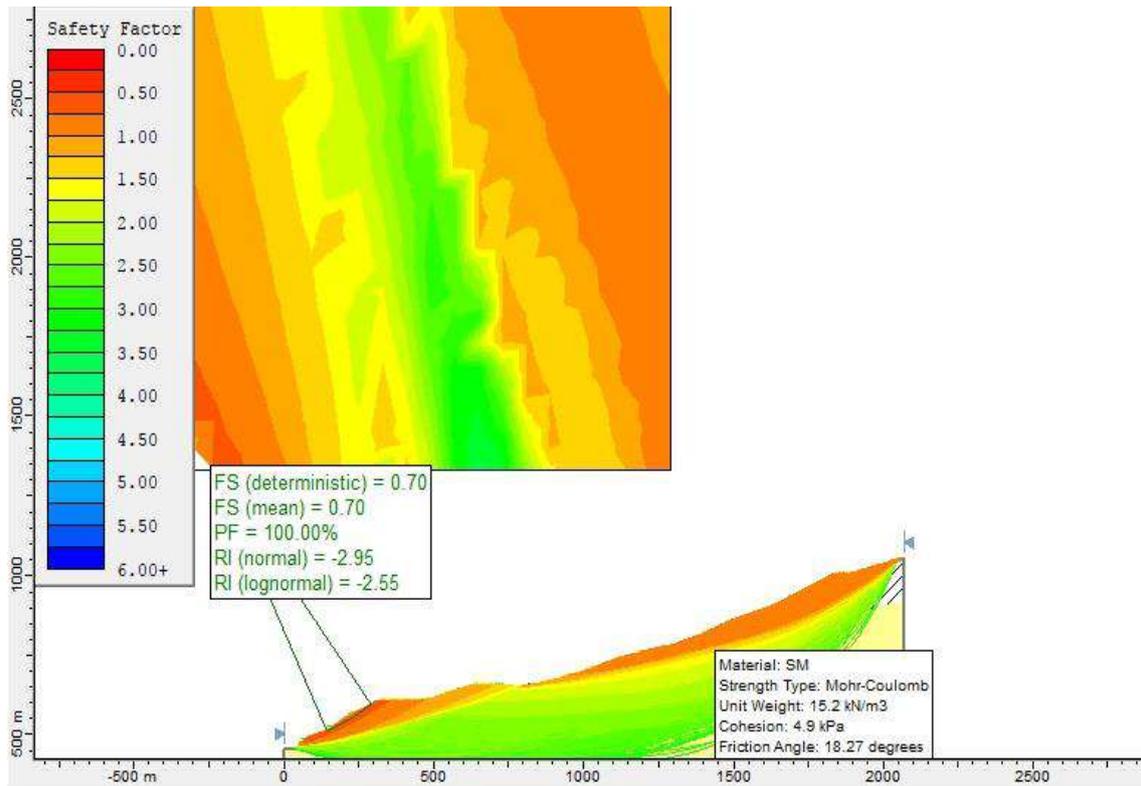


Figura 163. Probabilidad de falla en la progresiva:09+032.00

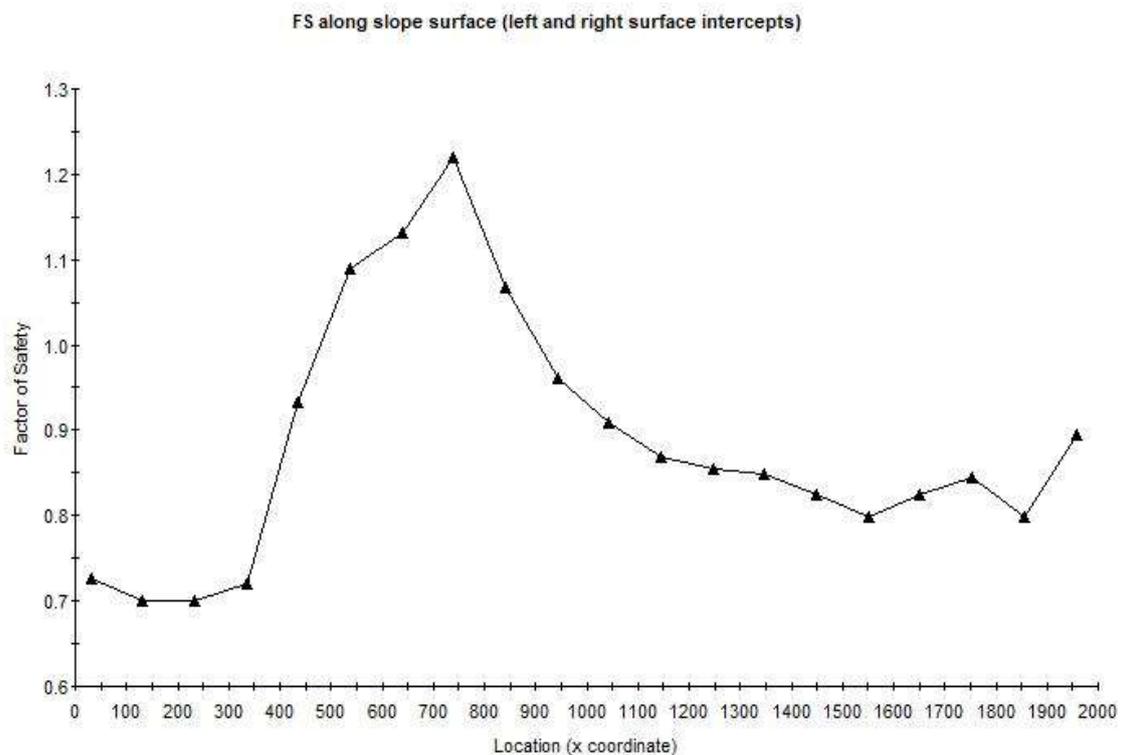


Figura 164. FS según distancia en la progresiva: 09+032.00

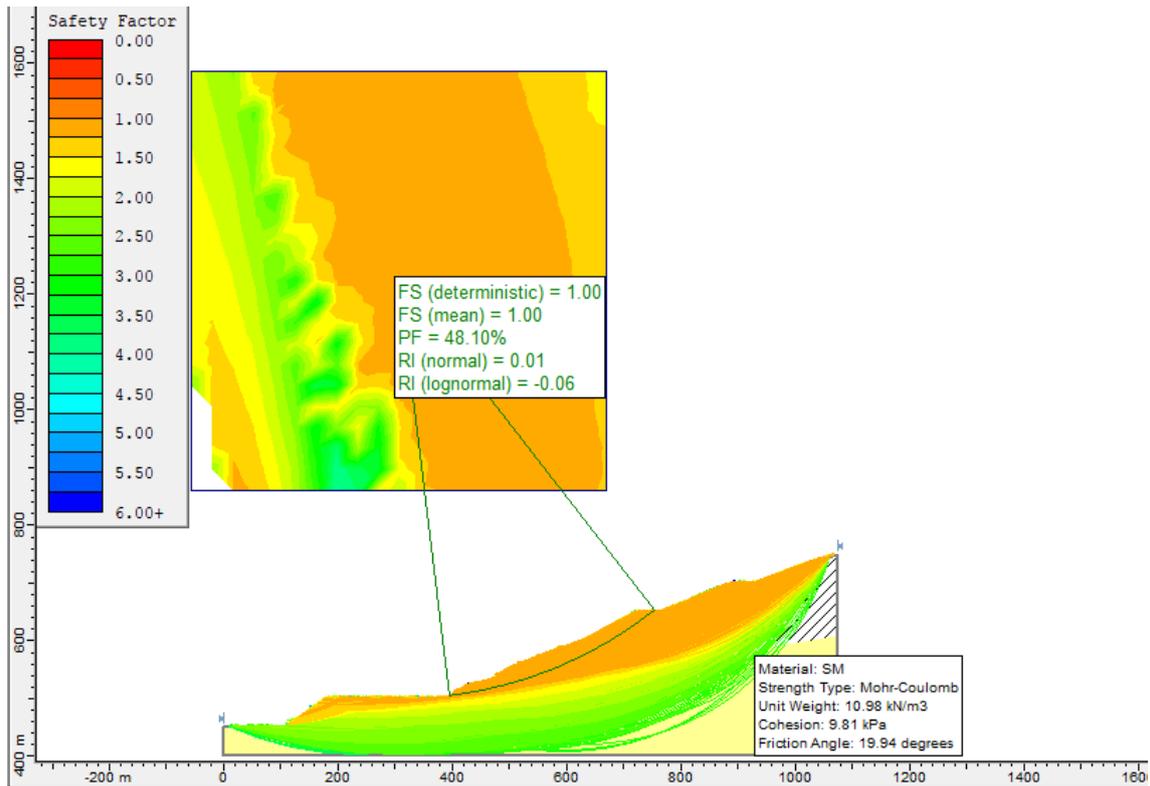


Figura 165. Probabilidad de falla en la progresiva: 09+434.20

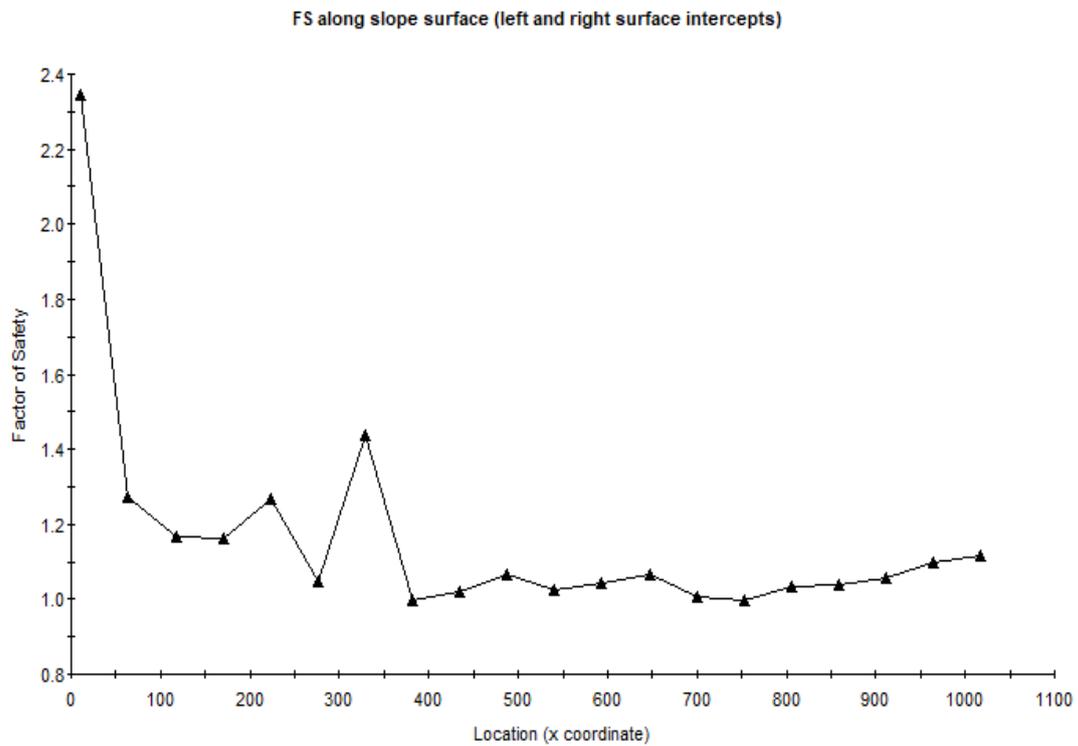


Figura 166. FS según distancia en la progresiva: 09+434.20

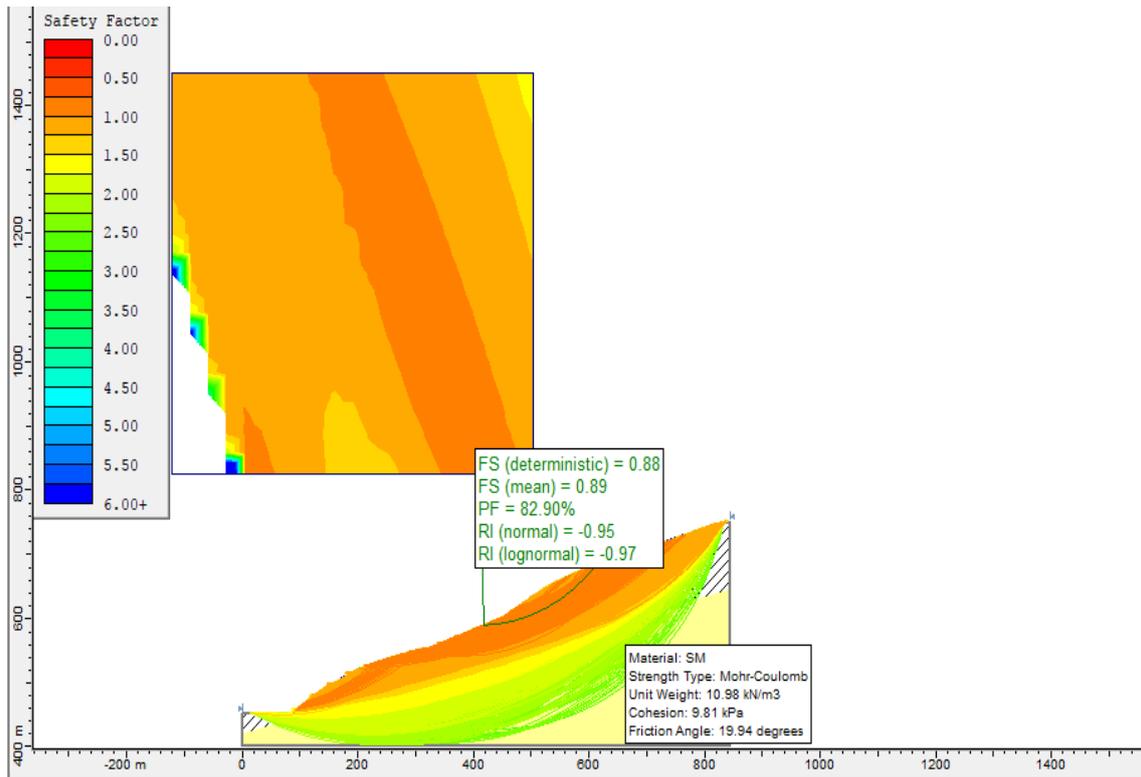


Figura 167. Probabilidad de falla en la progresiva: 10+465.80

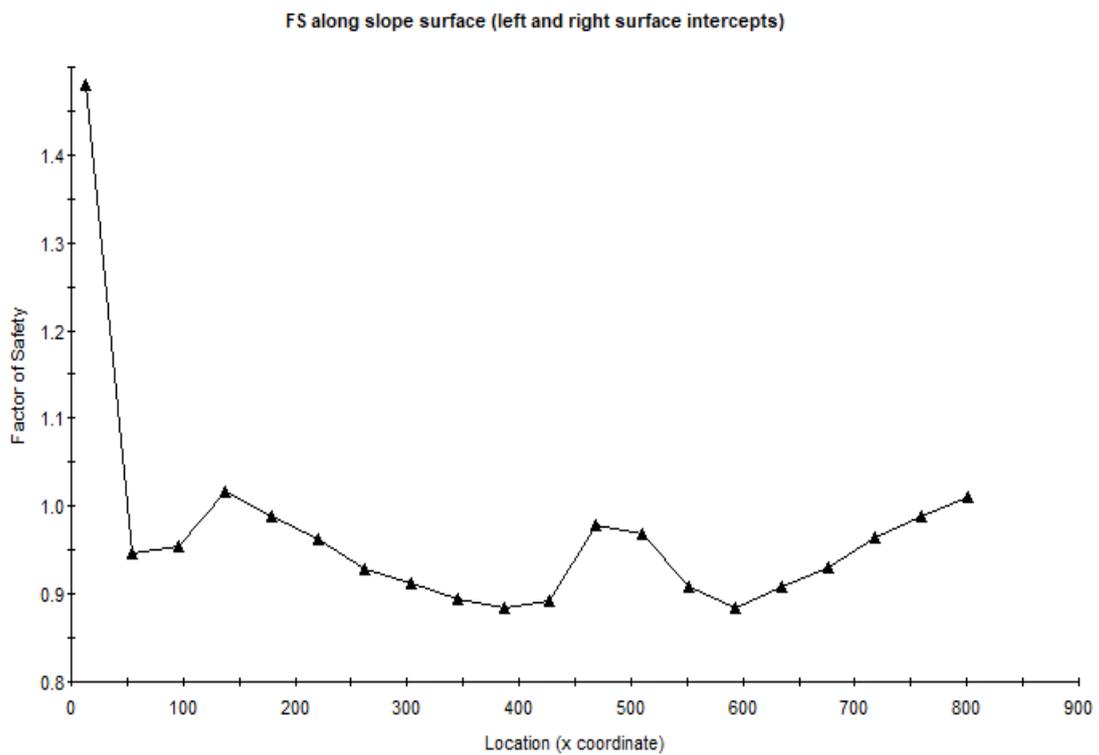


Figura 168. FS según distancia en la progresiva: 10+465.80

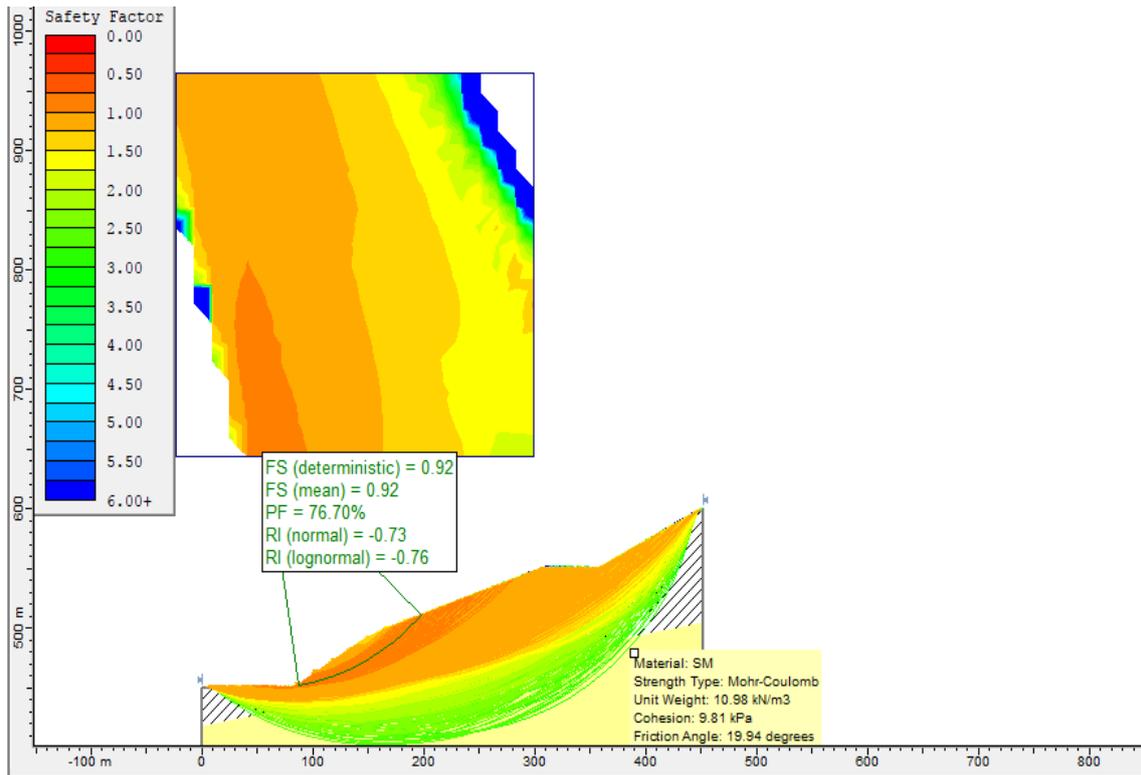


Figura 169. Probabilidad de falla, progresiva: 10+789.90

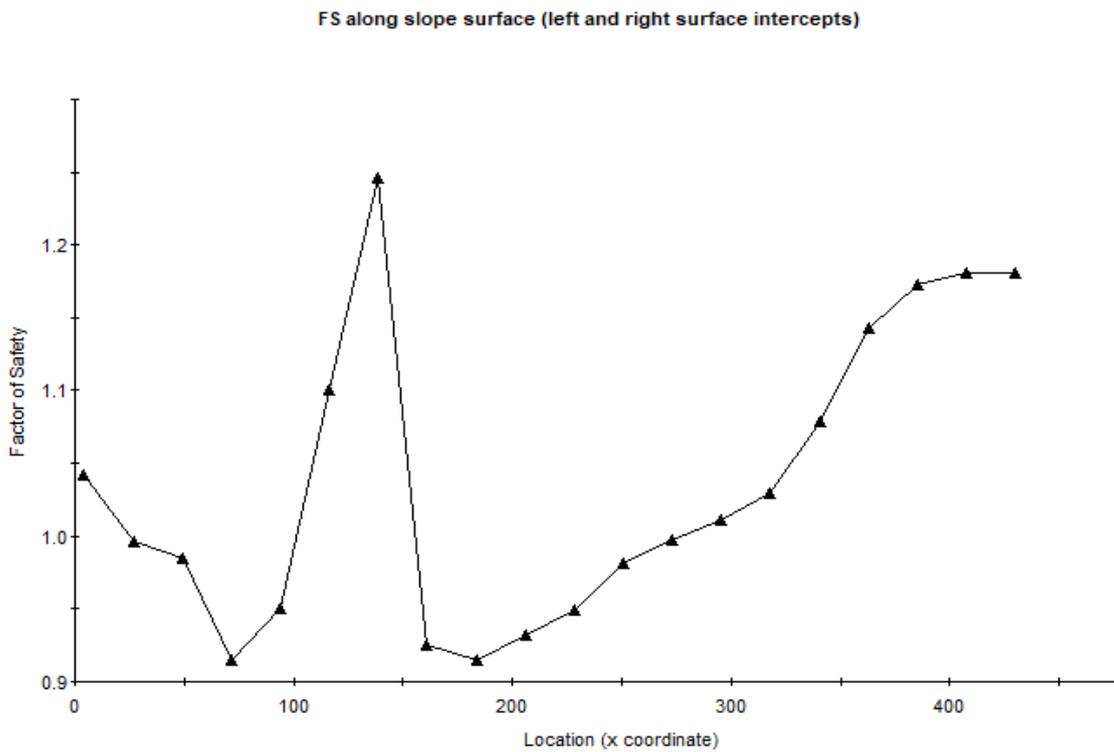


Figura 170. FS según distancia en la progresiva: 10+789.90

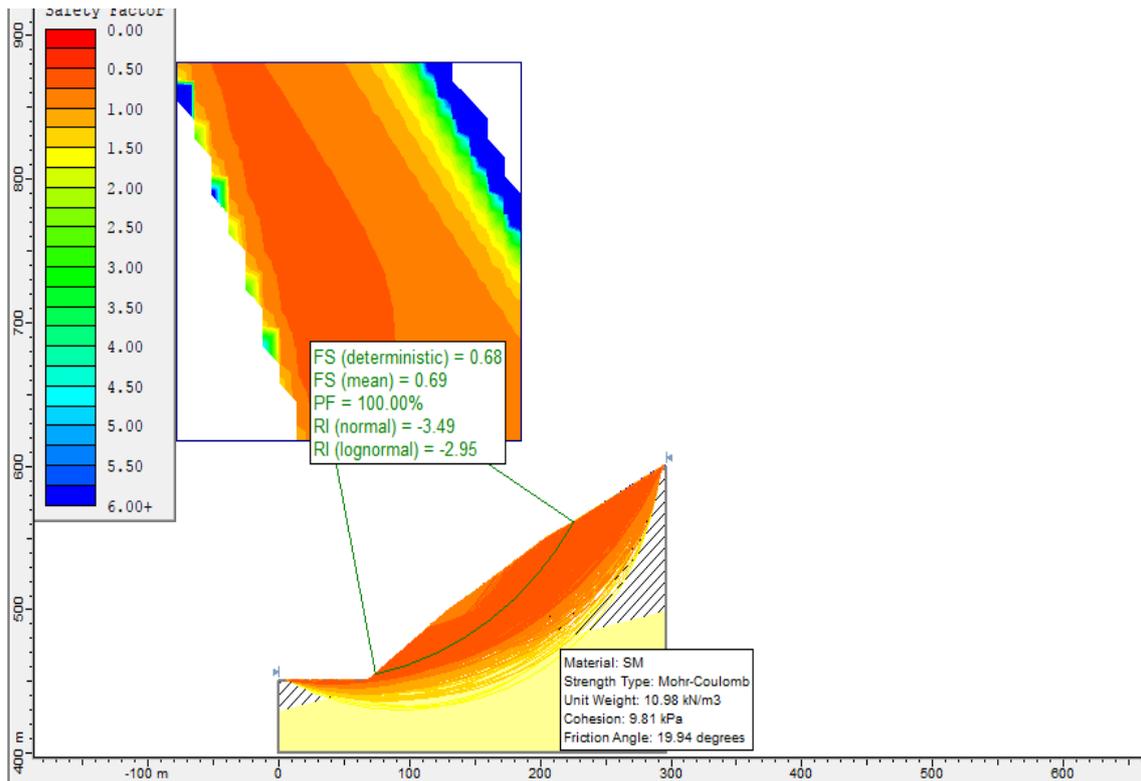


Figura 171. Probabilidad de falla, progresiva: 11+268.50

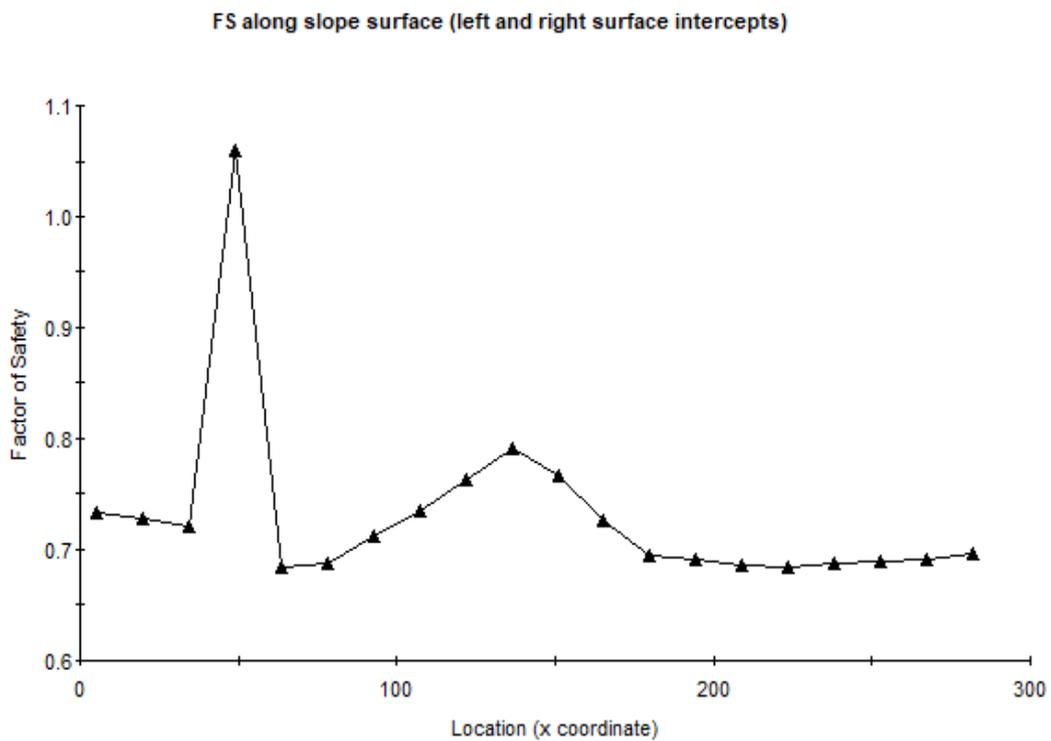


Figura 172. FS según distancia en la progresiva: 11+268.50

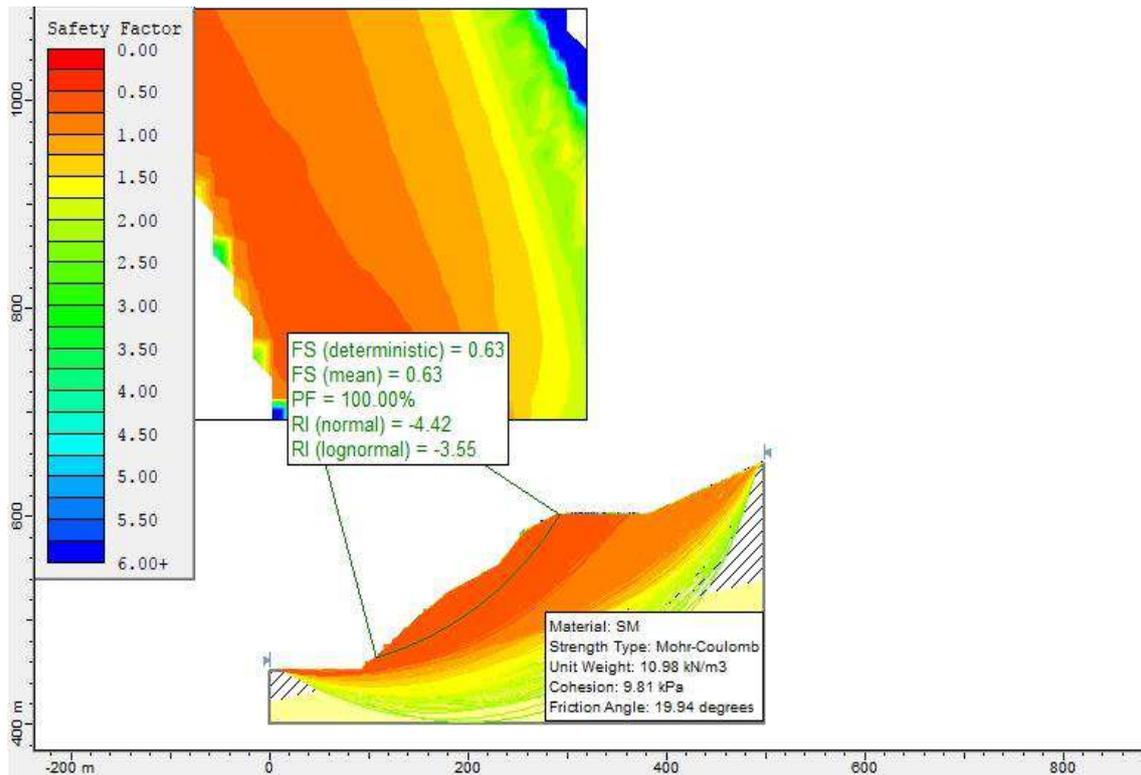


Figura 173. Probabilidad de falla, progresiva: 11+623.40

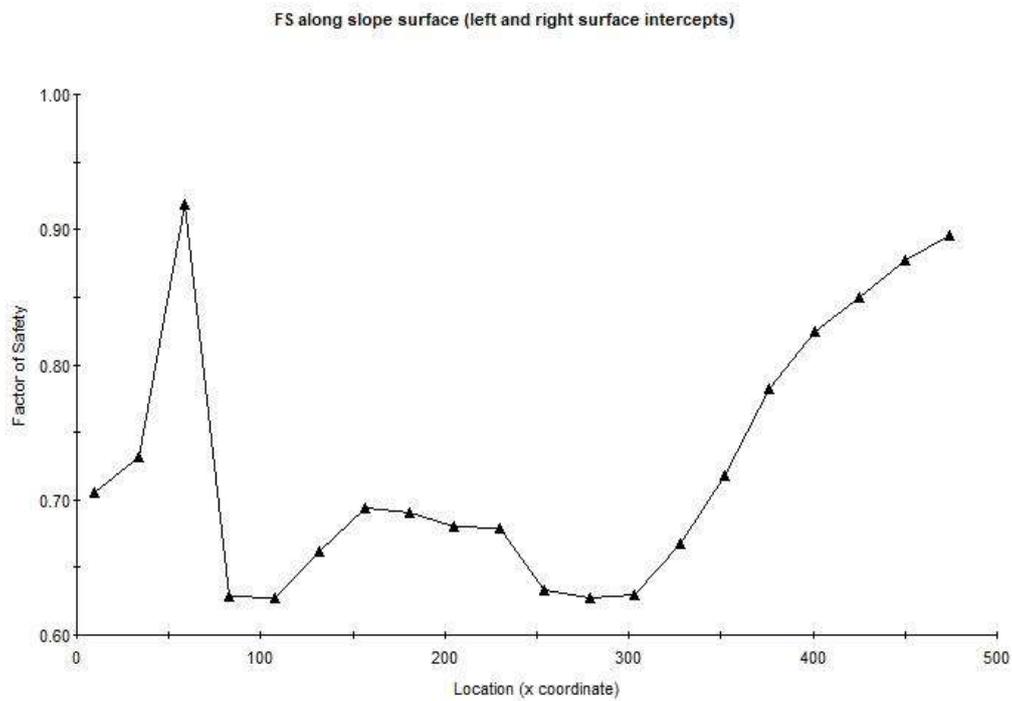


Figura 174. FS según distancia en la progresiva: 11+623.40

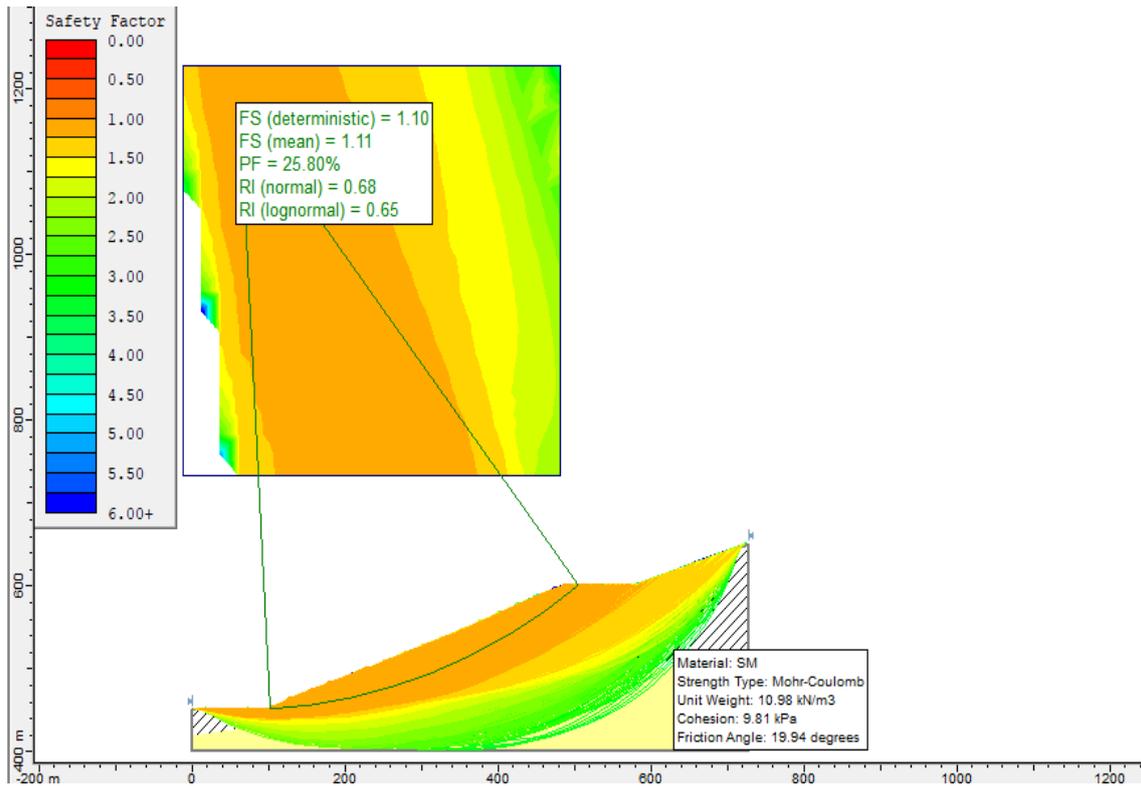


Figura 175. Probabilidad de falla, progresiva: 11+969.70

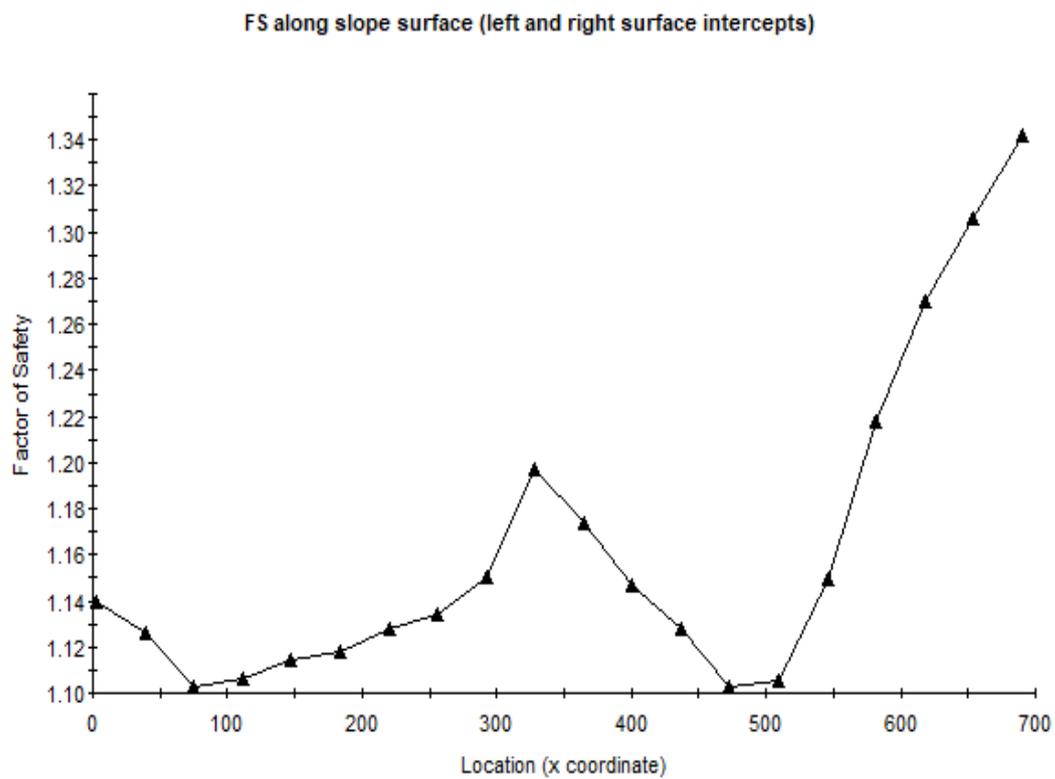


Figura 176. FS según distancia en la progresiva: 11+969.70

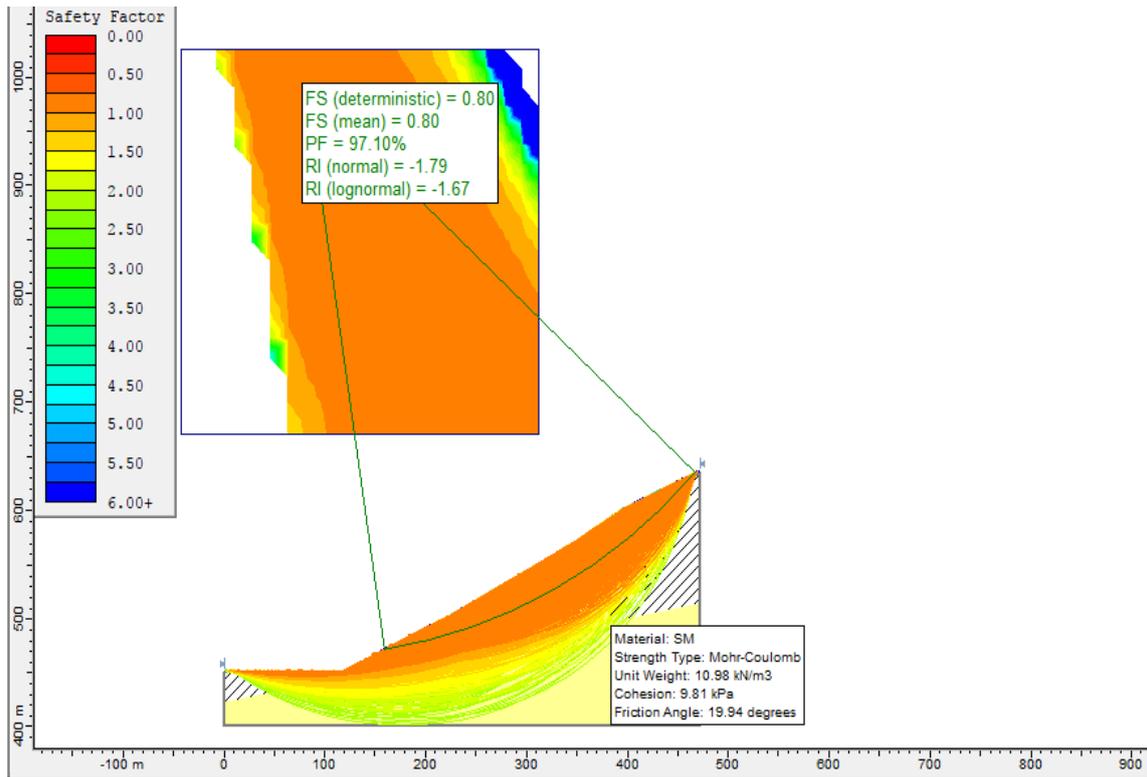


Figura 177. Probabilidad de falla, progresiva: 12+710.30

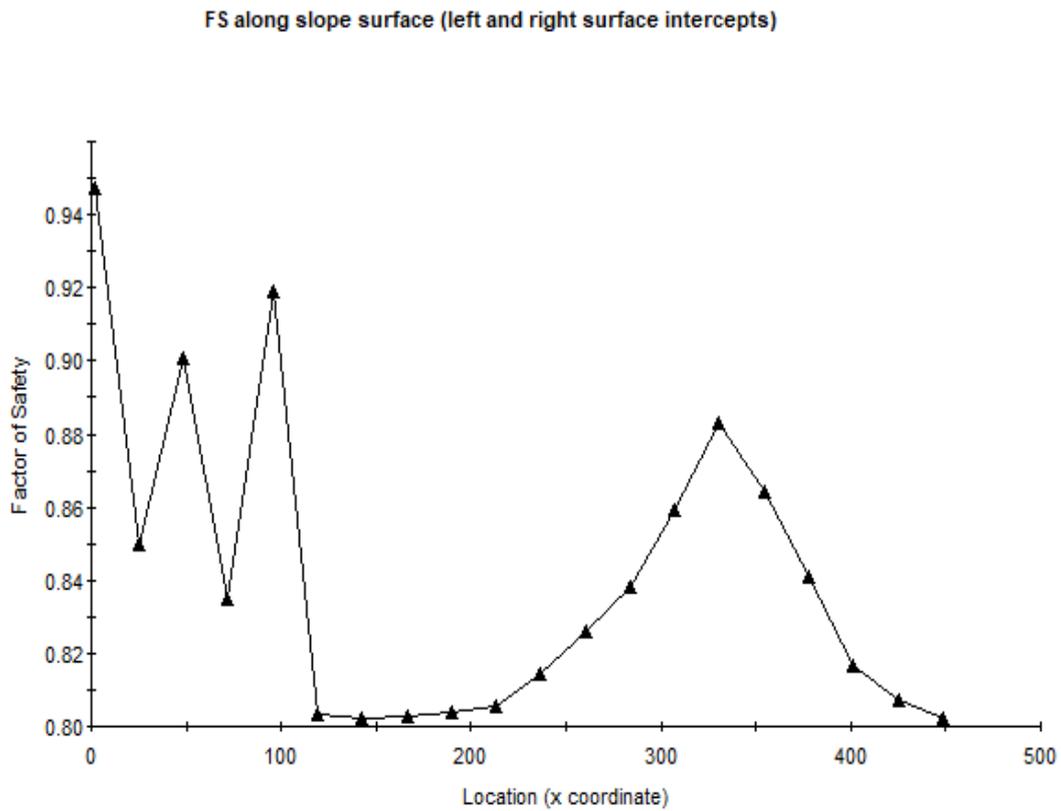


Figura 178. FS según distancia en la progresiva: 12+710.30

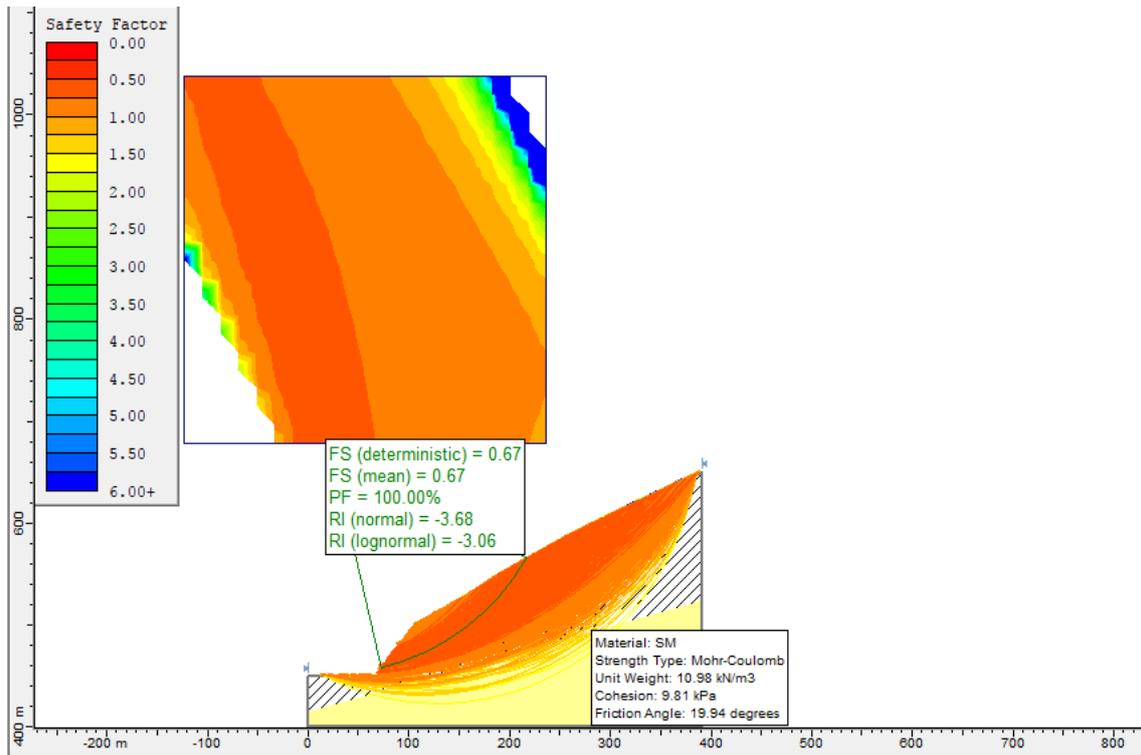


Figura 179. Probabilidad de falla, progresiva: 13+460.80

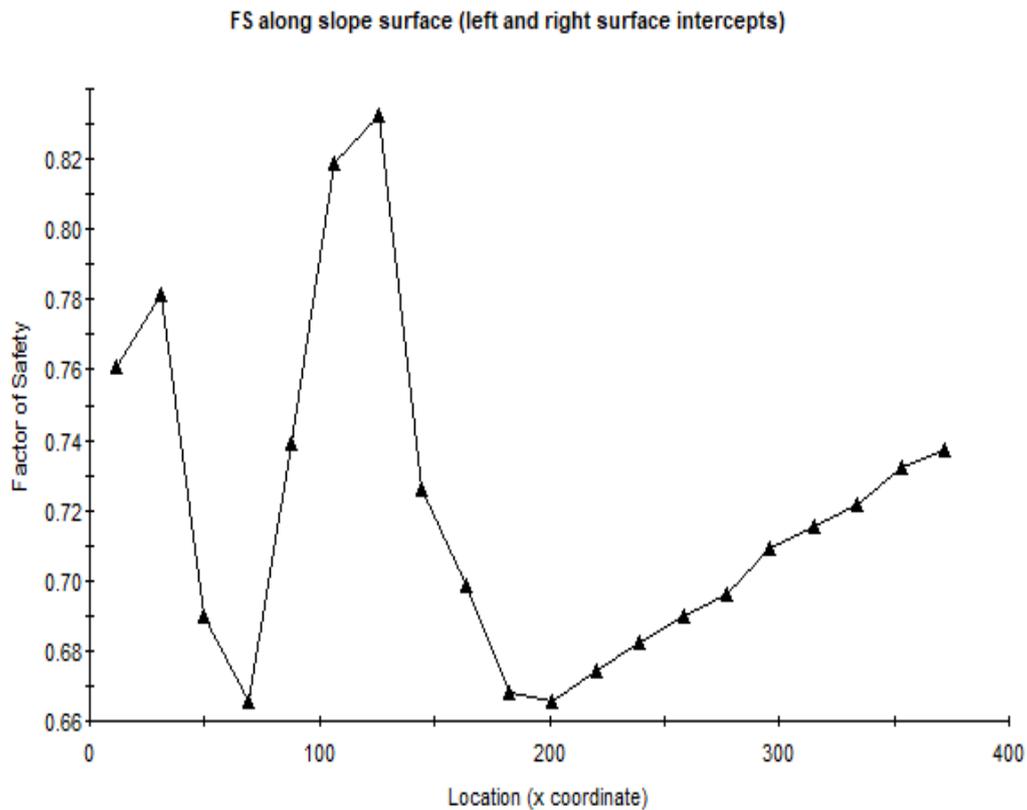


Figura 180. FS según distancia en la progresiva: 13+460.80

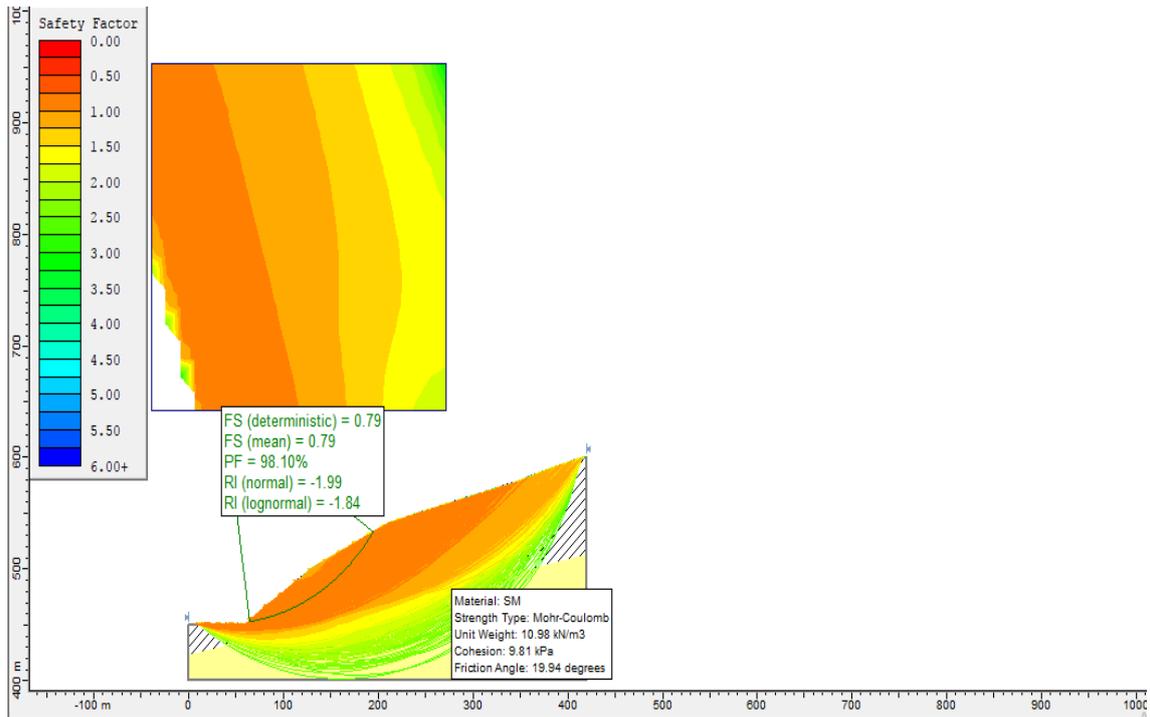


Figura 181. Probabilidad de falla progresiva: 13+770.50

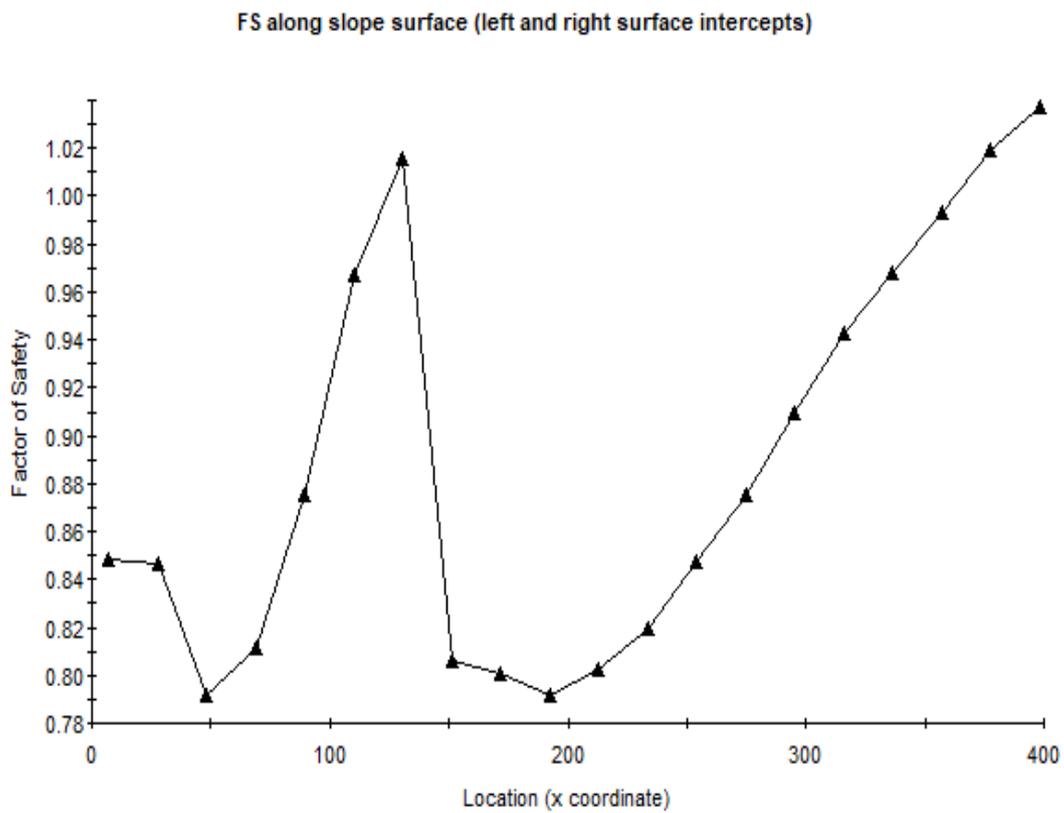


Figura 182. FS según distancia en la progresiva: 13+770.50

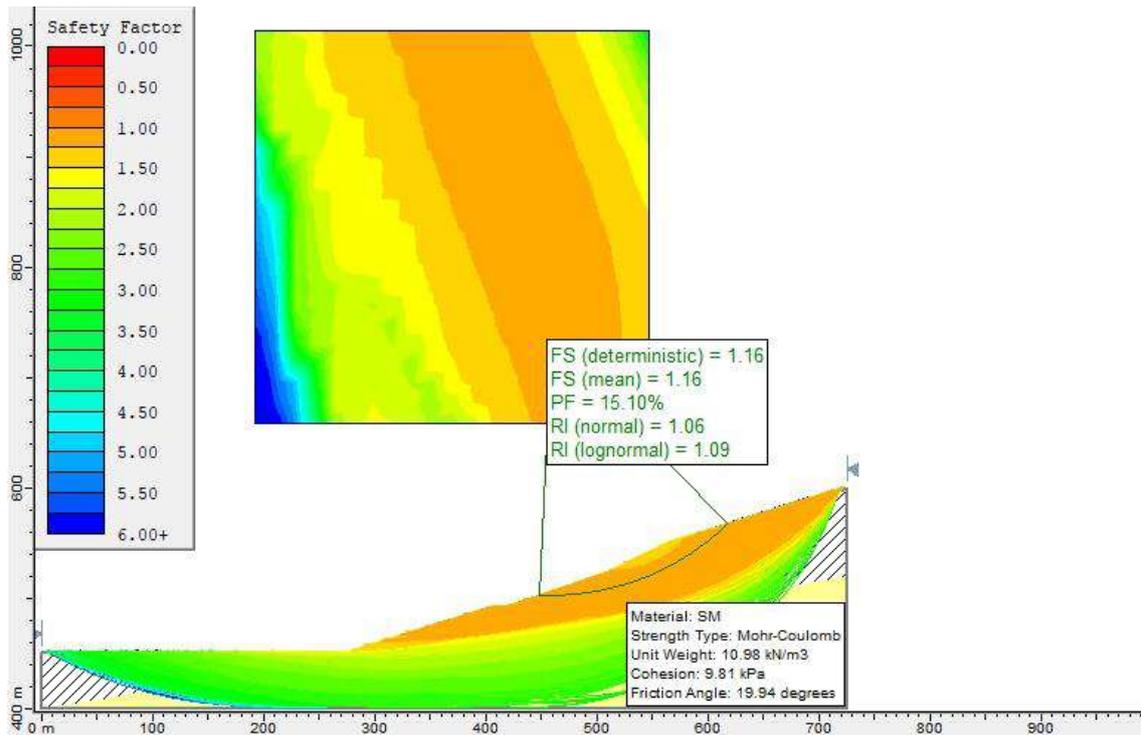


Figura 183. Probabilidad de falla, progresiva: 14+236.30

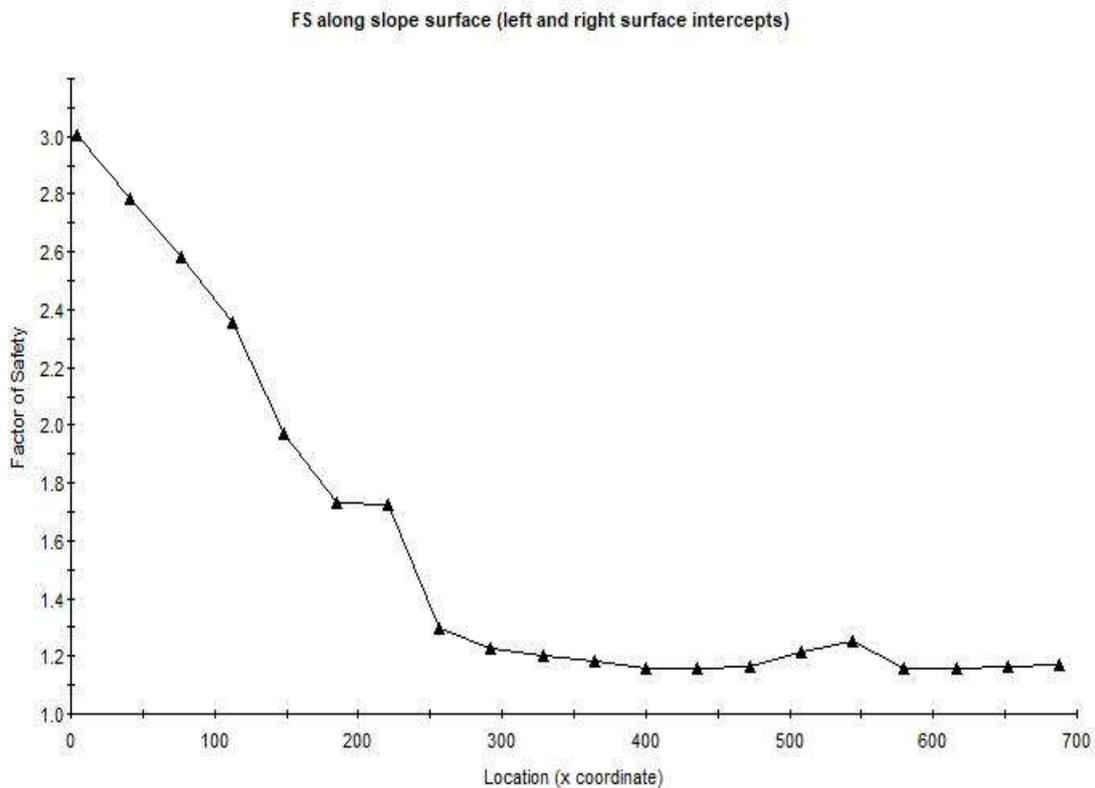


Figura 184. FS según distancia en la progresiva: 14+236.30

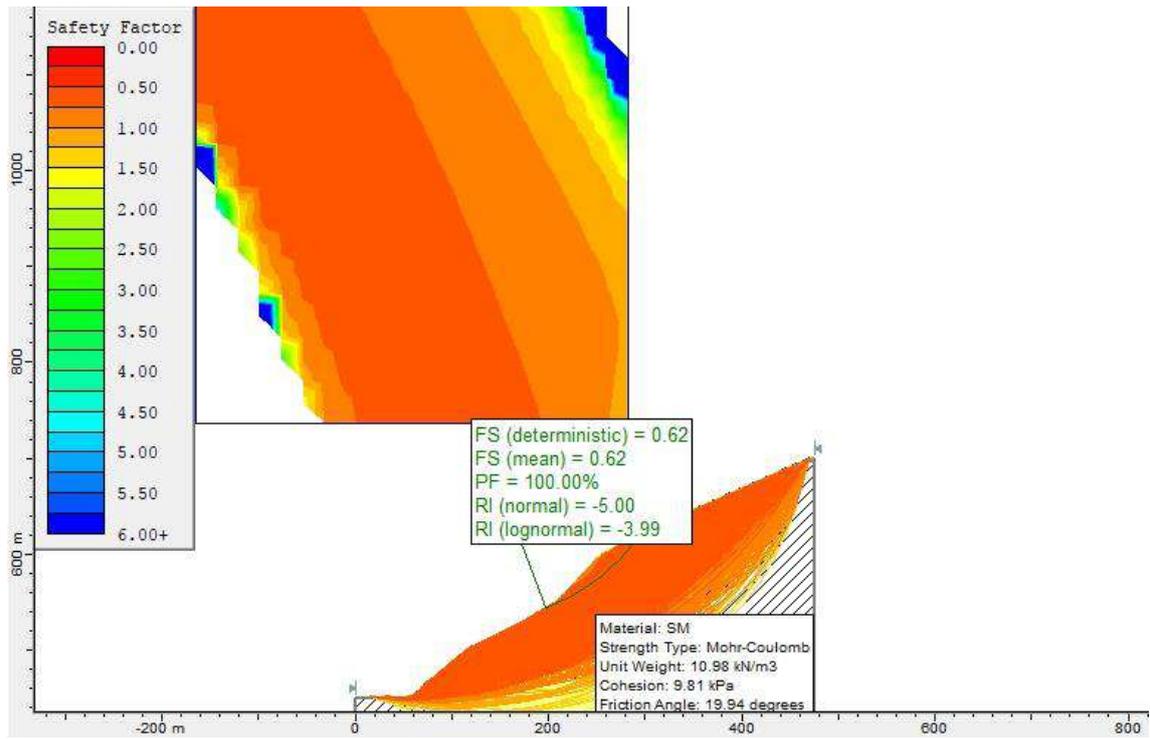


Figura 185. Probabilidad de falla, progresiva: 14+258.20

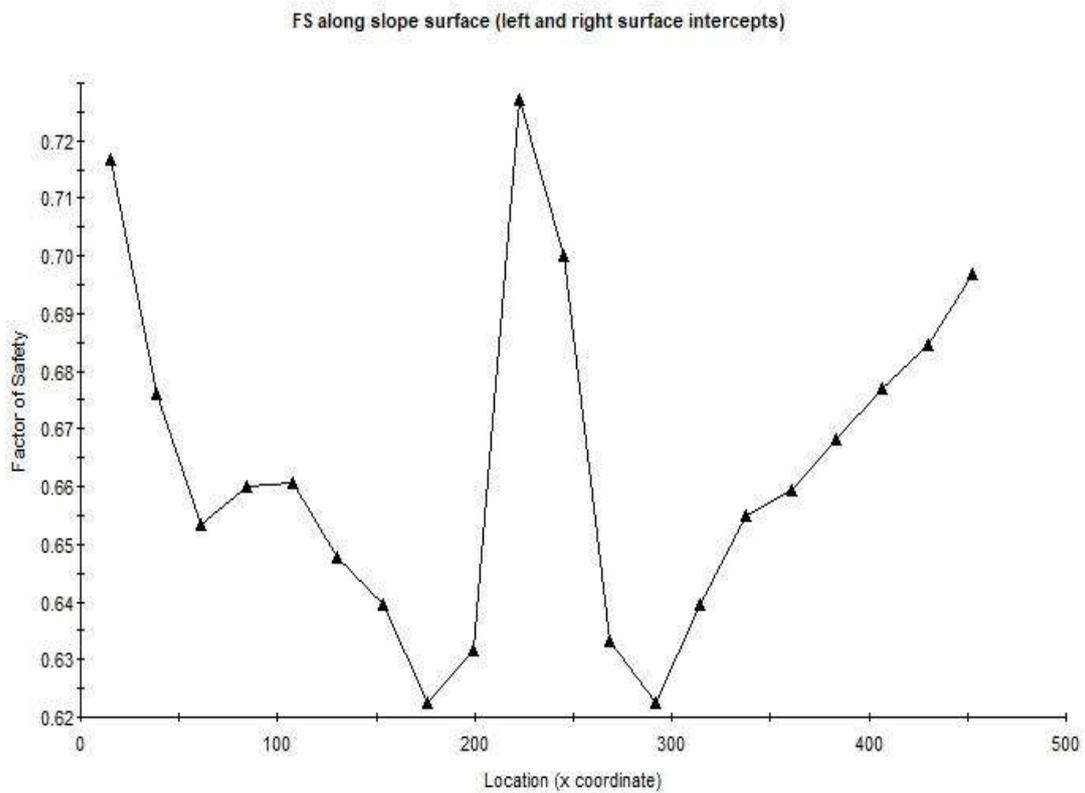


Figura 186. FS según distancia en la progresiva: 14+258.20

3.3.2. Margen izquierda

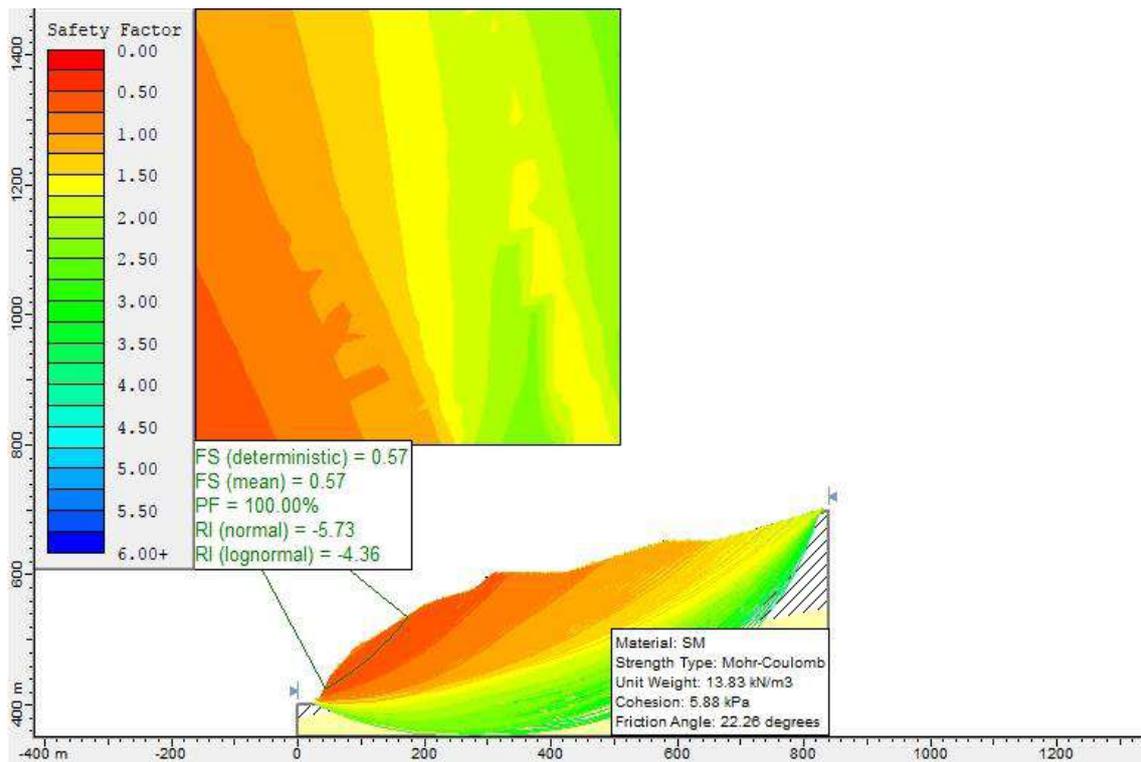


Figura 187. Probabilidad de falla en la progresiva: 00+164.30

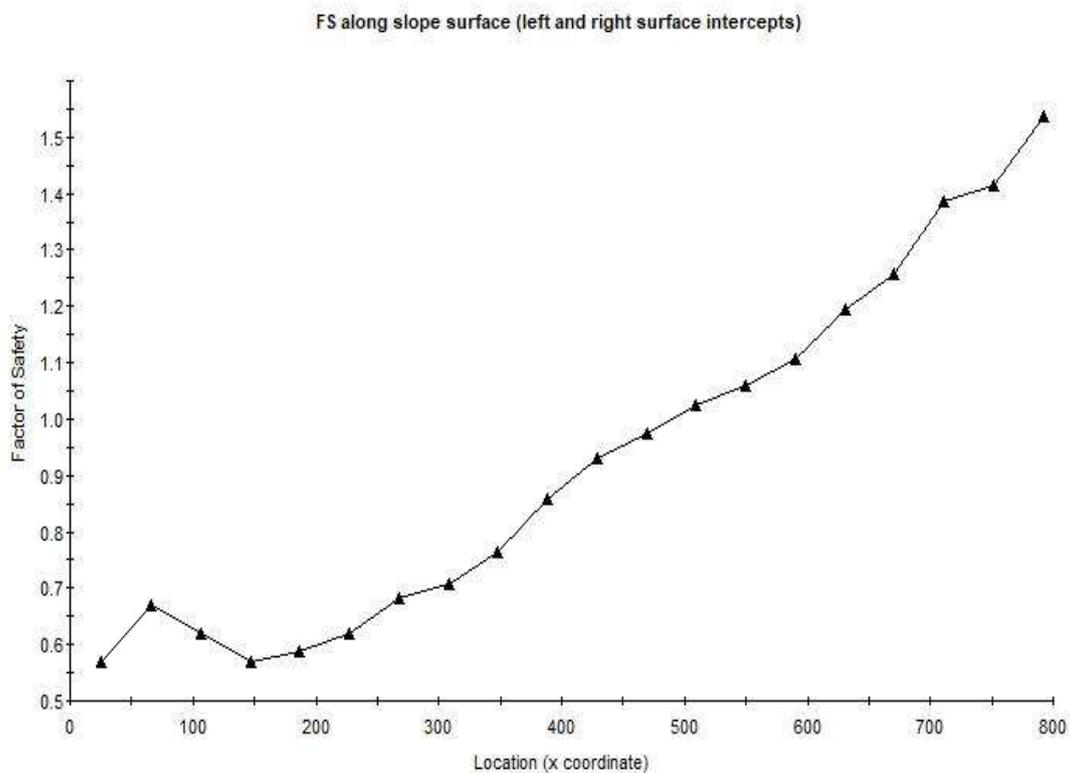


Figura 188. FS según distancia en la progresiva: 00+164.30

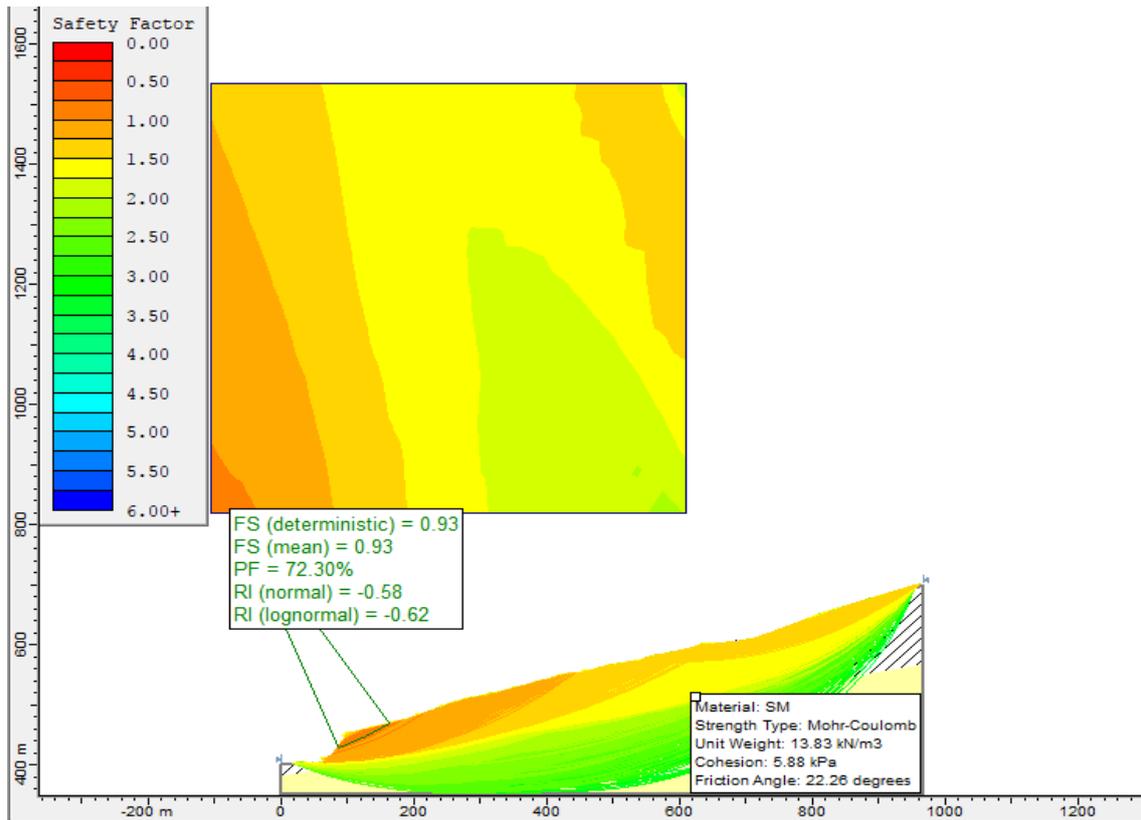


Figura 189. Probabilidad de falla en la progresiva: 00+529.40

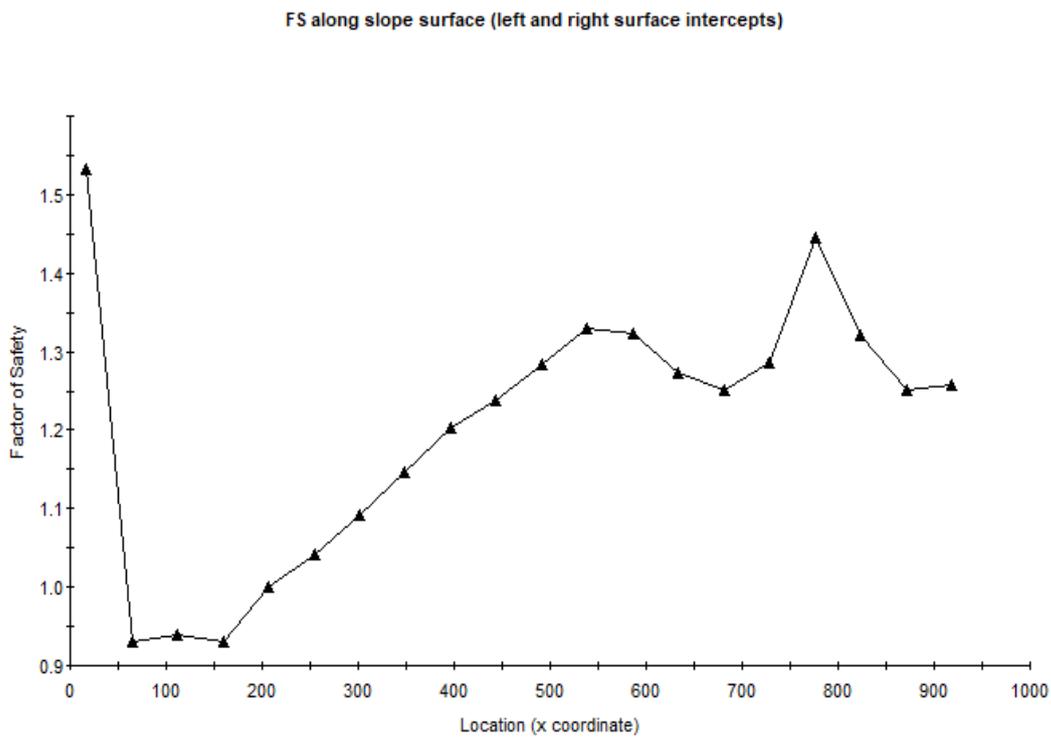


Figura 190. FS según distancia en la progresiva: 00+529.40

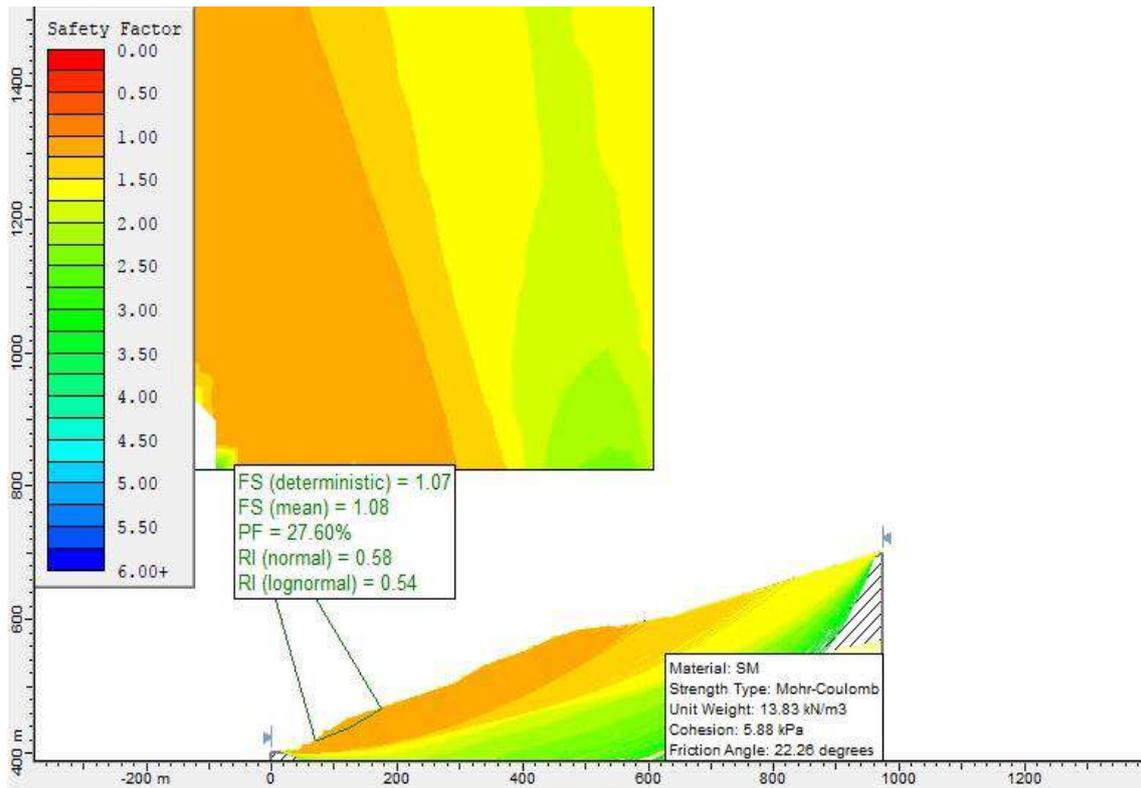


Figura 191. Probabilidad de falla en la progresiva: 01+007.40

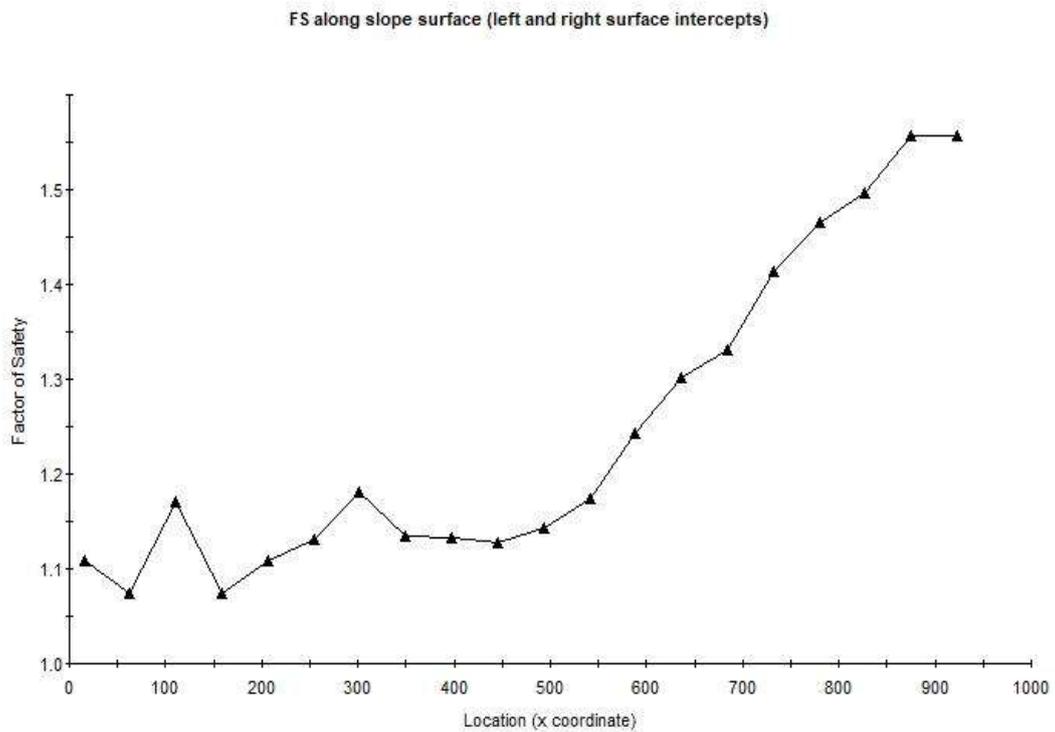


Figura 192. FS según distancia en la progresiva: 01+007.40

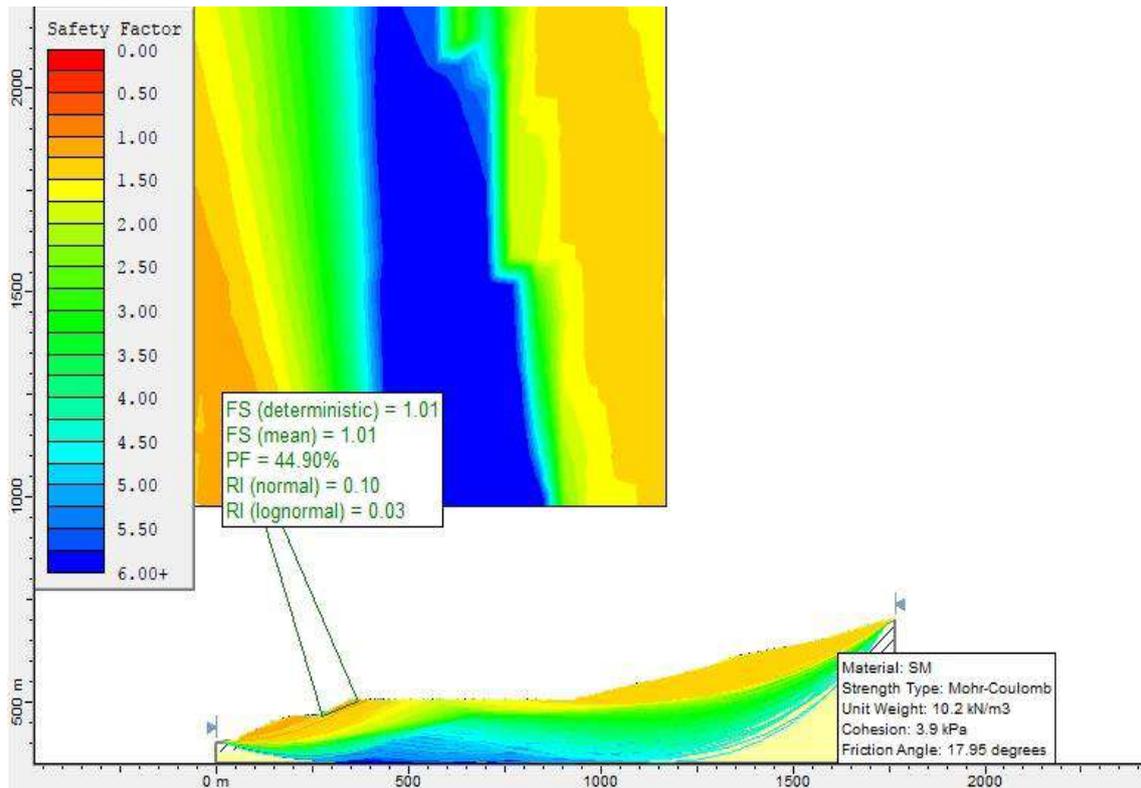


Figura 193. Probabilidad de falla en la progresiva: 01+427.10

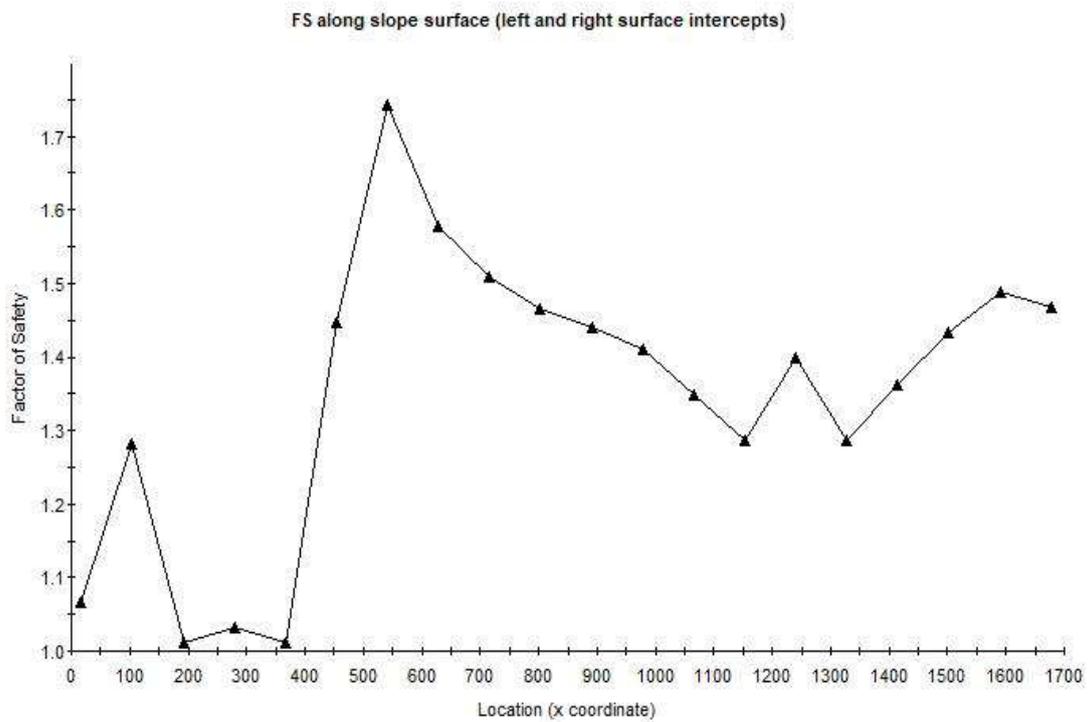


Figura 194. FS según distancia en la progresiva: 01+427.10

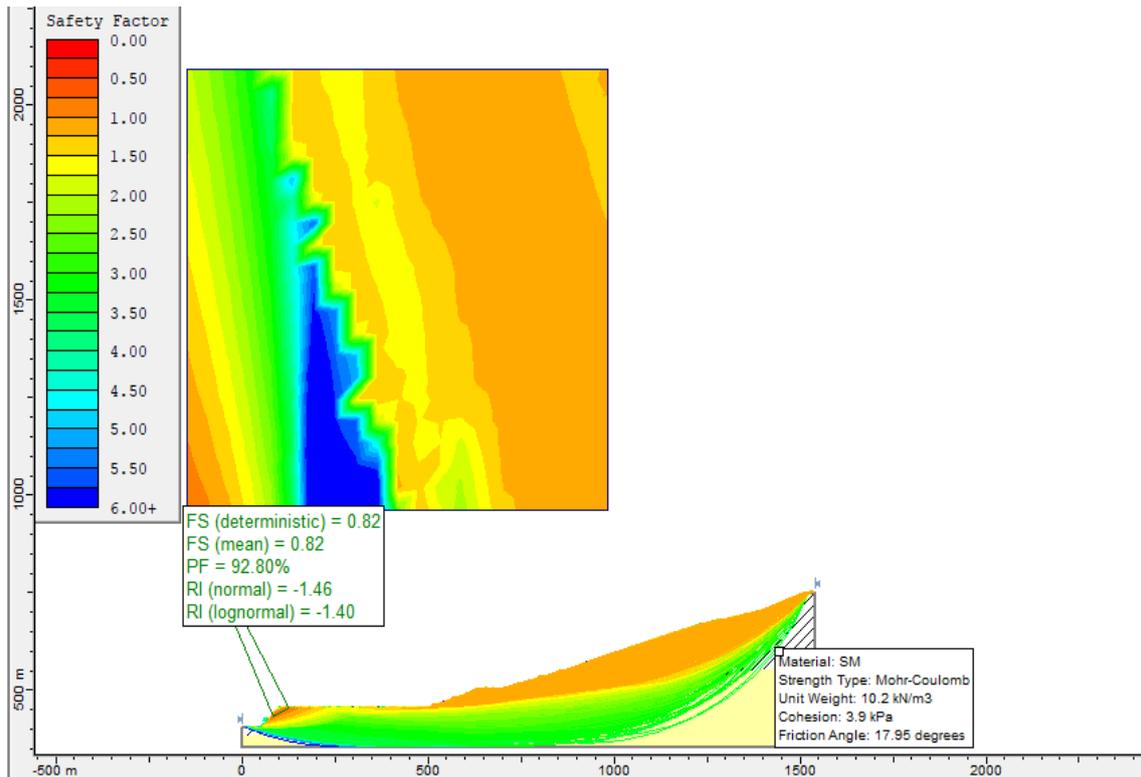


Figura 195. Probabilidad de falla en la progresiva: 02+198.10

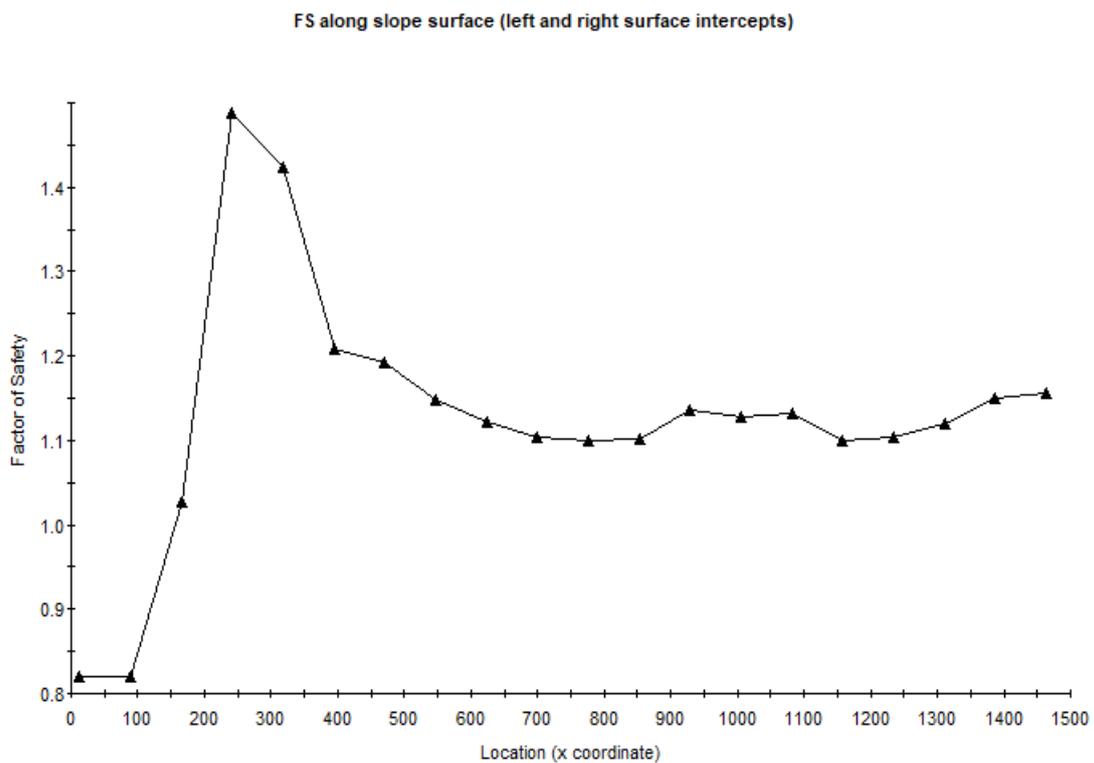


Figura 196. FS según distancia en la progresiva: 02+198.10

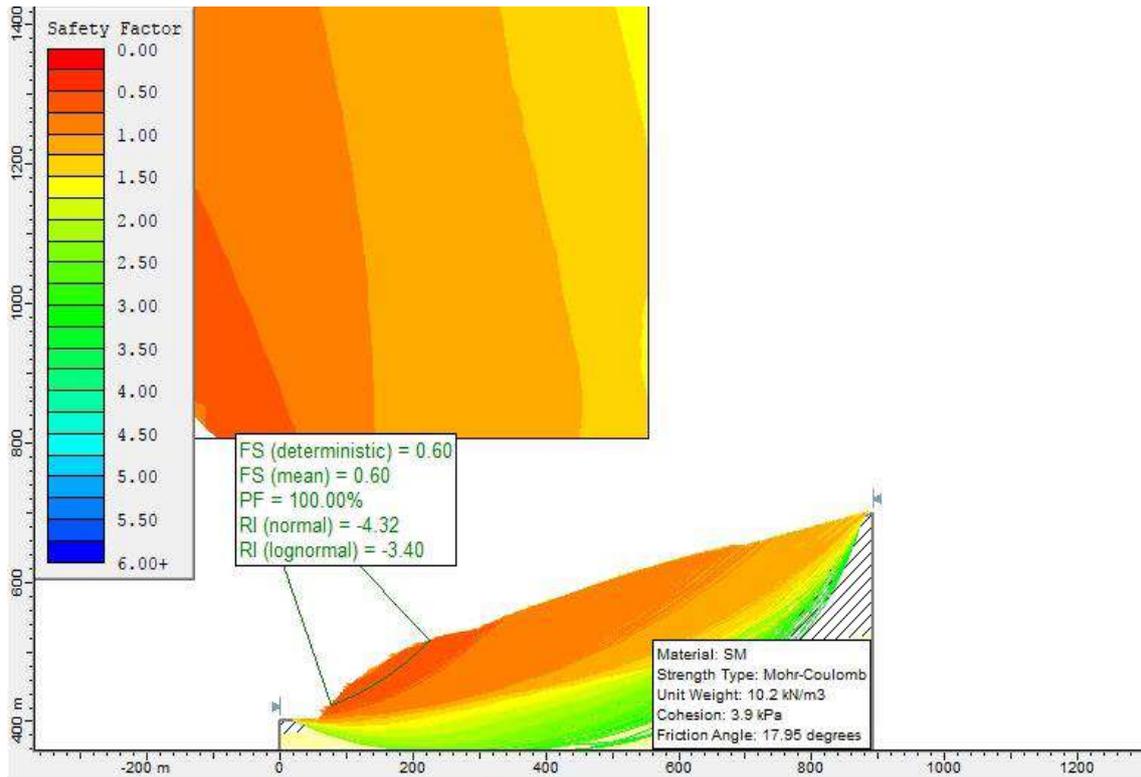


Figura 197. Probabilidad de falla en la progresiva: 02+942.10

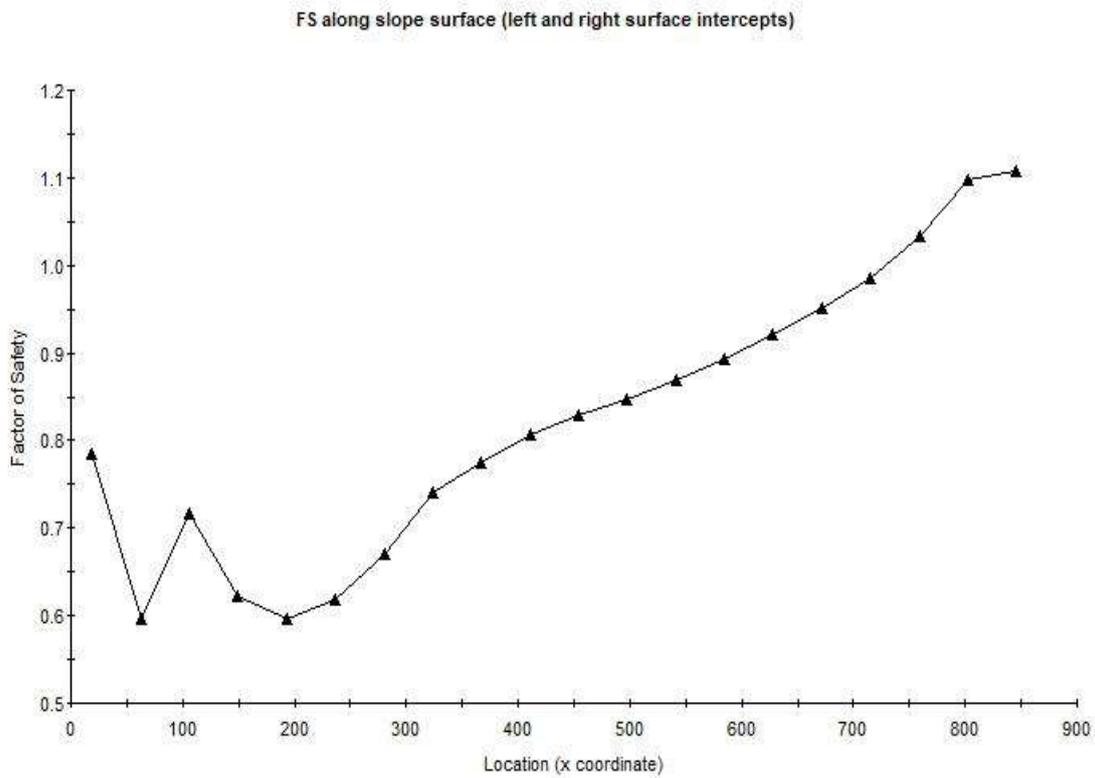


Figura 198. FS según distancia en la progresiva: 02+942.10

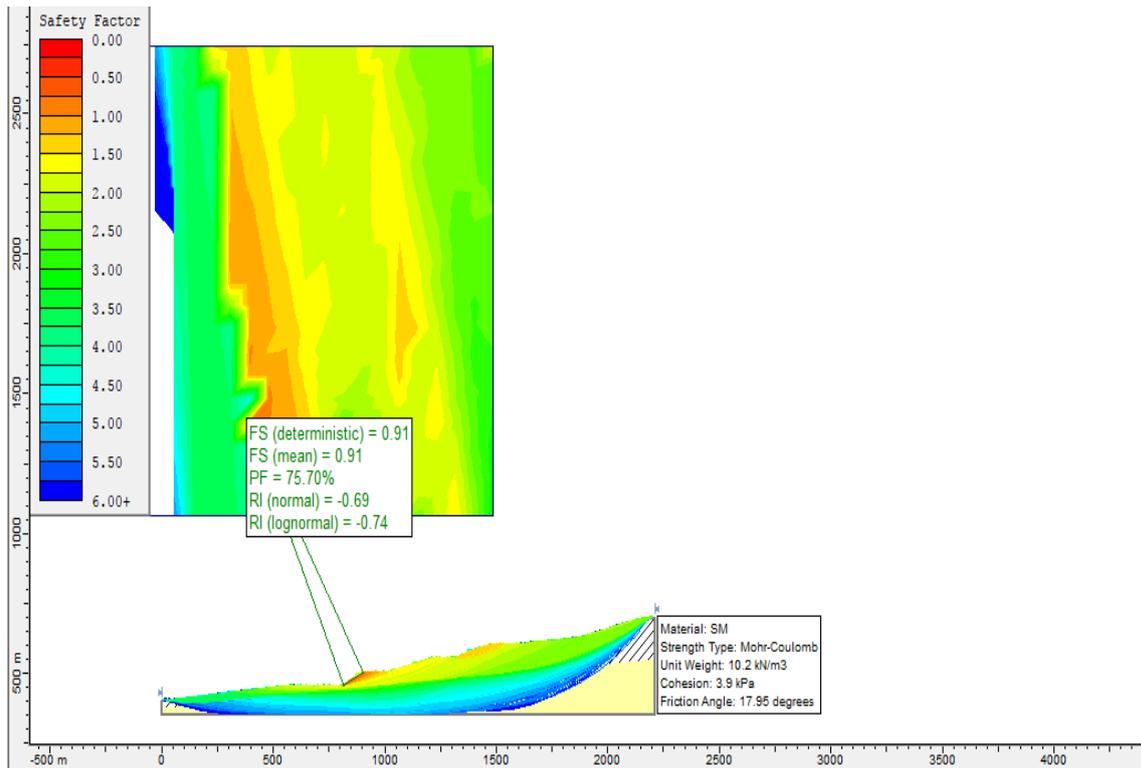


Figura 199. Probabilidades de falla en la progresiva: 05.170.40

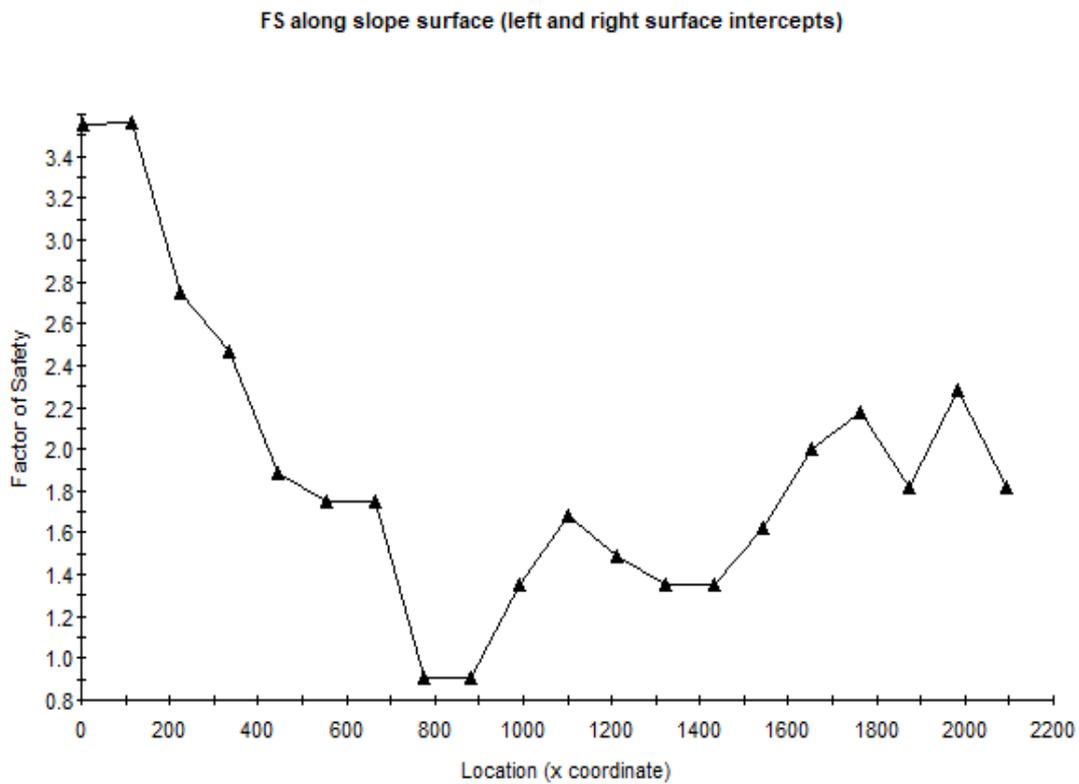


Figura 200. FS según distancia en la progresiva: 05+170.40

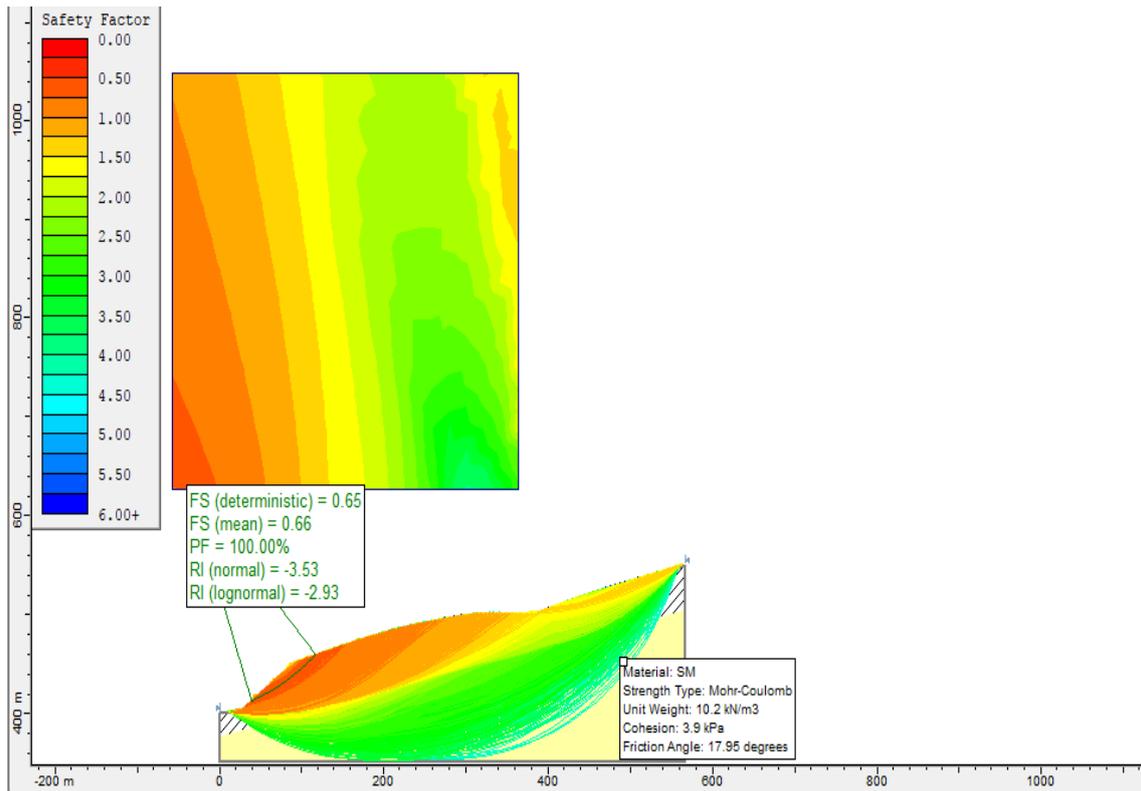


Figura 201. Probabilidad de falla en la progresiva: 06+054.30

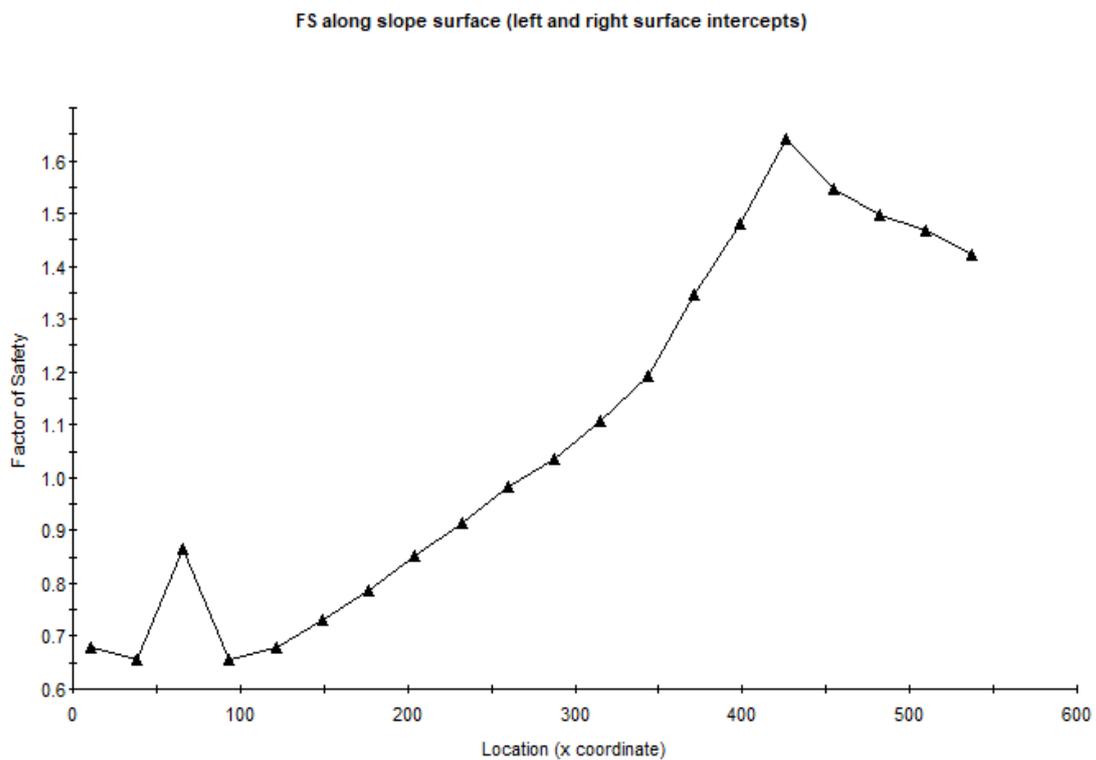


Figura 202. FS según distancia en la progresiva: 06+054.30

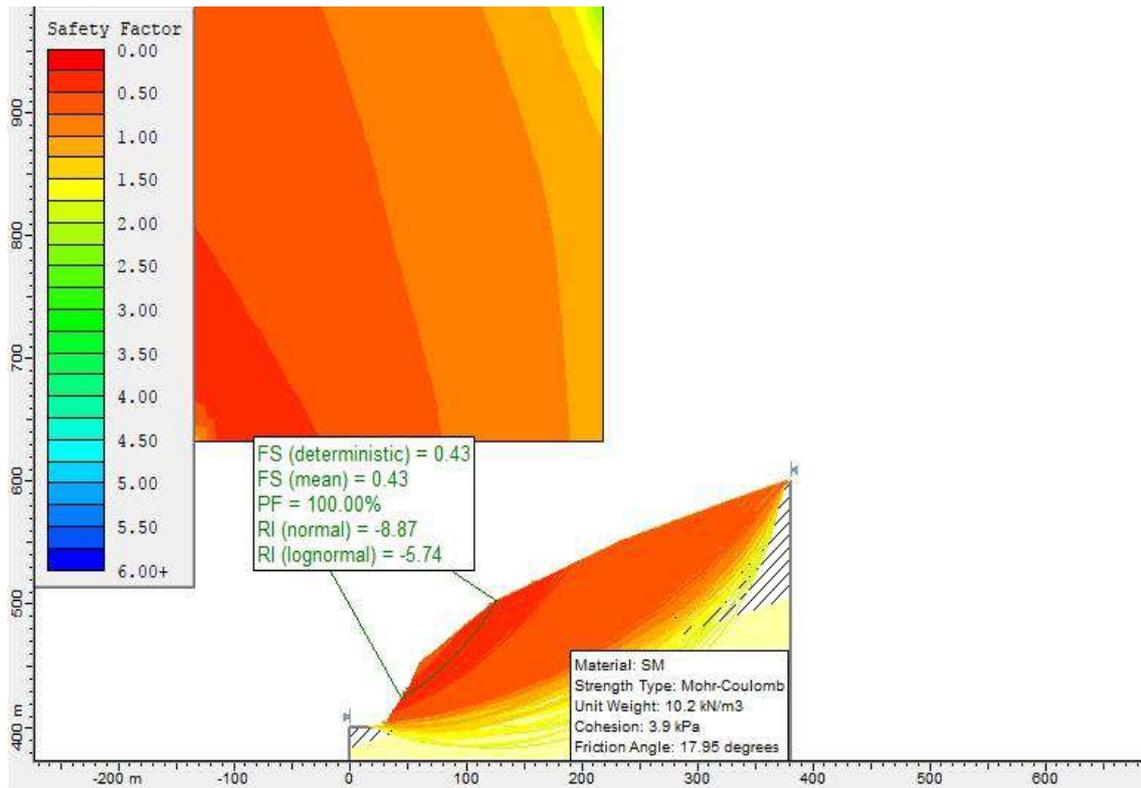


Figura 203. Probabilidades de falla, progresiva: 06+523.80

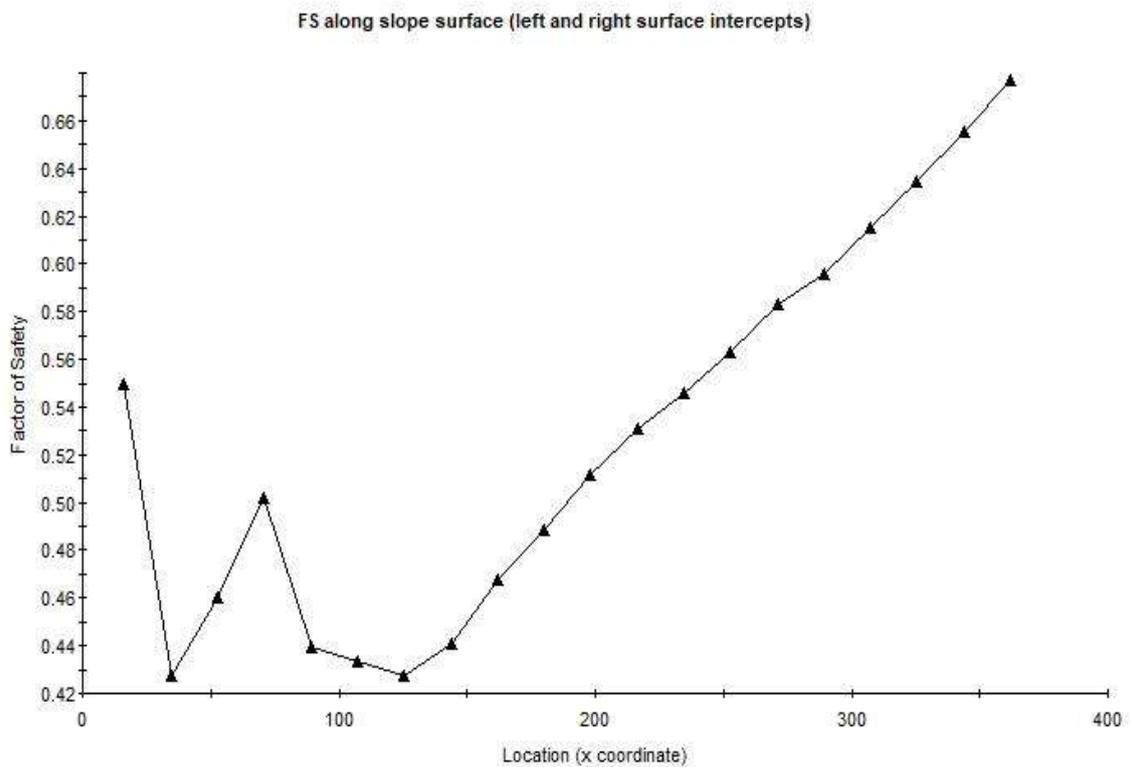


Figura 204. FS según distancia en la progresiva: 06+523.80

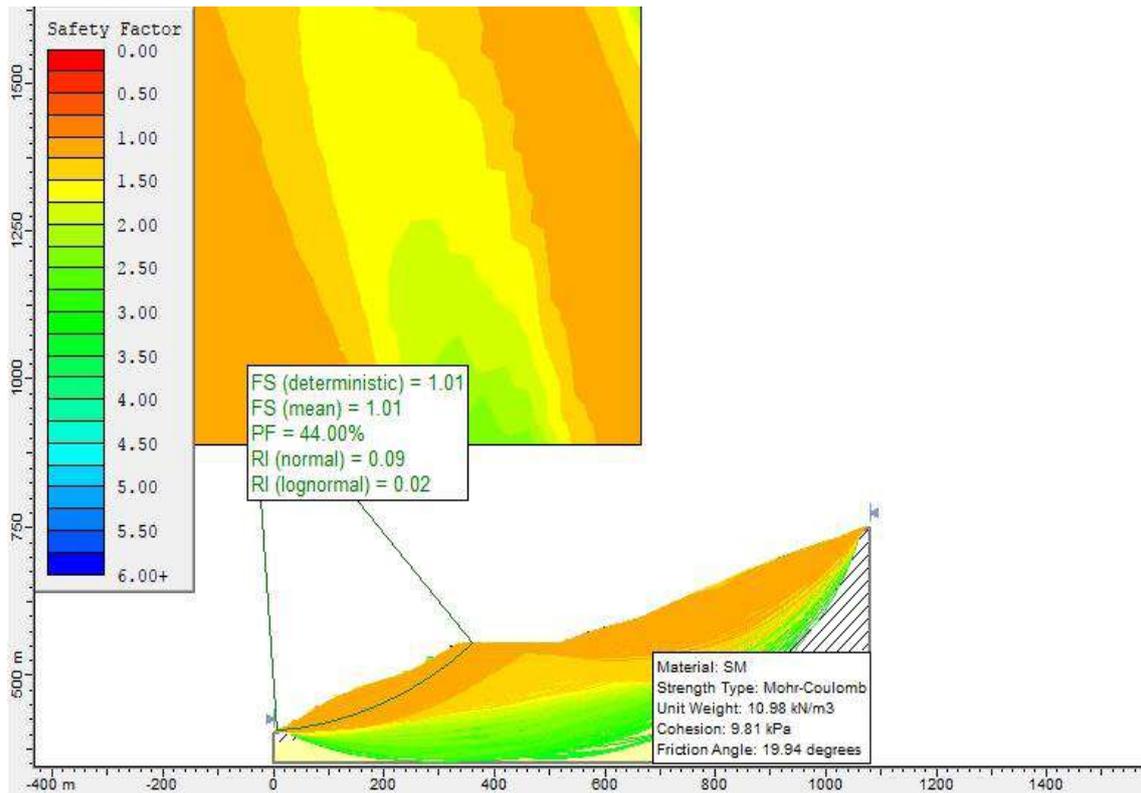


Figura 205. Probabilidades de falla en la progresiva: 07+208.80

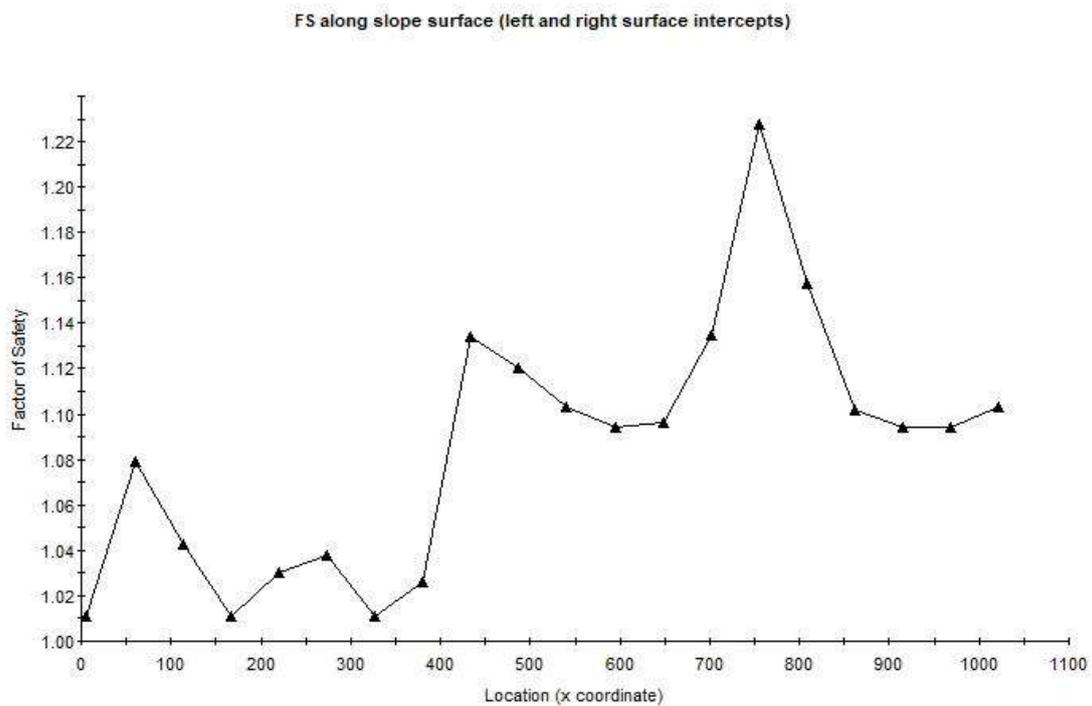


Figura 206. FS según distancia en la progresiva: 07+208.80

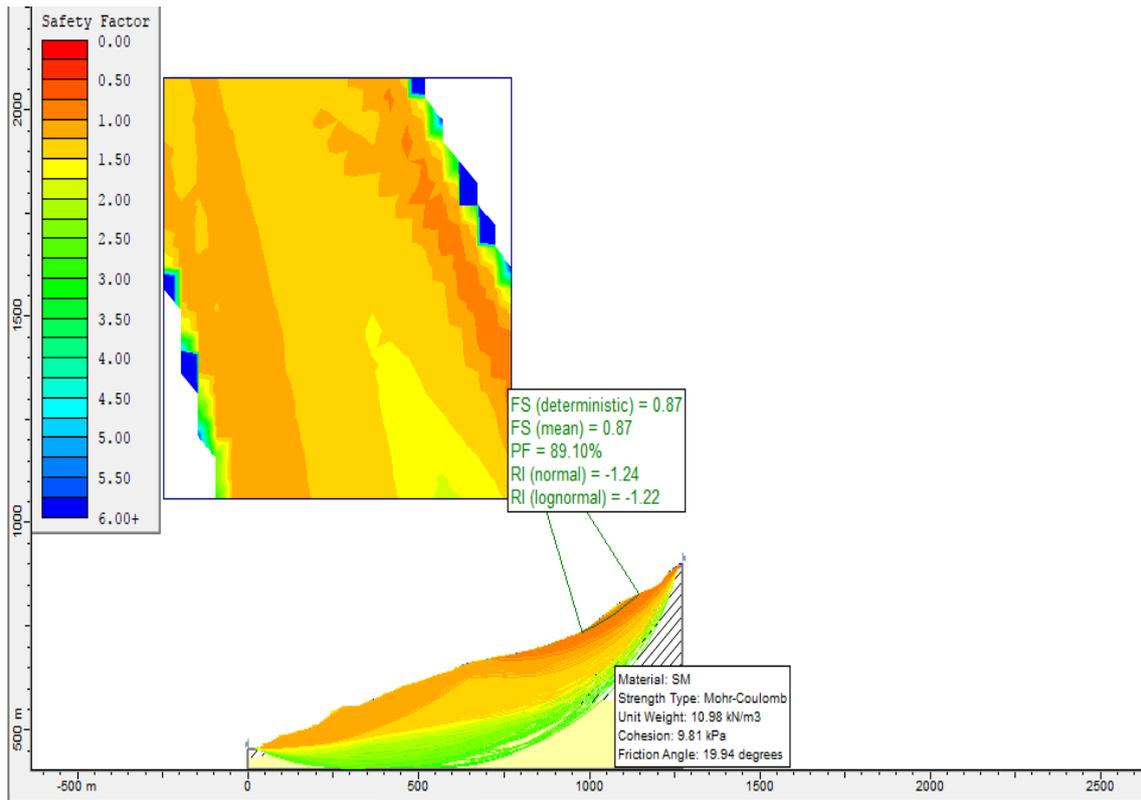


Figura 207. Probabilidad de falla, progresiva: 08+267.10

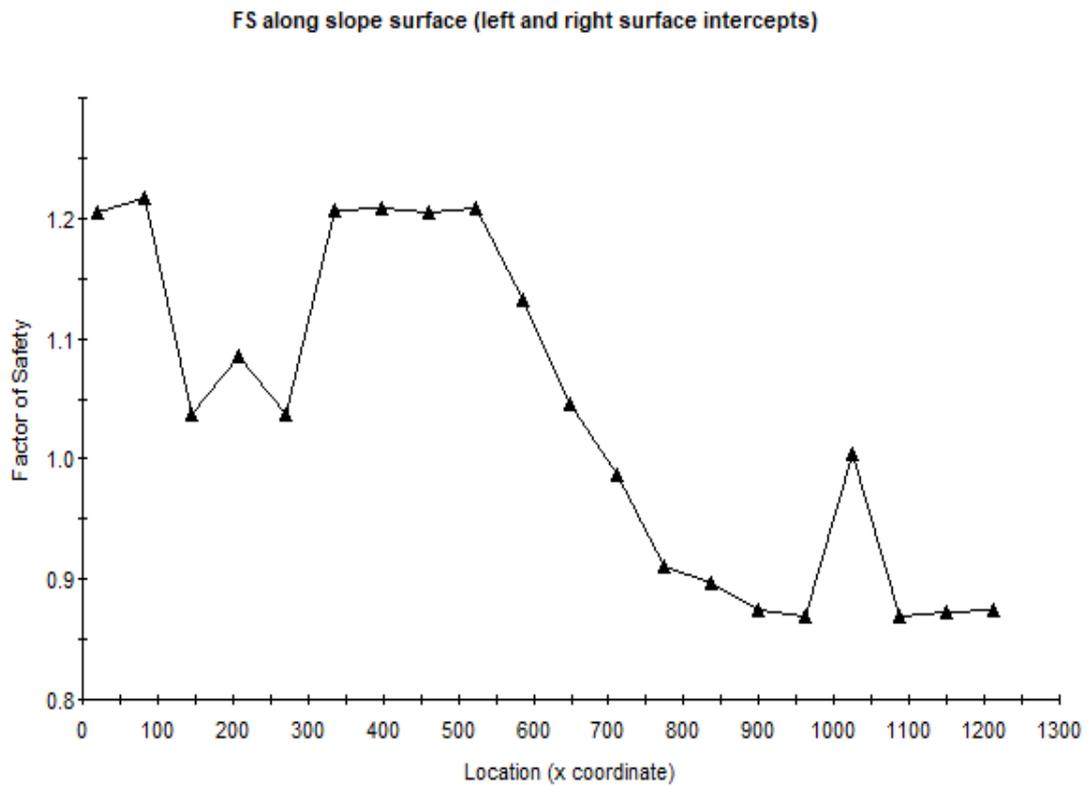


Figura 208. FS según distancia en la progresiva: 08+267.10

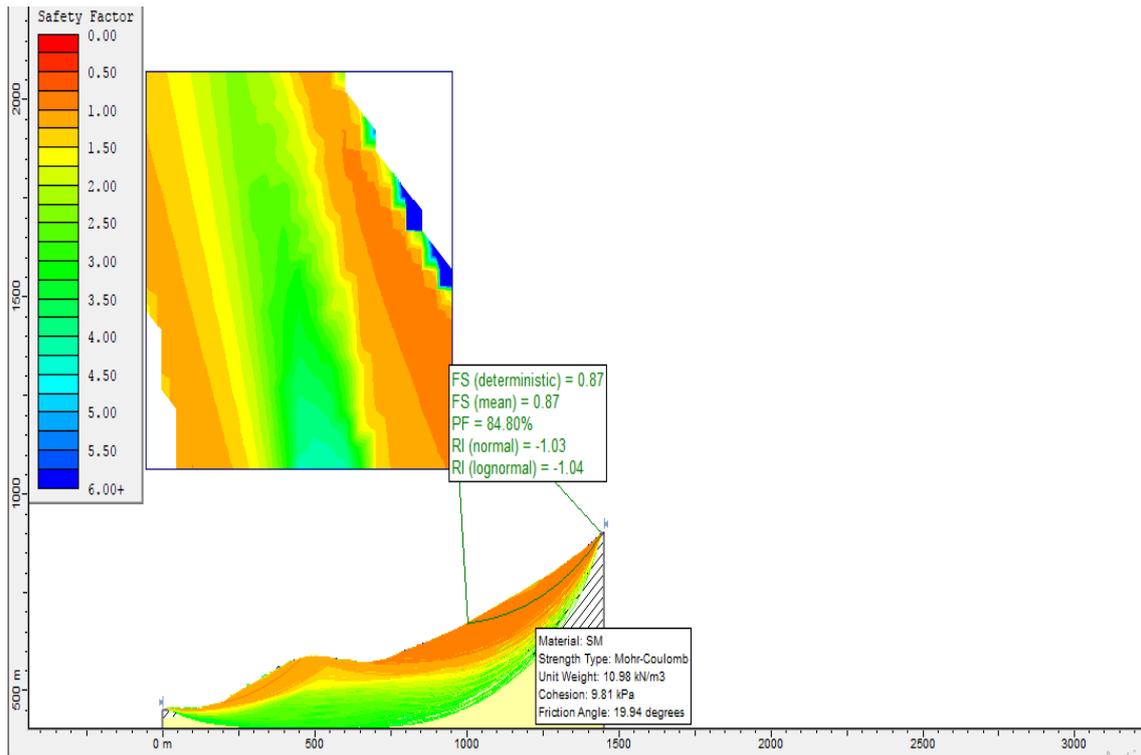


Figura 209. Probabilidad de falla en la progresiva: 09+434.20

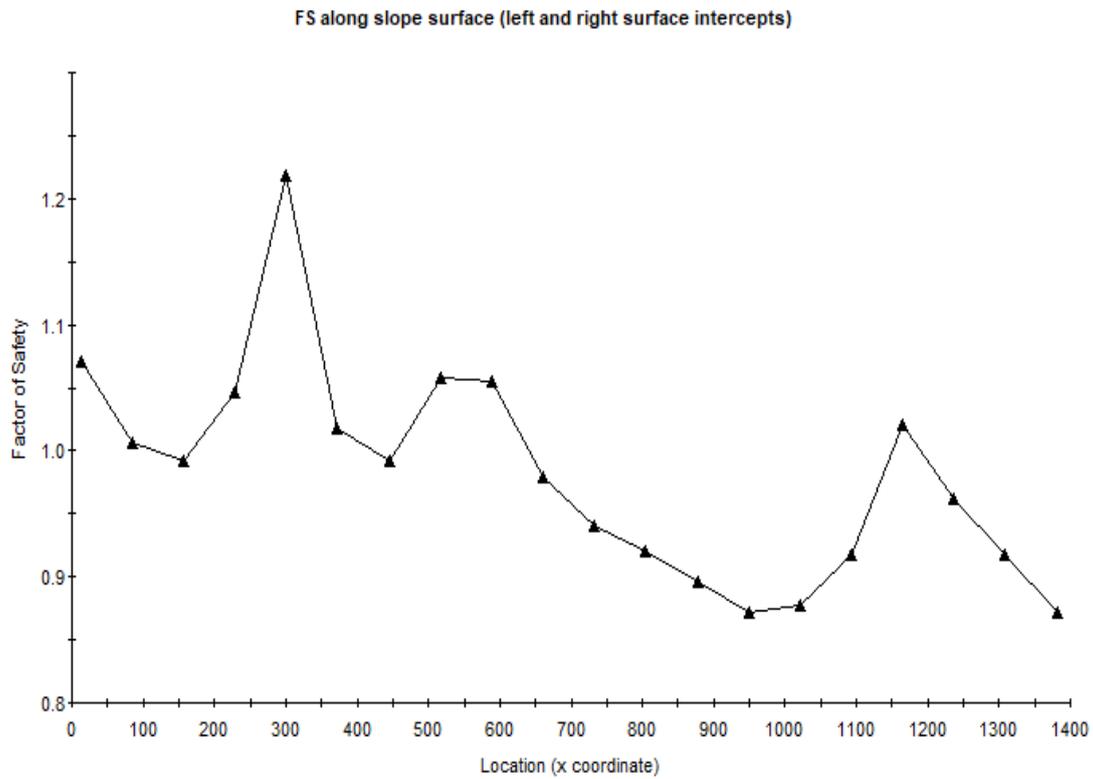


Figura 210. FS según distancia en la progresiva: 09+434.20

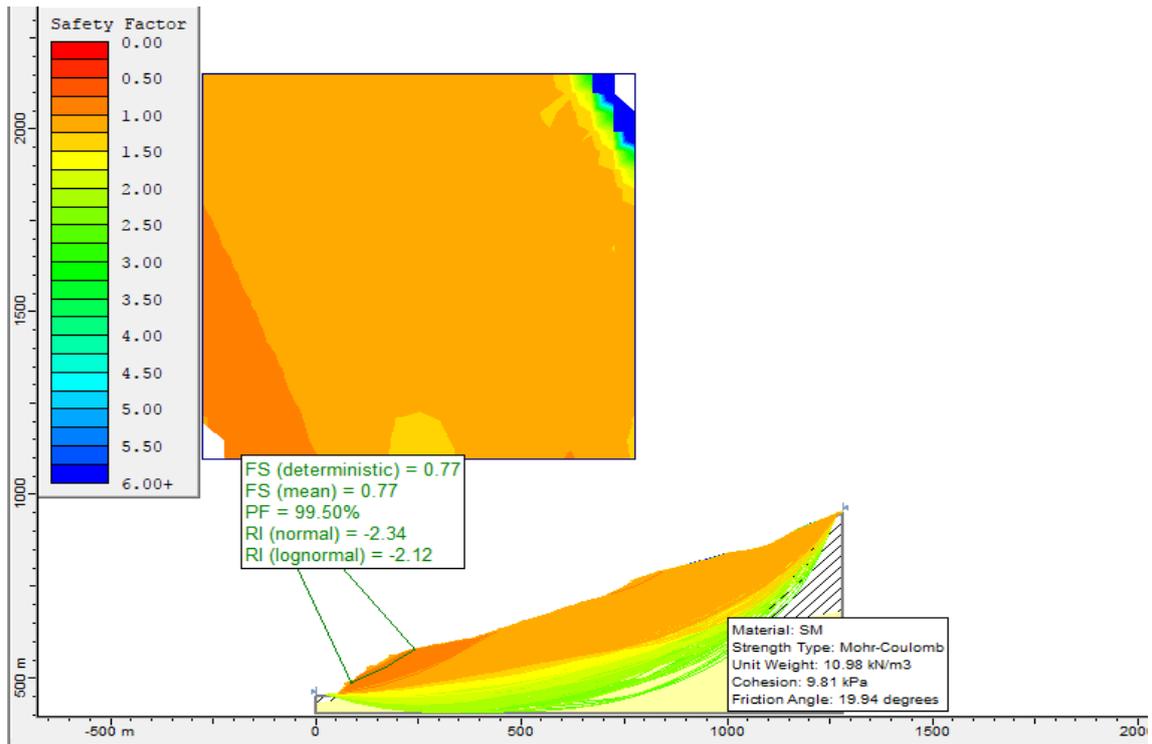


Figura 211. Probabilidad de falla en la progresiva: 10+014.90

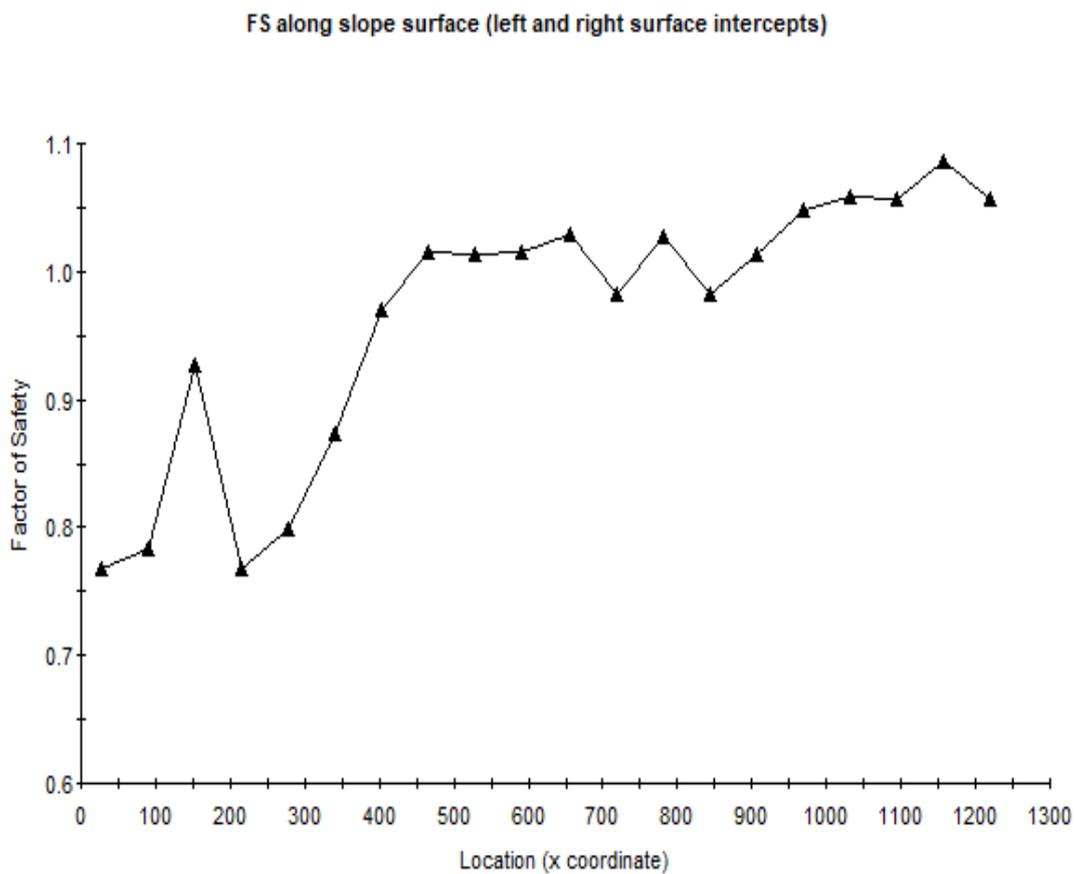


Figura 212. FS según distancia en la progresiva: 10+014.90

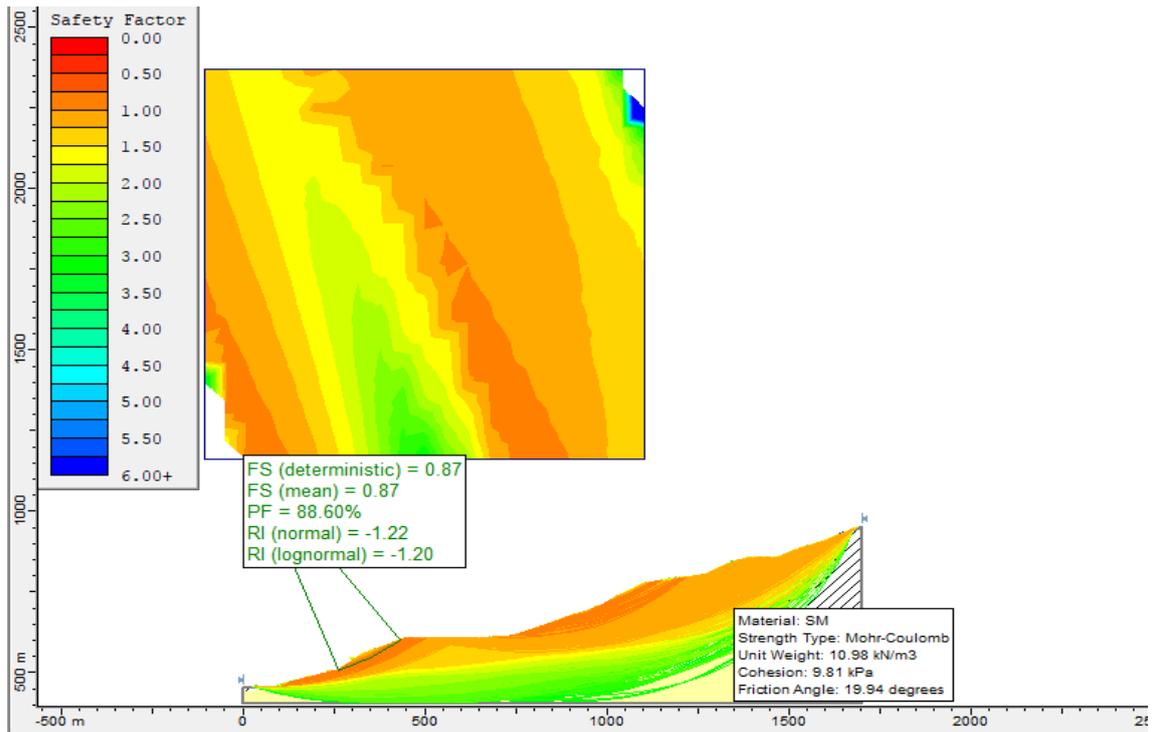


Figura 213. Probabilidad de falla, progresiva: 11+623.40

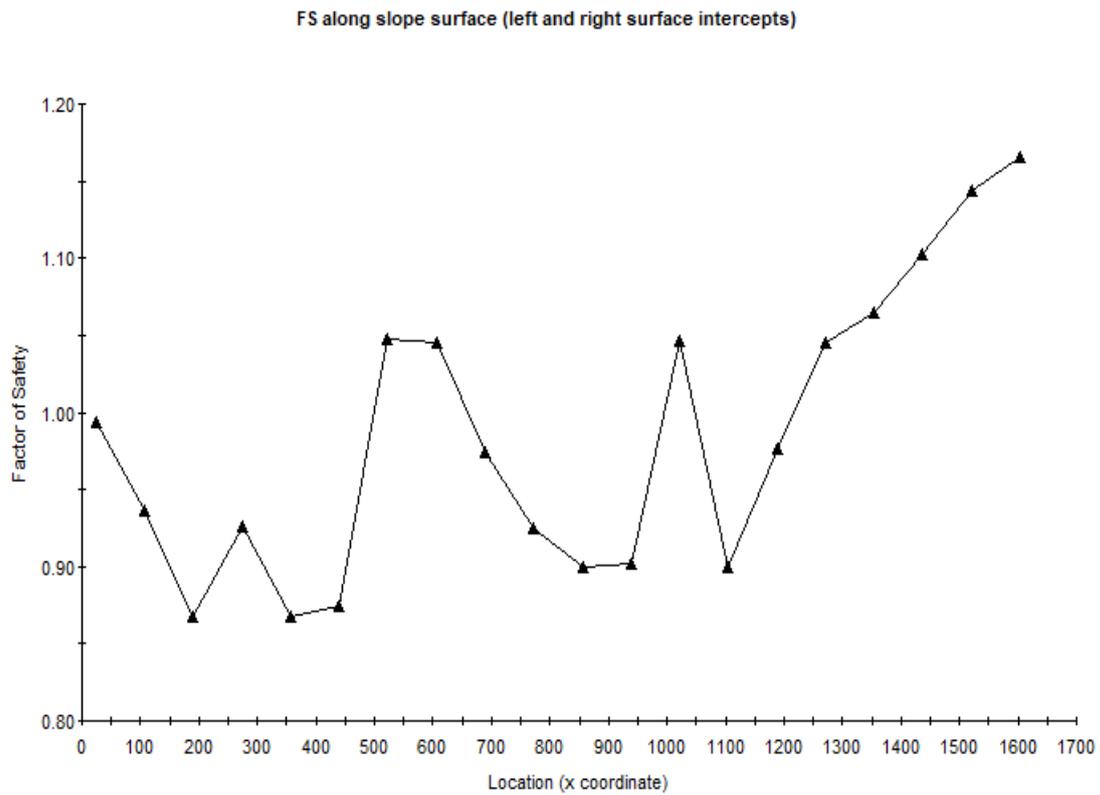


Figura 214. FS según distancia en la progresiva: 11+623.40

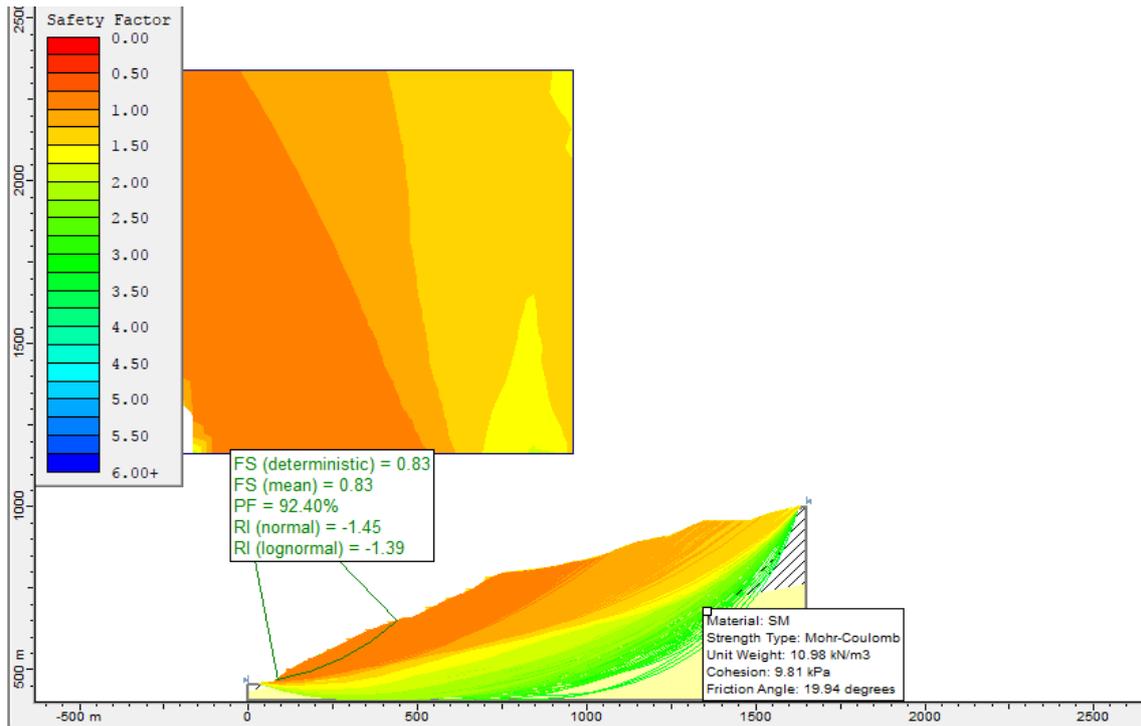


Figura 215. Probabilidad de falla en la progresiva: 12+535.40

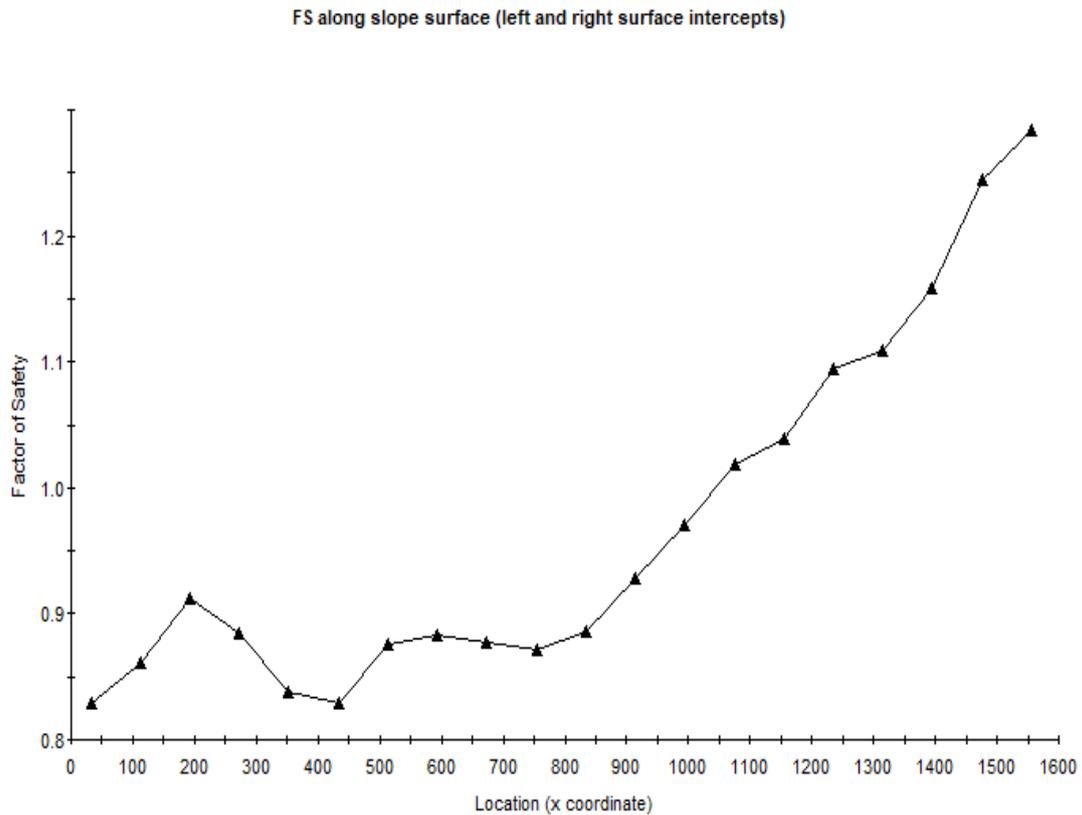


Figura 216. FS según distancia en la progresiva: 12+535.40

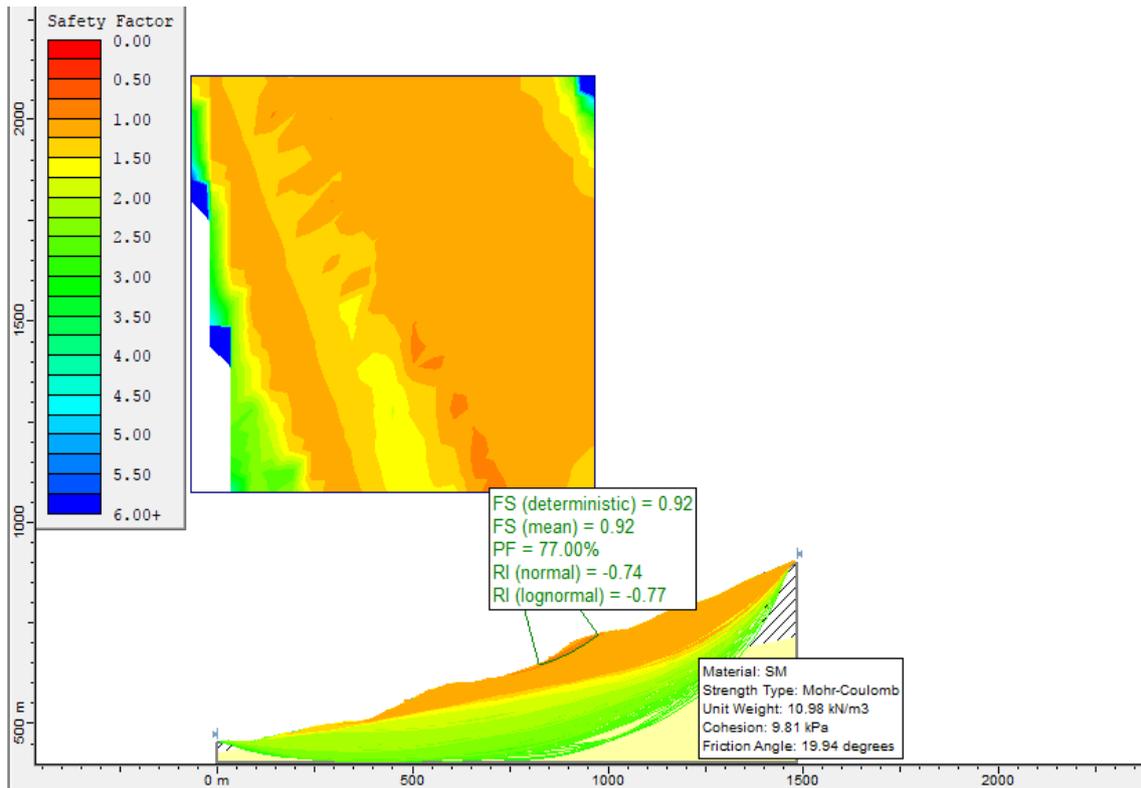


Figura 217. Probabilidades de falla en la progresiva: 13+046.29

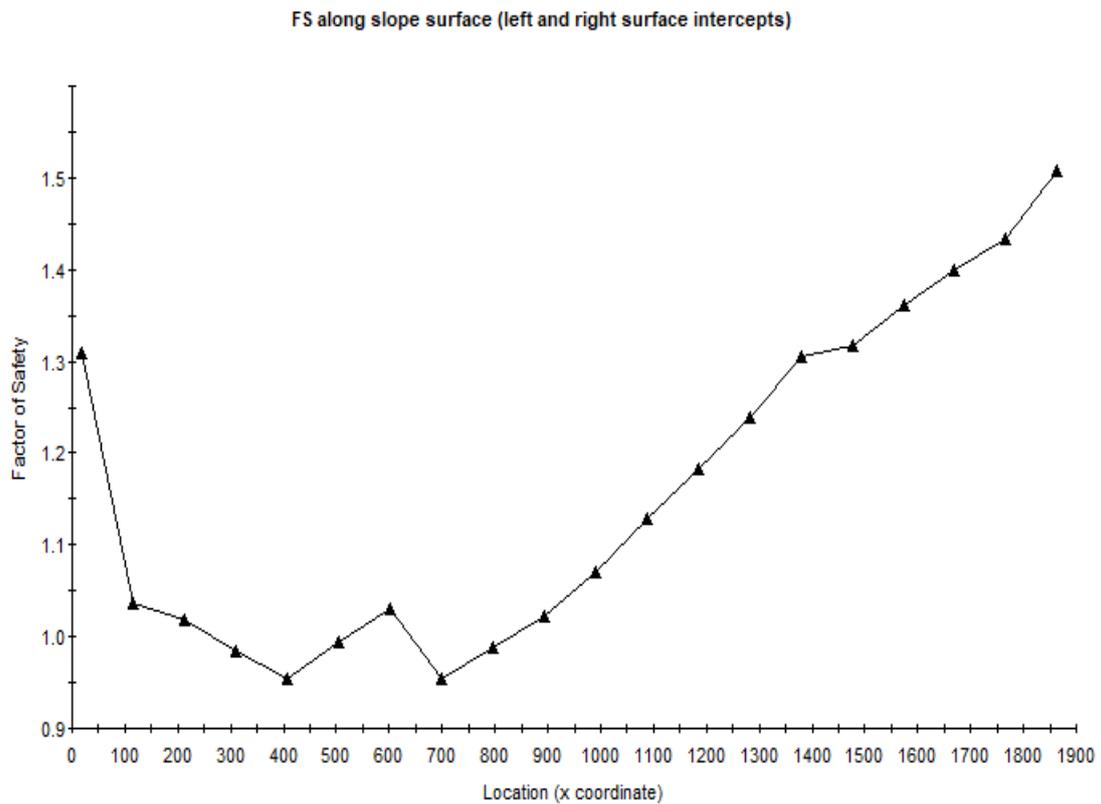


Figura 218. FS según distancia en la progresiva: 13+046.29

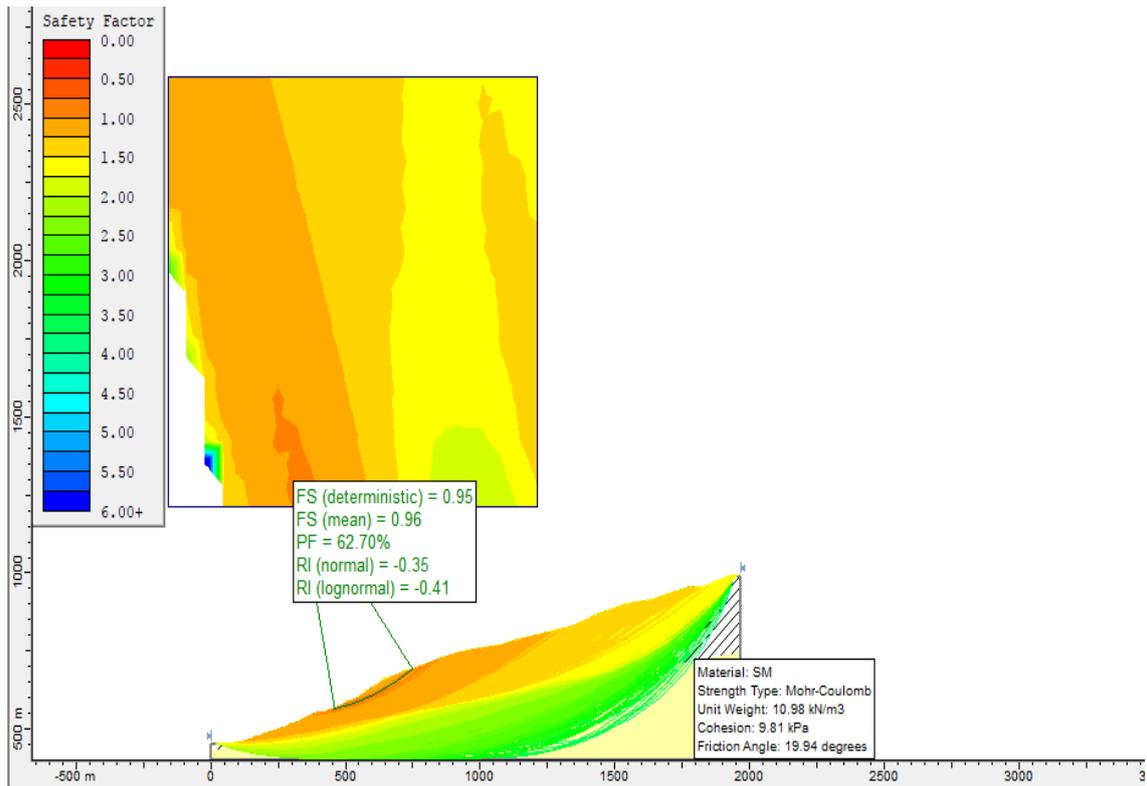


Figura 219. Probabilidad de falla, progresiva: 13+460.80

FS along slope surface (left and right surface intercepts)

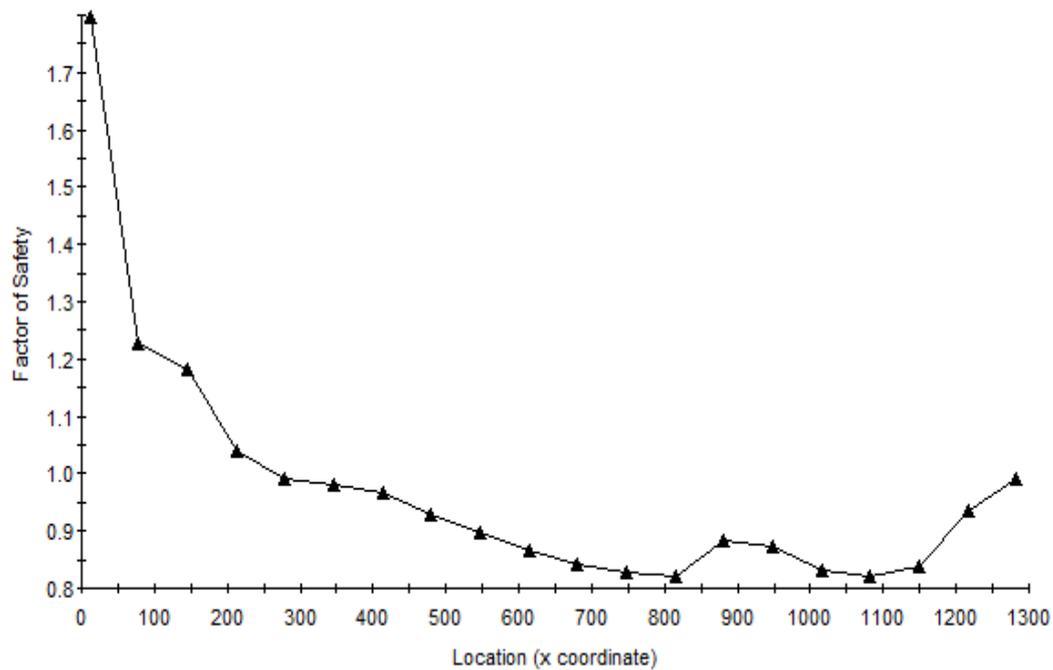


Figura 220. FS según distancia en la progresiva: 13+460.80

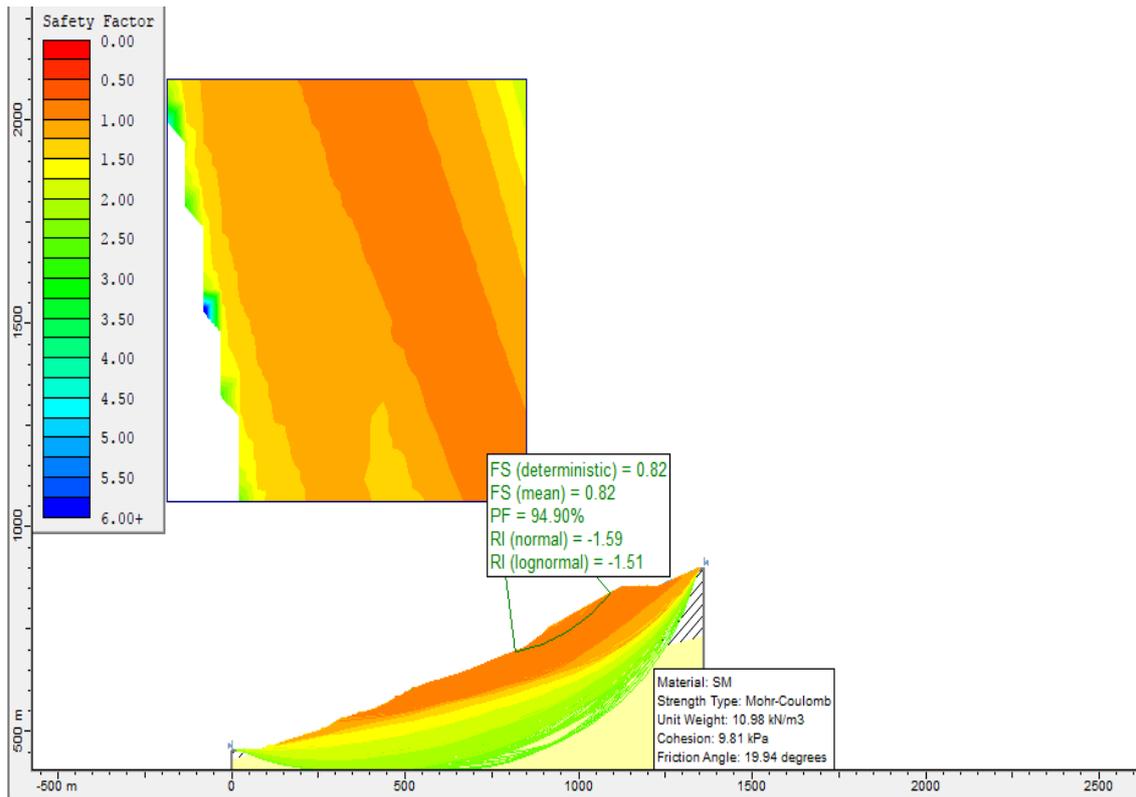


Figura 221. Probabilidades de falla en la progresiva: 14+176.90

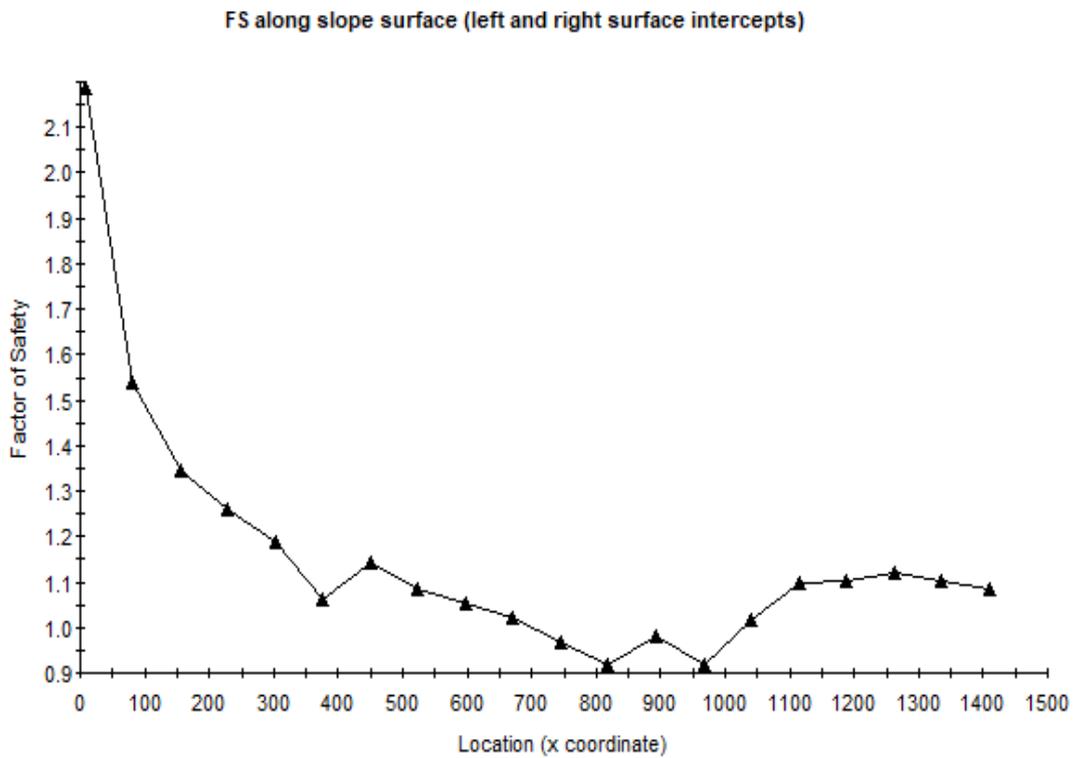
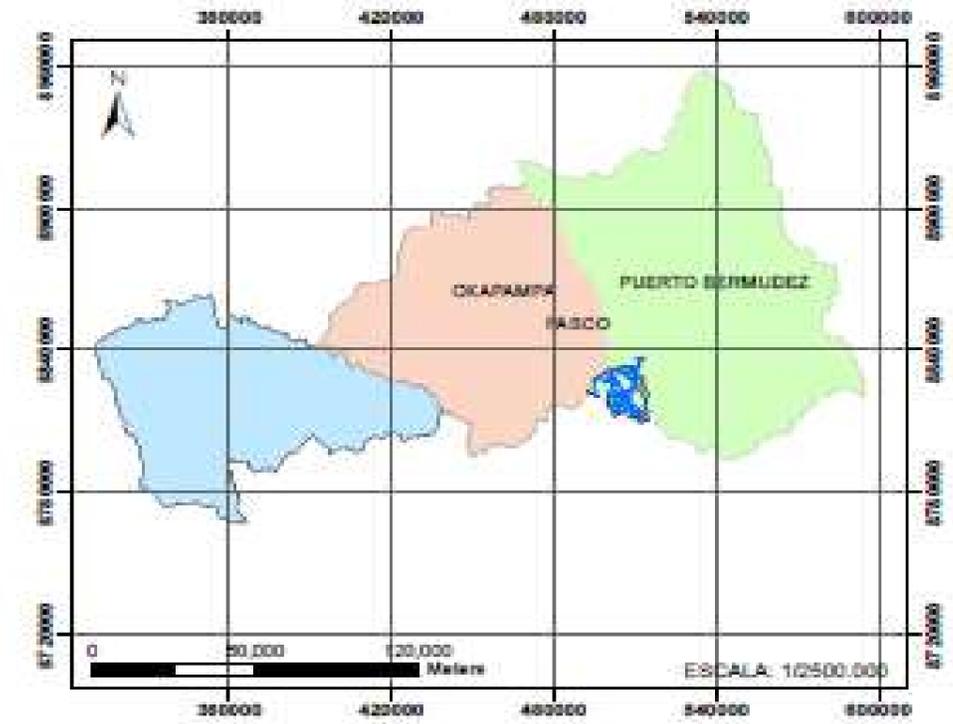
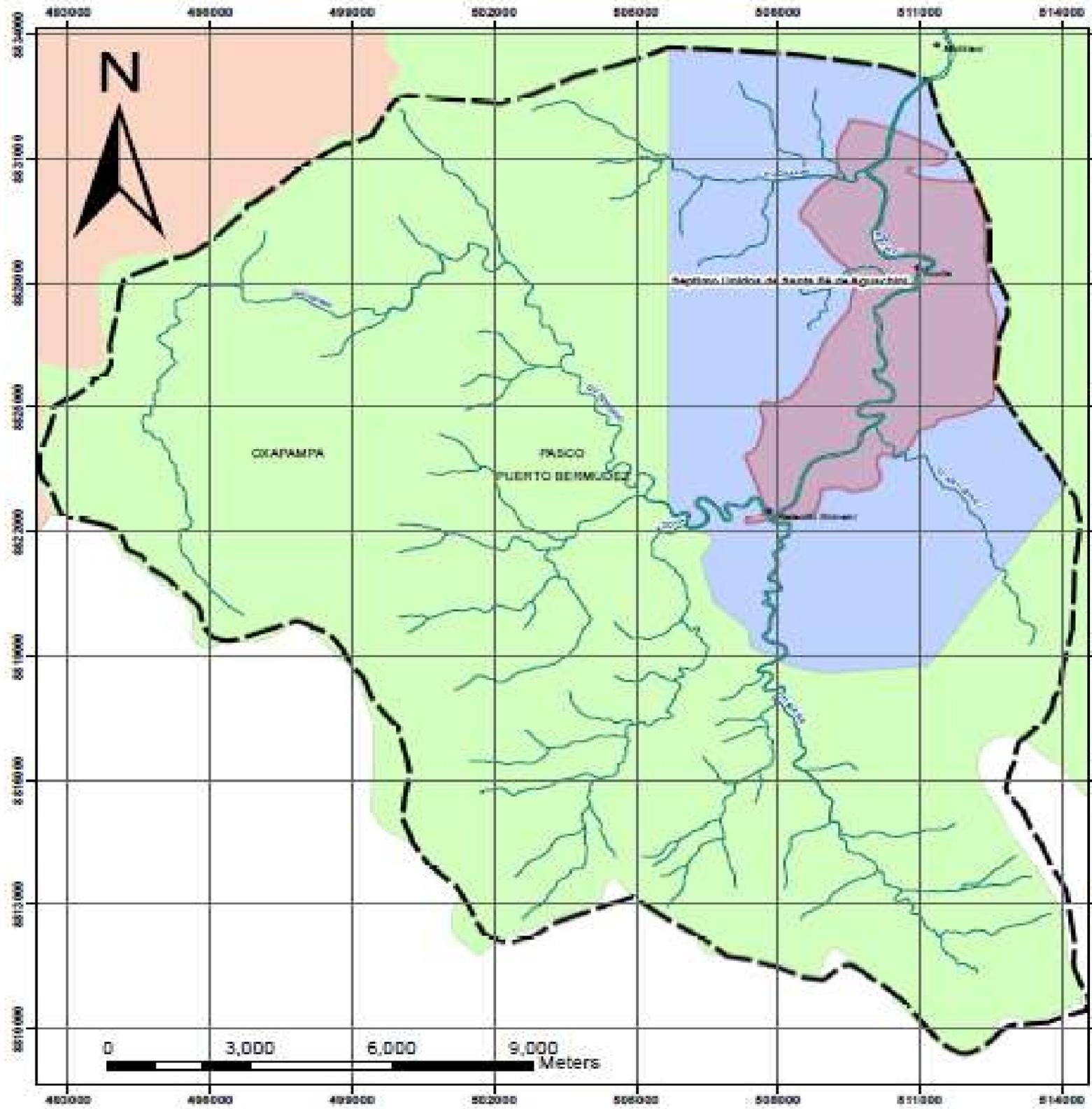


Figura 222. FS según distancia en la progresiva: 14+176.90

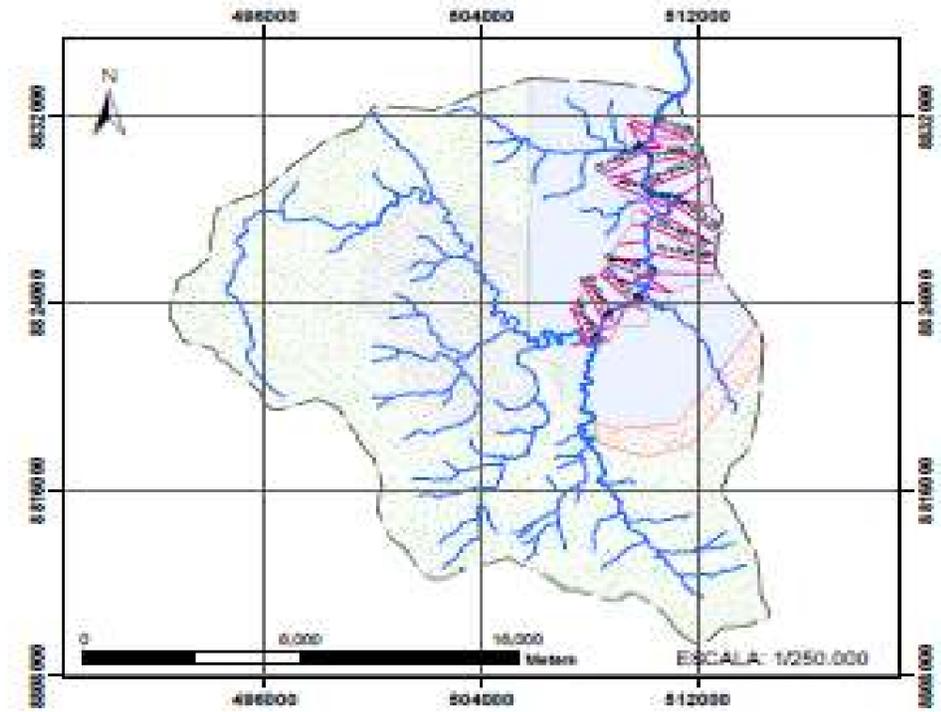
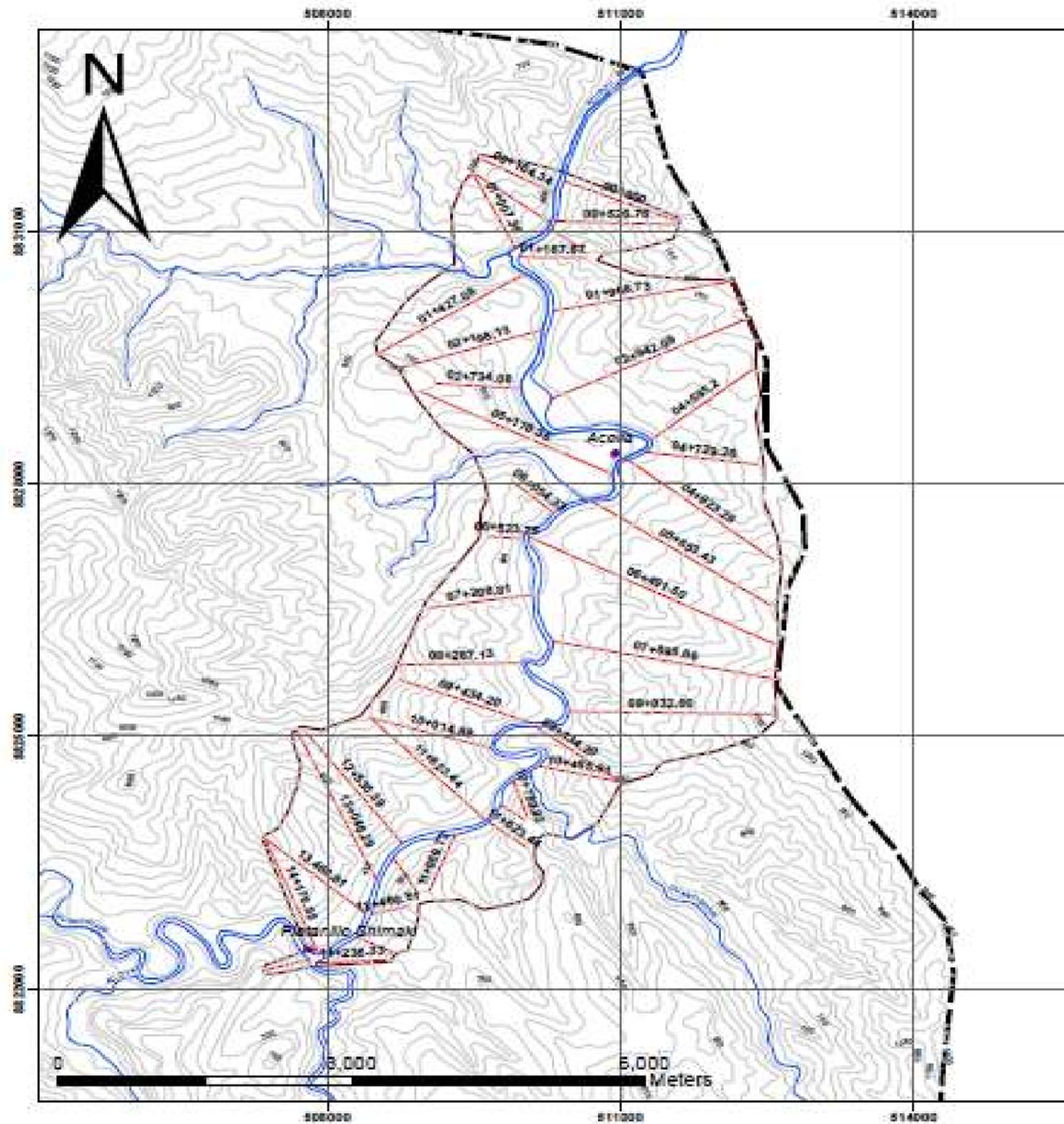
Anexo 4. Planos.

4.1. Plano de ubicación de la cuenca.



 UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
TESIS: INDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA POR MÉTODO DE TALUDES NATURALES EN LA CUENCA DEL RIO AZUPIZU 2017.	Oct-2017
TESISISTA: FIDELA MIRIAM RAMOS HEREDIA	LAMINA: 01
PLANO: UBICACION DE LA CUENCA DEL RIO AZUPIZU.	ESCALA: 1/100,000
FUENTE: http://www.geogebra.org/m/2014/03/base-de-datos-pais-ahapella-ahp-miriam.html	

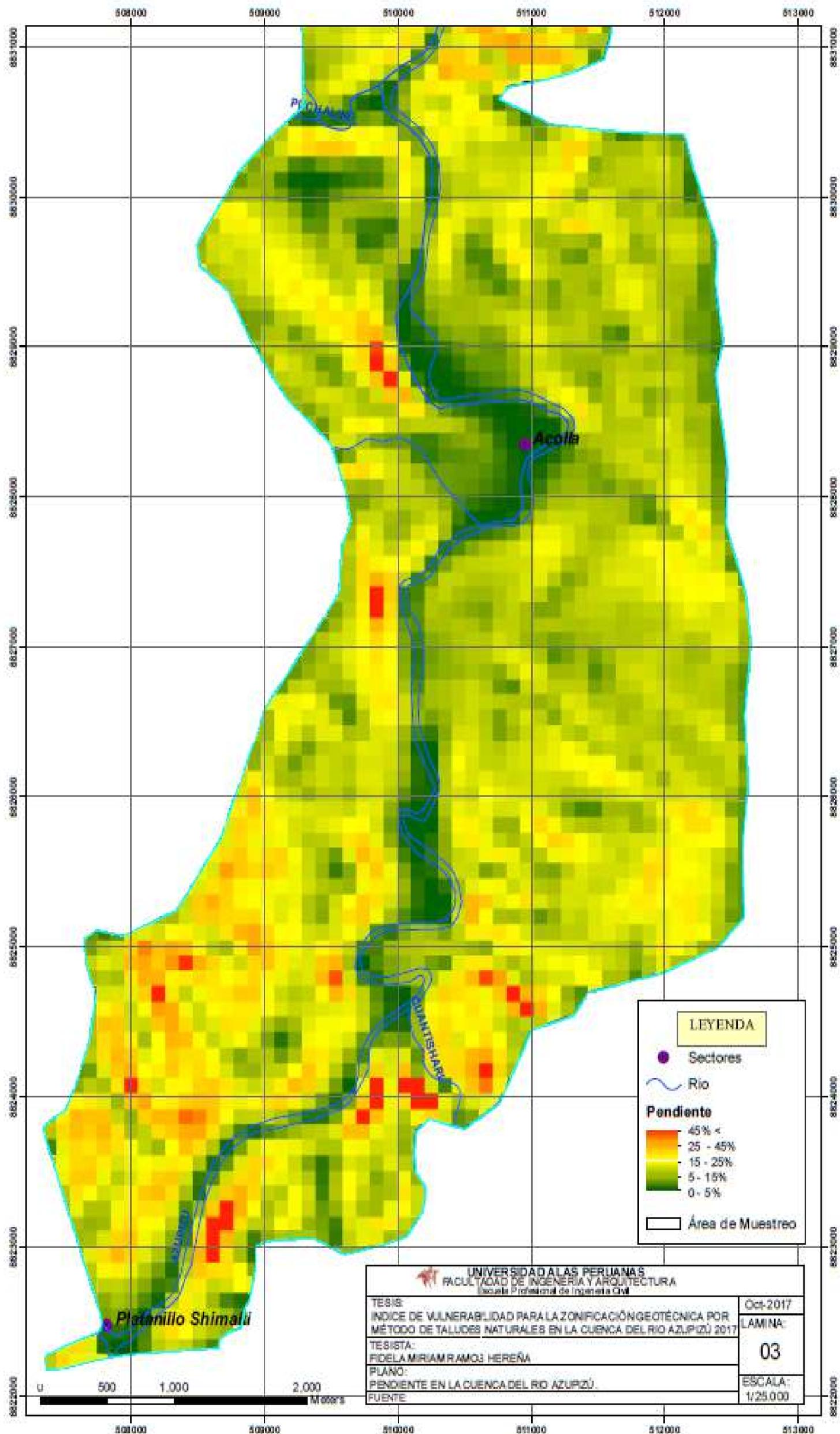
4.2. Plano de curva de nivel -trazo de pendiente.



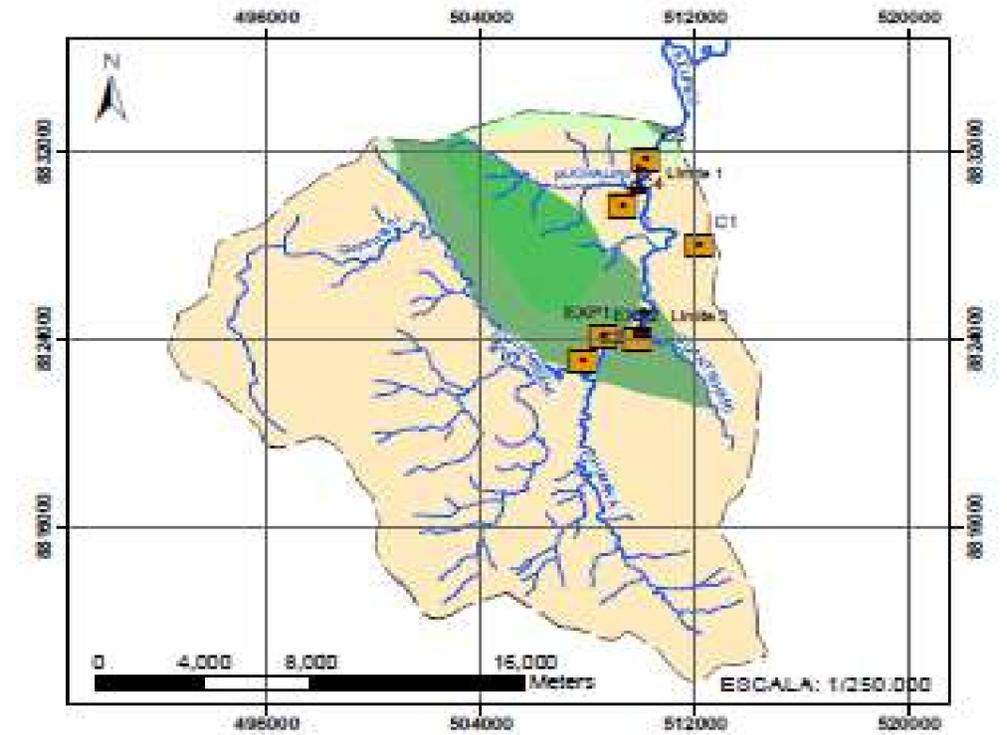
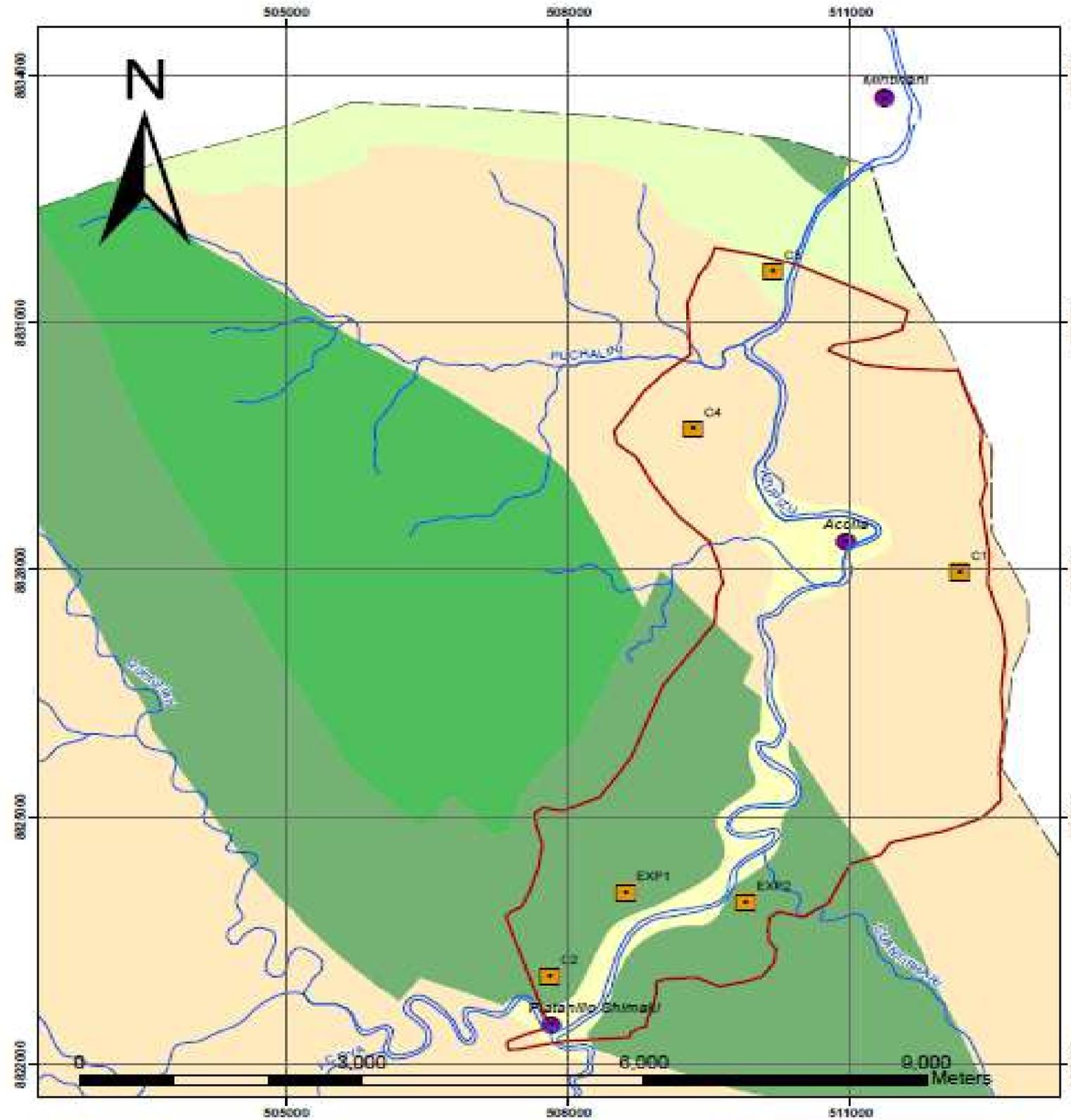
LEYENDA	
	Curva de nivel
	Río
	Trazo de pendiente
	Sectores
	Área de Muestreo
	Cuenca

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
TESIS: INDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA POR MÉTODO DE TALUDS NATURALES EN LA CUENCA DEL RÍO AZUPIZÚ 2017.	Oct-2017
TESISTA: FIDELA MIRIAM RAMOS HEREÑA	LAMINA: 02
PLANO: TRAZO DE PENDIENTE EN LA CUENCA DEL RÍO AZUPIZÚ.	ESCALA: 1/50.000
FUENTE:	

4.3. Plano de pendientes en la cuenca del rio Azupizú.

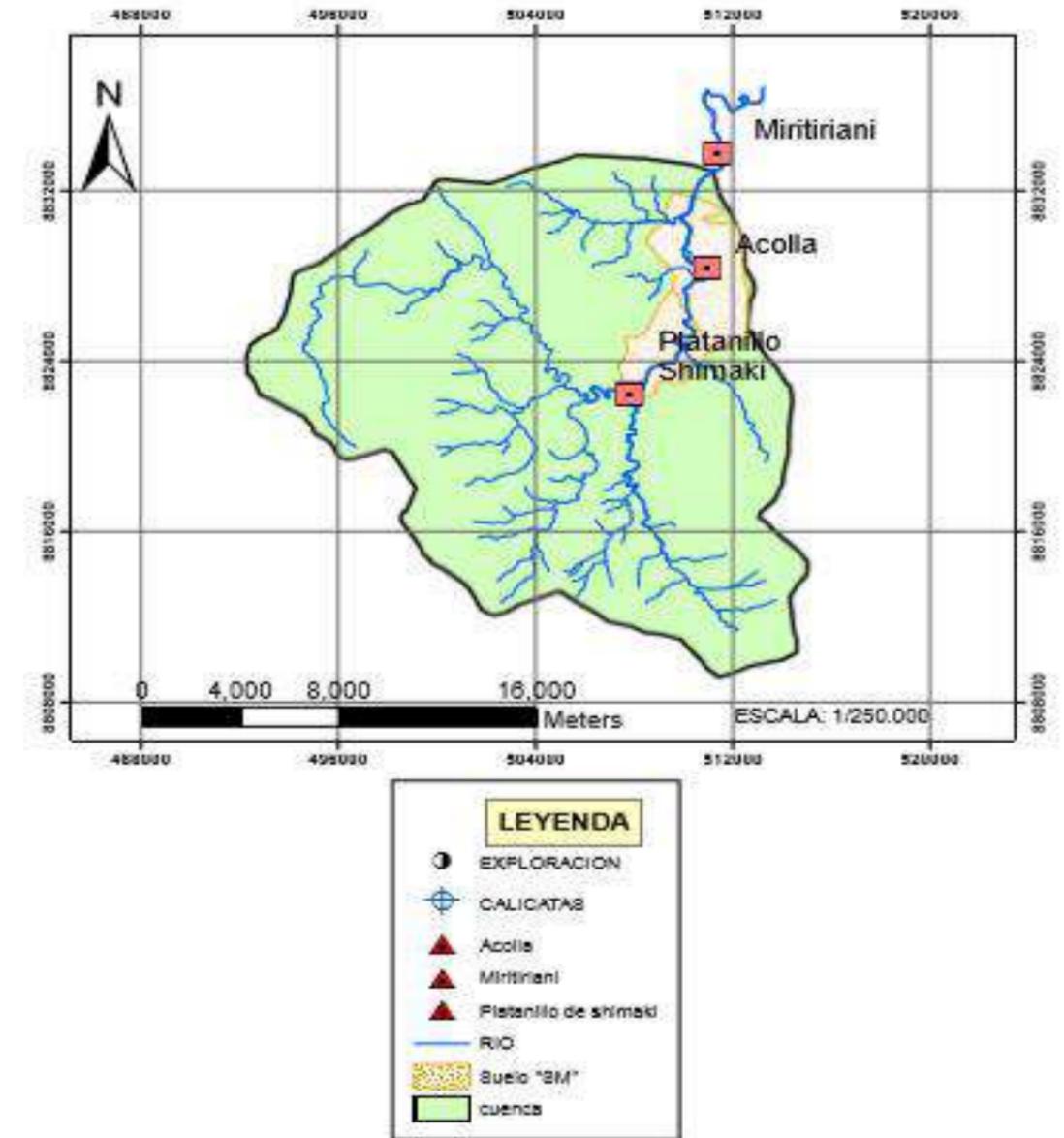
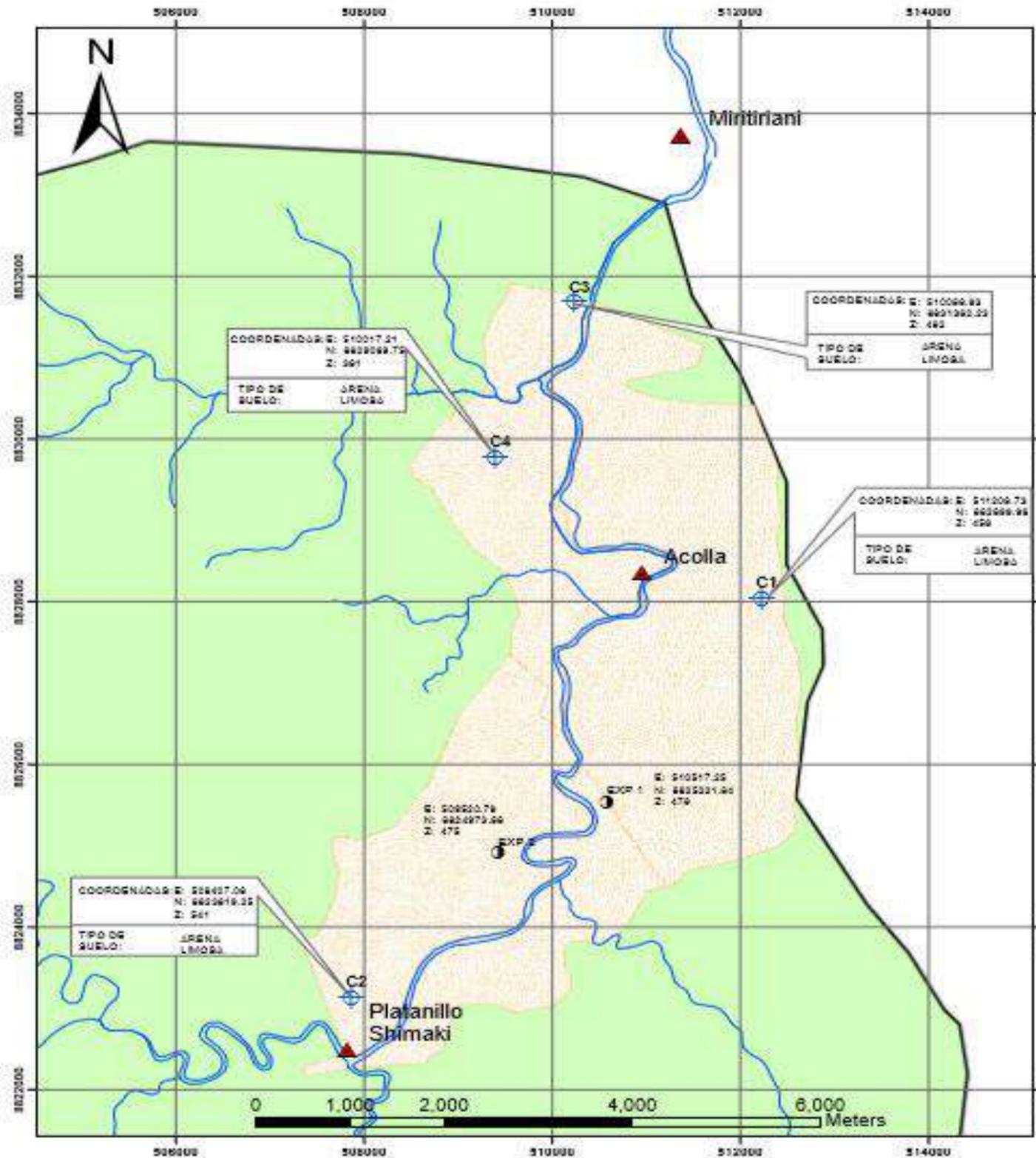


4.4. Plano de formación geológica en la cuenca del río Azupízu.



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
TESIS: INDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA POR MÉTODO DE TALUDES NATURALES EN LA CUENCA DEL RÍO AZUPÍZU 2017.	Oct-2017
TESISISTA: FIDELA MIRIAM RAMOS HEREÑA	LAMINA: 04
PLANO: FORMACION GEOLOGICA EN LA CUENCA DEL RIO AZUPIZU.	ESCALA: 1/50,000
FUENTE: http://www.ingemmet.gob.pe/carta-geologica-nacional	

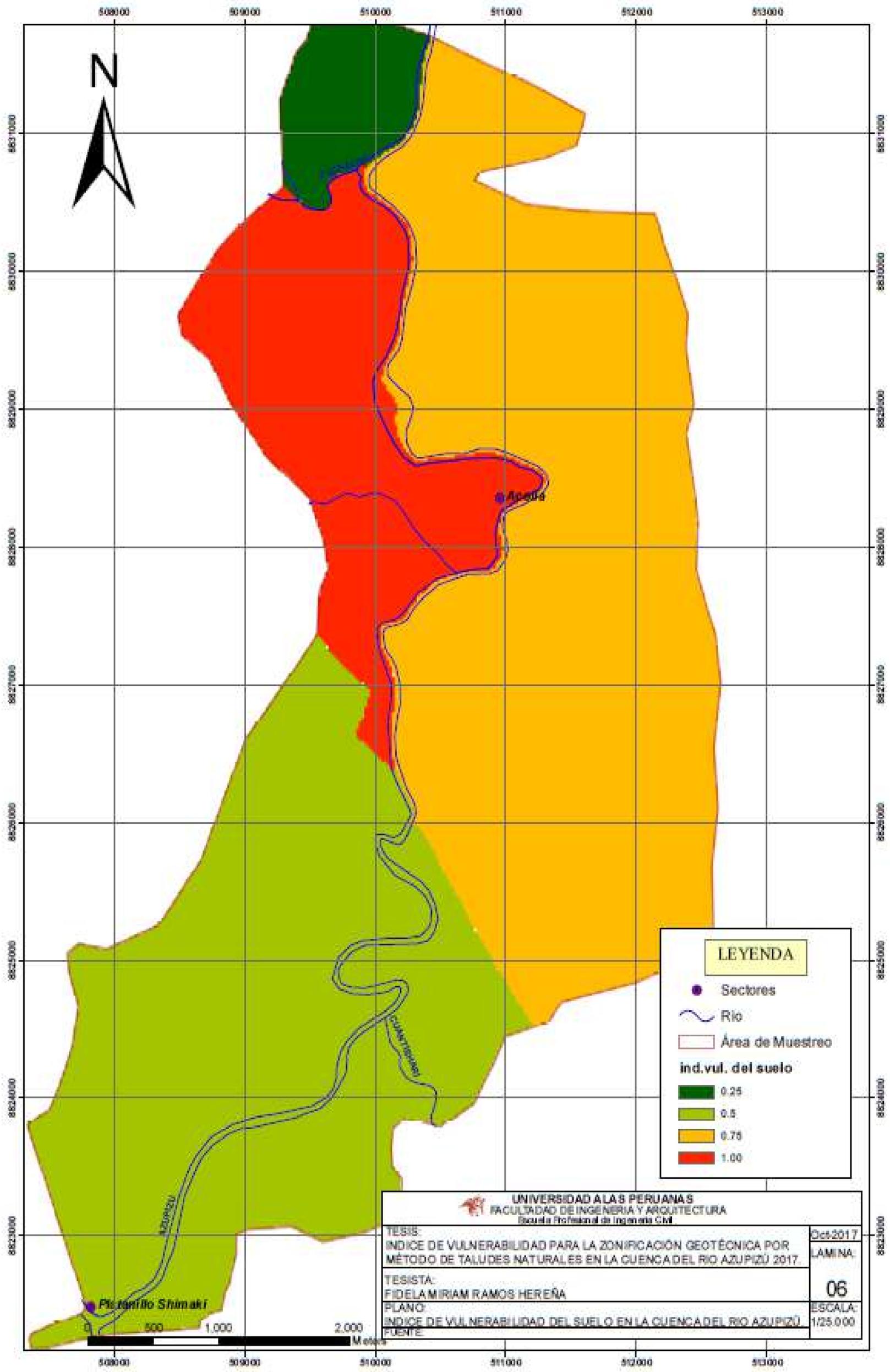
4.5. Plano de tipo de suelo en la cuenca del rio Azupizú.



LEYENDA	
	EXPLORACION
	CALICATAS
	Acolla
	Miritiriani
	Platanillo de shimaki
	RIO
	Suelo "SM"
	cuenca

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA Escuela Profesional De Ingeniería Civil	
TESIS: INDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA POR MÉTODO DE TALUDES NATURALES EN LA CUENCA DEL RIO AZUPIZÚ 2017.	Oct-2017 LAMINIA:
TESISISTA: FIDELA MIRIAM RAMOS HERERA	05
PLANO: TIPO DE SUELO EN LA CUENCA DEL RIO AZUPIZÚ FUENTE: AUTORIA PROPIA	ESCALA: 1/50.00

4.6. Plano de índice de vulnerabilidad del suelo en la cuenca del río Azupizú.



LEYENDA

- Sectores
- ~ Río
- Área de Muestreo

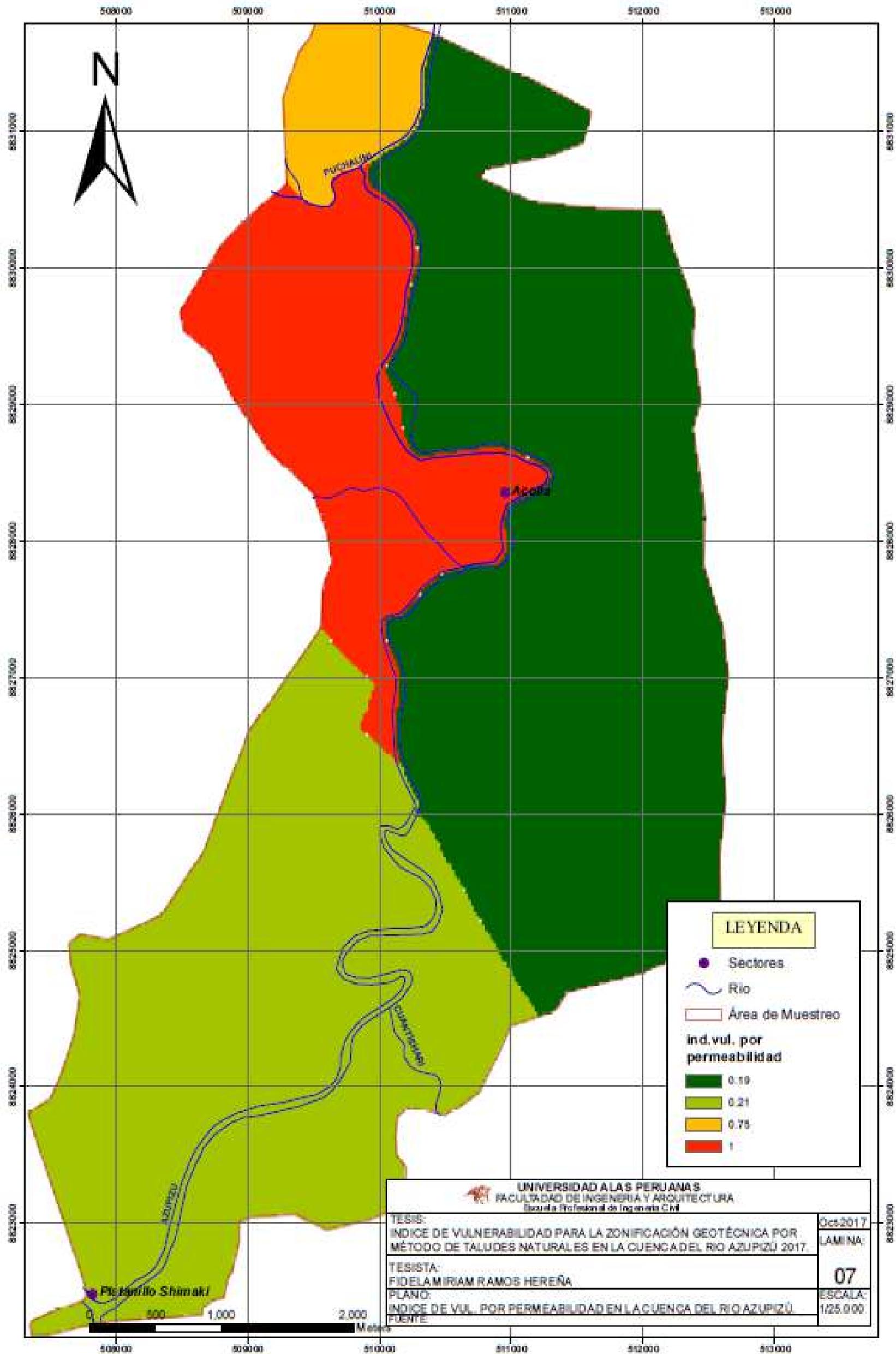
ind. vul. del suelo

- 0.25
- 0.5
- 0.75
- 1.00

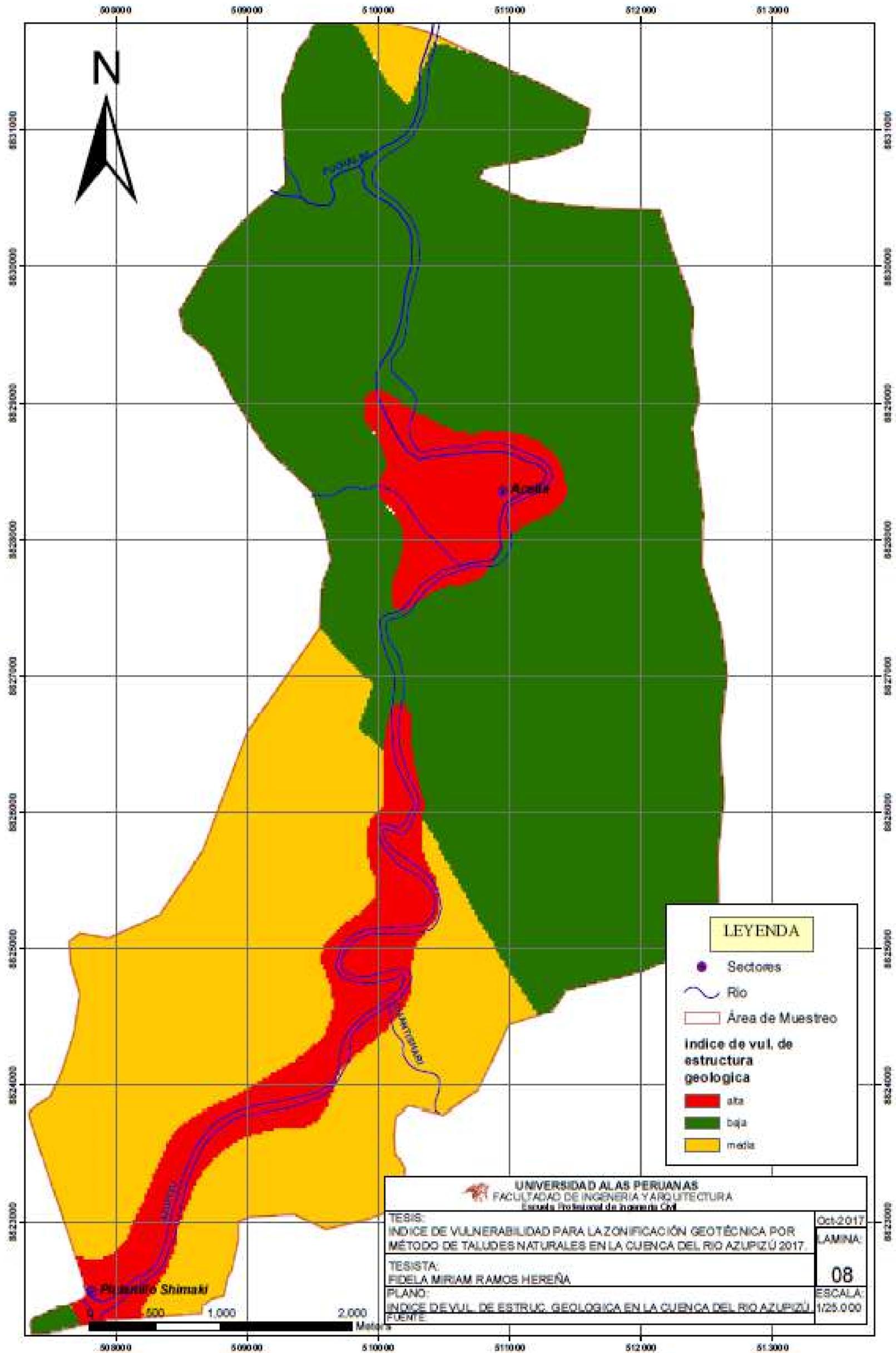

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil

TESIS: INDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA ZONIFICACION GEOTECNICA POR METODO DE TALUDES NATURALES EN LA CUENCA DEL RIO AZUPIZU 2017.	Dic-2017 LAMINA:
TESISISTA: FIDELAMIRIAM RAMOS HEREDIA	06
PLANO: INDICE DE VULNERABILIDAD DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RIO AZUPIZU	ESCALA: 1/25.000
FUENTE:	

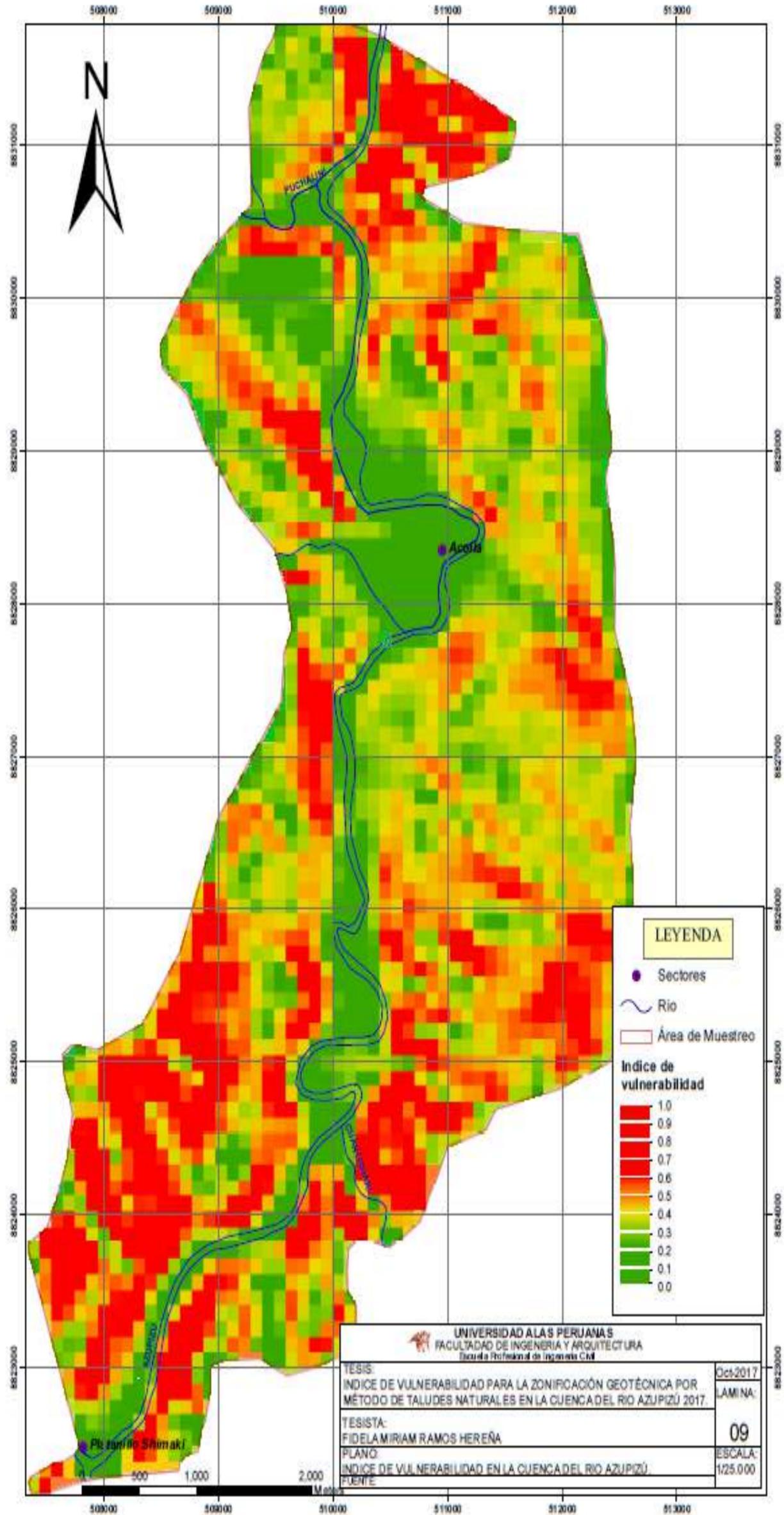
4.7. Plano de índice de vulnerabilidad por permeabilidad en la cuenca del río Azupizú.



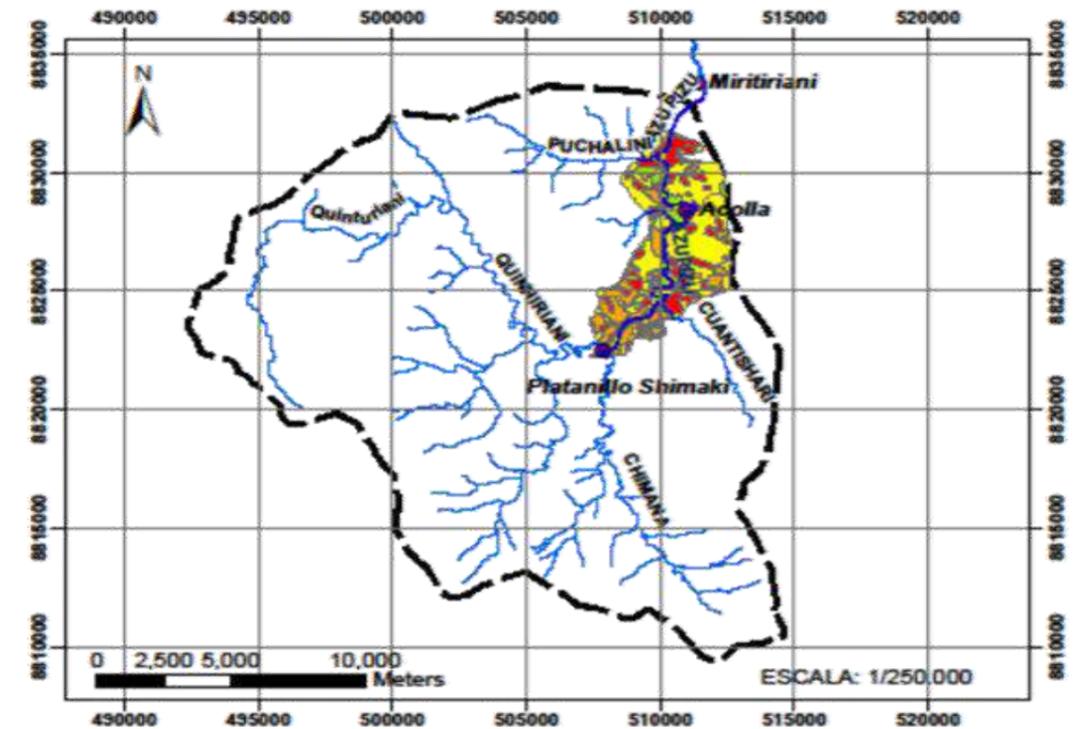
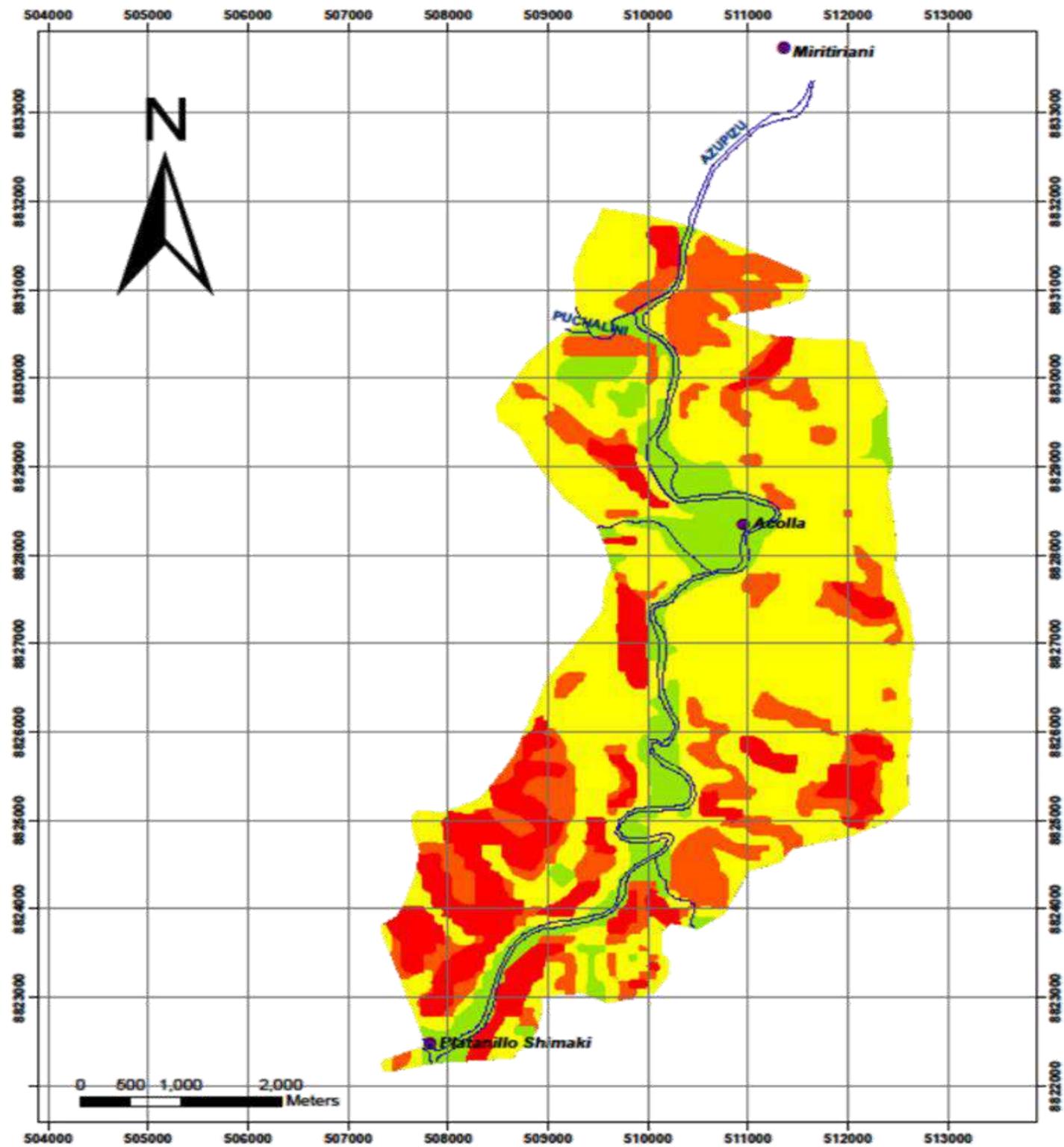
4.8. Plano de índice de vulnerabilidad de la estructura geológica (roca) en la cuenca del río Azupizú.



4.9. Plano de índice de vulnerabilidad en la cuenca del río Azupizú.



4.10. Plano de zonificación en la cuenca del río Azupizú.



LEYENDA

- Sectores
- ~ Río
- Área de zonificación

Zonificación

- probabilidad de falla muy alta
- probabilidad falla alta
- probabilidad falla baja
- probabilidad falla muy baja

 UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA Escuela Profesional de Ingeniería Civil	
TESIS: INDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA POR MÉTODO DE TALUDES NATURALES EN LA CUENCA DEL RIO AZUPIZÚ 2017.	Oct-2017 LAMINA:
TESISTA: EIDEL AMIRIAM RAMOS HEREÑA	10
PLANO: ZONIFICACION GEOTECNICA EN LA CUENCA DEL RIO AZUPIZÚ.	ESCALA: 1/50.000

Anexo 5. Otros documentos.

5.1. Solicitud al instituto del bien común (IBC).

"Año Del Buen Servicio Al Ciudadano"

SOLICITO: PLANOS TOPOGRAFICOS DE LA CUENCA DEL RIO AZUPIZÚ.

**SEÑOR: BIÓLOGO EDGARDO CASTRO VELAPATIÑO
COORDINADOR PROPACHITEA - INSTITUTO DEL BIEN COMÚN.**

Yo Fidela Miriam Ramos Hereña, identificado DNI N°70802899, con domicilio en av. Coronel Parra s/n. distrito de Pilcomayo, provincia de Huancayo región Junín ante Usted expongo:

Que siendo bachiller de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Alas Peruanas Filial-Huancayo, y con el firme propósito de estar realizando estudios de investigación para la tesis: "INDICE DE VULNERABILIDAD PARA LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA POR MÉTODO DE TALUDES NATURALES EN LA CUENCA DEL RIO AZUPIZÚ-2017." En el distrito de Puerto Bermúdez, provincia de Oxapampa, región Pasco, solicito se me expida planos topográficos del distrito de puerto Bermúdez - cuenca del rio Azupizú.

Solicito acceder a mi petición.

Pilcomayo 26 de mayo del 2017.



FIDELA MIRIAM RAMOS HEREÑA
DNI: 70802899

5.2. Constancia (IBC).



Dr. Mayta Cájar N° 1329
Jesús María - Lima 11 - Perú
Tel. (511) 573.2266 / 573.2266 / 573.2264
www.ibcperu.org

Constancia

Conste por la presente que la Srta. **Fidela Miriam Ramos Hereña**, Bach. de la Universidad Alas Peruanas – Fífal Huancayo, se le ha apoyado proporcionándole planos del levantamiento topográfico (curvas de nivel) y límites de comunidades concernientes a la microcuenca del río Azupizú, distrito de Puerto Bermúdez; información que estará utilizando para elaborar la tesis titulada: **Índice de vulnerabilidad para la zonificación geotécnica por método de taludes naturales en la cuenca del río Azupizú.**

Se expide dicho documento a solicitud de la interesada para fines que estime necesario.

Oxapampa, 17 de noviembre del 2017

Algo. Edgardo Castro Belapastore

Coordinador ProFacilita
Instituto del Bien Común

Anexo 6. Panel fotográfico.



Figura 223 Pogresiva:04+595.2 extracción de muestra - calicata n°1 en el sector Acolla.

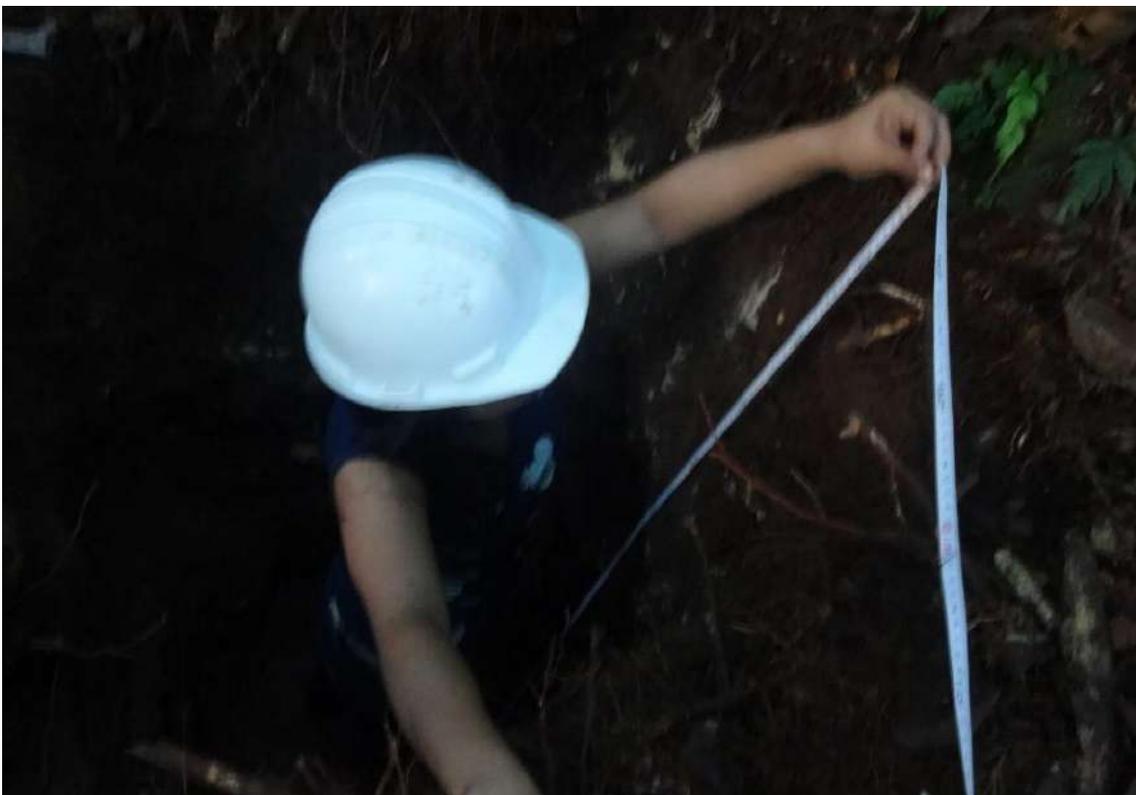


Figura 224. Medición de profundidad de 1.80 m, calicata n°1 en el sector Acolla.



Figura 225. Progresiva:13+046.3 extracción de muestra - calicata n°2 en el sector Platanillo de Shimaki.



Figura 226. Progresiva: 00+539.4 medición de profundidad de la calicata n°3 en el sector Nativa Miritiriani.



Figura 227. Extracción de muestra a 1.20 m de profundidad debido a que el resto es material rocoso en la calicata n°3 en el sector Miritiriani.

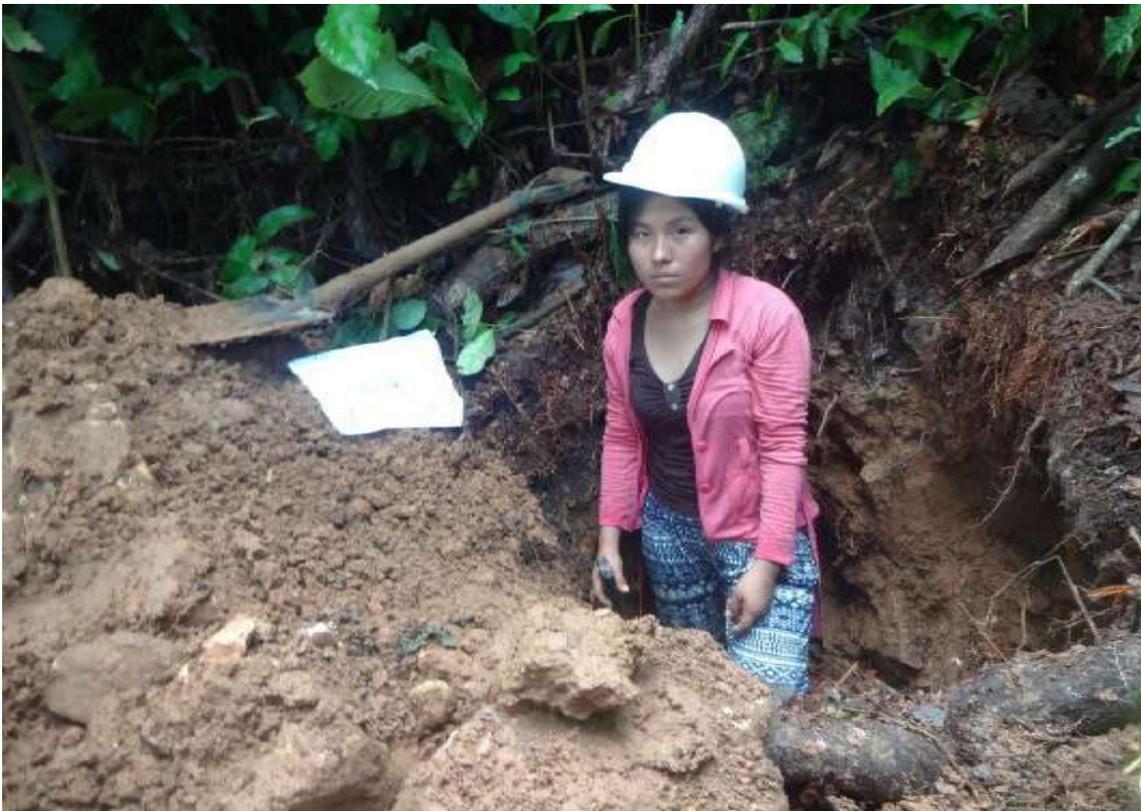


Figura 228. Progresiva 02+198.1 Extracción de muestra en la calicata n°4 en el sector Acolla, a poca profundidad se halló estrato de rocoso.



Figura 229. Prueba de infiltración con vegetación en el sector Acolla.



Figura 230. Prueba de infiltración sin vegetación en el sector Acolla.



Figura 231. Prueba de infiltración con vegetación en el sector Platanillo de Shimaki.



Figura 232. Prueba de infiltración sin vegetación en sector de Platanillo de Shimaki.



Figura 233. Ensayo de infiltración con vegetación en el sector de Miritiriani.



Figura 234. Ensayo de infiltración sin vegetación en el sector Miritiriani.



Figura 235. Ensayo de infiltración con vegetación en el sector Acolla tramo II.



Figura 236. Ensayo de infiltración sin vegetación en el sector Acolla tramo II.



Figura 237. Deslizamiento en una zona alta de un talud en el sector Acolla.



Figura 238. Deslizamiento de mínima dentro de la selva en la zona de la extracción de muestra en la calicata n°1, sector Acolla.



Figura 239. Deslizamientos en la progresiva 12+535.4



Figura 240. Deslizamientos en la progresiva 11+268.5 pese a tener una pendiente moderada que no alcanza el 45%.



Figura 241. Deslizamientos con dirección al río Azupizú en el tramo Platanillo de Shimaki.



Figura 242. Deslizamientos en la progresiva 00+164.3 que forma parte en el sector Miritiriani.



Figura 243. Deslizamiento antiguo con probabilidad de fallar.



Figura 244. Roca en proceso de meteorización química- sector Miritiriani.



Figura 245. Rio Azupizú zona medianamente llana en el sector Miritiriani.



Figura 246. Ensayo granulométrico mediante el tamizado.



Figura 247. Tamizado de los materiales extraídos de todas las calicatas.

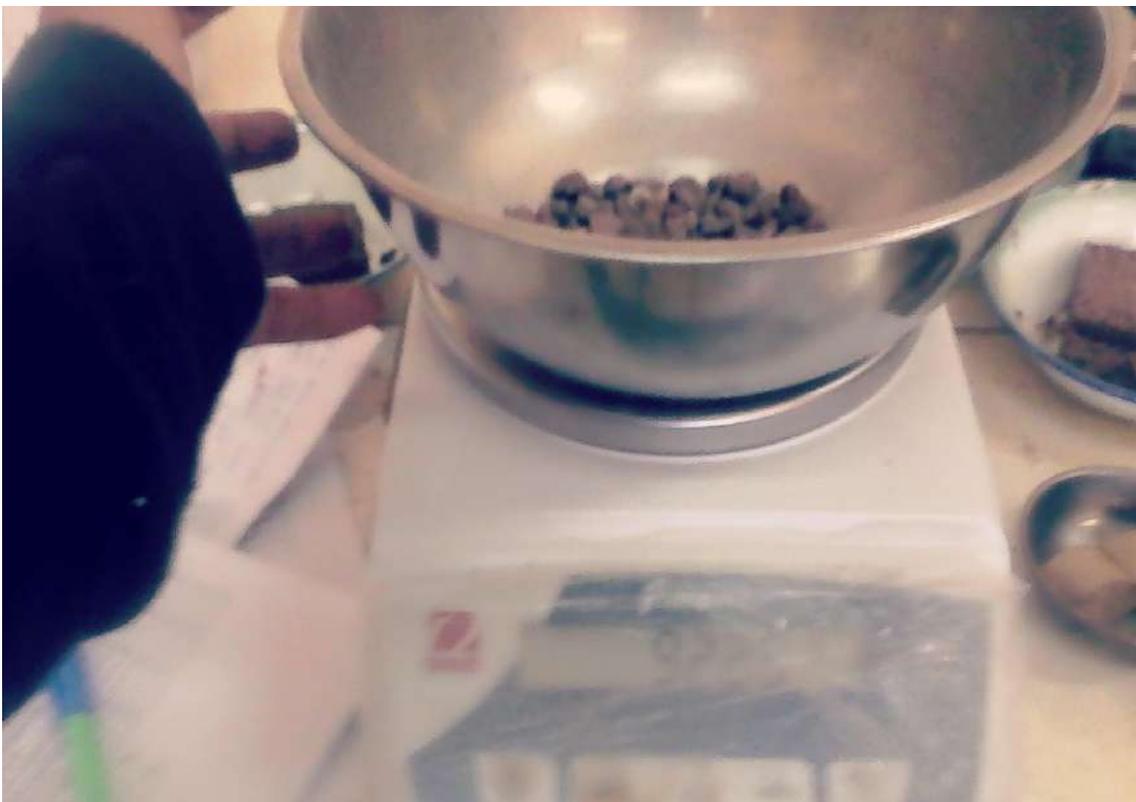


Figura 248. Pesado del material granular retenido en cada tamiz-proceso del análisis granulométrico.



Figura 249. Realización del ensayo de límites líquido en la cuchara de casa grande.



Figura 250. Secado de las muestras en el horno a una temperatura $110 \pm 5^\circ\text{C}$.



Figura 251. Colocando la muestra en el molde.



Figura 252. Tomando lectura de los deformímetros en el ensayo de corte directo.



Figura 253. Desmoldando la muestra del ensayo de corte directo.

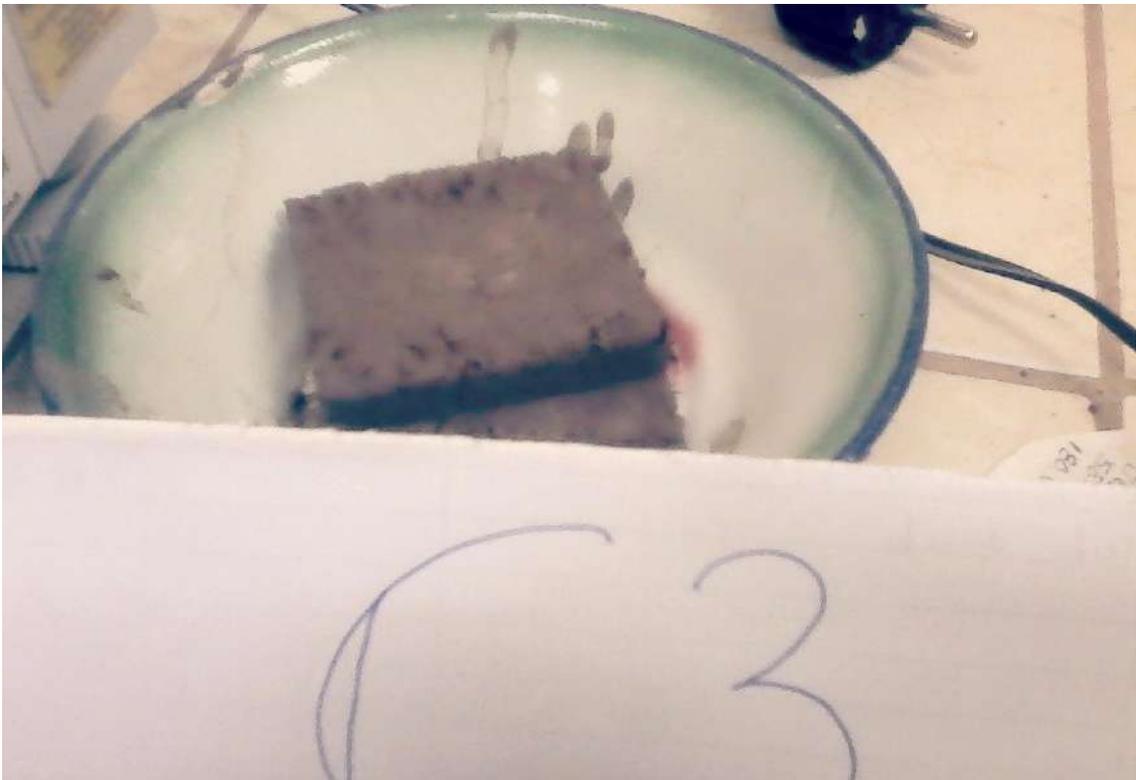


Figura 254. Muestra seca del corte directo de la calicata n°3.



Figura 255. Muestras secas de los ensayos de límite líquido y plástico de la calicata n°1.



Figura 256. Muestras secas de los ensayos de límite líquido y plástico de la calicata n°3.