

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MICROPILOTES PARA ESTABILIZAR EL TALUD DE RELLENO ARTIFICIAL ADYACENTE AL COMPLEJO DEPORTIVO MANUEL BONILLA EN EL DISTRITO DE MIRAFLORES, CIUDAD DE LIMA, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

**Autor:**

Christian Wilson Diaz Jimenez

**Asesor:**

Mg. Ing. Marko Anibal Torres Flores

Lima - Perú

2021

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Wilson y Ruby, por ser el pilar fundamental en mi formación personal y  
académica.

A mi hermana Marcela, por su constante apoyo, paciencia y amor.

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por la vida.

A mis padres y hermana, por su apoyo constante y confianza depositada en mí para el logro de mis objetivos.

Al Dr. Jorge Alva y María Antonieta Luperdi, por ser ejemplo intachable y brindarme su apoyo.

Al Mg. Álvaro Pérez, Dra. Miriam Escalaya, Mg. Arturo Hernández y Mg. Jorge Soto, que con su experiencia y conocimiento me guiaron hacia el desarrollo de esta investigación.

A la empresa Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C., por facilitarme el uso de información técnica.

A la Universidad Privada del Norte, mi asesor de tesis y docentes, quienes contribuyeron con mi formación académica.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
1.1.    Realidad problemática .....	14
1.2.    Antecedentes .....	15
1.3.    Justificación .....	24
1.4.    Definiciones Conceptuales.....	30
1.5.    Bases Teóricas .....	34
1.6.    Formulación del problema .....	74
1.7.    Objetivos .....	75
1.8.    Hipótesis .....	76
<b>CAPÍTULO II. MÉTODO .....</b>	<b>77</b>
2.1.    Tipo de investigación.....	77
2.2.    Población y muestra.....	77
2.3.    Operacionalización de variables .....	80
2.4.    Técnicas e instrumentos de recolección.....	81
2.5.    Procedimiento de tratamiento y análisis de datos .....	83
2.6.    Aspectos éticos.....	91
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>	<b>92</b>
3.1    Resultados del objetivo específico 1 .....	92
3.2    Resultados del objetivo específico 2.....	99
3.3    Resultados del objetivo específico 3.....	113
3.4    Resultados del objetivo específico 4.....	157
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>167</b>
4.1.    Discusión .....	167
4.2.    Conclusiones.....	177
4.3.    Recomendaciones .....	180
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>181</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>187</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores típicos del parámetro A, en el momento de la falla .....	44
Tabla 2 Métodos más usados de análisis de estabilidad de taludes .....	48
Tabla 3 Criterios para el diseño de taludes en roca.....	58
Tabla 4 Límite elástico de los aceros para las armaduras tubulares, fy .....	65
Tabla 5 Límite elástico de los aceros para las barras corrugadas de acero, fsk .....	65
Tabla 6 Recubrimientos mínimos, r (mm).....	68
Tabla 7 Reducción de espesor de armadura por efecto de la corrosión <sup>1</sup> , r <sub>c</sub> (mm).....	69
Tabla 8 Operacionalización de variables .....	80
Tabla 9 Información de profesionales expertos .....	82
Tabla 10 Escala de evaluación.....	83
Tabla 11 Cálculo del índice de V de Aiken .....	83
Tabla 12 Parámetros de resistencia al esfuerzo cortante.....	89
Tabla 13 Sondajes ejecutados y profundidad del relleno antropogénico en el EMS – 2012 .....	92
Tabla 14 Sondajes ejecutados y profundidad del relleno antropogénico en el EMS – 2018 .....	93
Tabla 15 Sondajes ejecutados y profundidad del relleno antropogénico en el EMS - 2020.....	93
Tabla 16 Profundidad de relleno antropogénico en cada sección .....	95
Tabla 17 Valores de factor de seguridad del análisis estático – Condición actual.....	99
Tabla 18 Valores de factor de seguridad del análisis pseudoestático – Condición actual .....	106
Tabla 19 Valores de factor de seguridad del análisis estático – Estabilidad global en bermas.....	113
Tabla 20 Valores de factor de seguridad del análisis pseudoestático – Estabilidad global en bermas	120
Tabla 21 Valores de factor de seguridad del análisis estático – Estabilidad local en bermas.....	127
Tabla 22 Valores de factor de seguridad del análisis pseudoestático – Estabilidad local en bermas .	134
Tabla 23 Valores de factor de seguridad del análisis estático – Talud con micropilotes.....	141
Tabla 24 Valores de factor de seguridad del análisis pseudoestático – Talud con micropilotes .....	148
Tabla 25 Diseño estructural de micropilotes de diámetros comerciales .....	155
Tabla 26 Parámetros de armadura tubular de micropilote de 20 cm de diámetro.....	156
Tabla 27 Incremento del factor de seguridad del análisis estático en la sección 1 .....	158
Tabla 28 Incremento del factor de seguridad del análisis pseudoestático en la sección 1 .....	160
Tabla 29 Factores de seguridad del análisis estabilidad estático en la sección 2.....	161
Tabla 30 Incremento del factor de seguridad del análisis pseudoestático en la sección 2 .....	163
Tabla 31 Factores de seguridad del análisis estabilidad estático en la sección 3.....	164
Tabla 32 Incremento del factor de seguridad del análisis pseudoestático en la sección 3 .....	166
Tabla 33 Geometría de bermas en secciones y retiro.....	170
Tabla 34 Resistencia cortante requerida y de diseño en cada sección .....	173

Tabla 35 Coeficientes sísmicos y factores de seguridad típicos ..... 175

Tabla 36 Factores de seguridad mínimos para la condición pseudoestática en diferentes países..... 176

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fotografía aérea de la zona de estudio del año 1994 .....	25
Figura 2 Fotografía de la Costa Verde antes de rellenos ganados al mar .....	26
Figura 3 Fotografía aérea del 12 de febrero del año 1944 .....	27
Figura 4 Fotografía aérea del 11 de julio del año 1956.....	27
Figura 5 Fotografía satelital del año 2019 .....	28
Figura 6 Fotografía aérea de la zona de estudio del año 2019 .....	28
Figura 7 Grietas observadas en la ciclovía al borde del talud.....	29
Figura 8 Talud natural.....	30
Figura 9 Talud artificial .....	31
Figura 10 Fotografía de derrumbe ocurrido en el acantilado de la Costa Verde .....	32
Figura 11 Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento .....	33
Figura 12 Perfil estratigráfico del talud adyacente al Malecón Castagnola – Magdalena del Mar.....	34
Figura 13 Mecanismos de los fenómenos de fricción.....	37
Figura 14 Presión de poros .....	41
Figura 15 Medición de la presión de poros.....	42
Figura 16 Métodos de análisis de estabilidad de taludes .....	50
Figura 17 Diagrama de cuerpo libre y polígono de fuerza para el método simplificado de Bishop.....	52
Figura 18 Factor de seguridad de Bishop Simplificado .....	52
Figura 19 Fuerzas que actúan sobre rebanadas - Métodos: Spencer y Morgenstern-Price.....	54
Figura 20 Criterios para el diseño de taludes en roca .....	57
Figura 21 Ejemplo de micropilotes para estabilización de taludes o laderas.....	59
Figura 22 Ejemplo de estabilización de una ladera con una pantalla de micropilotes – perfil .....	61
Figura 23 Ejemplo de estabilización de una ladera con una pantalla de micropilotes – planta .....	62
Figura 24 Ejemplo de estabilización de una ladera con dos pantallas de micropilotes.....	63
Figura 25 Ejemplo de estabilización de una ladera con una pantalla de micropilotes anclada.....	64
Figura 26 Talud adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla .....	78
Figura 27 Tramos de talud de relleno artificial.....	78
Figura 28 Superposición de imágenes aéreas de la zona de estudio .....	86
Figura 29 Obtención del ángulo de fricción del relleno no controlado.....	88
Figura 30 Zona de relleno antropogénico depositado.....	95
Figura 31 Perfil estratigráfico de la sección 1.....	96
Figura 32 Perfil estratigráfico de la sección 2.....	97
Figura 33 Perfil estratigráfico de la sección 3.....	98

Figura 34 Análisis de estabilidad estático por el método de Bishop Simplificado - Condición actual - Sección 1 .....	100
Figura 35 Análisis de estabilidad estático por el método de Morgenstern-Price - Condición actual - Sección 1 .....	101
Figura 36 Análisis de estabilidad estático por el método de Bishop Simplificado - Condición actual - Sección 2.....	102
Figura 37 Análisis de estabilidad estático por el método de Morgenstern-Price - Condición actual - Sección 2.....	103
Figura 38 Análisis de estabilidad estático por el método de Bishop Simplificado - Condición actual - Sección 3.....	104
Figura 39 Análisis de estabilidad estático por el método de Morgenstern-Price - Condición actual - Sección 3.....	105
Figura 40 Análisis de estabilidad pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Condición actual - Sección 1 .....	107
Figura 41 Análisis de estabilidad pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Condición actual - Sección 1 .....	108
Figura 42 Análisis de estabilidad pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Condición actual - Sección 2.....	109
Figura 43 Análisis de estabilidad pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Condición actual - Sección 2.....	110
Figura 44 Análisis de estabilidad pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Condición actual - Sección 3.....	111
Figura 45 Análisis de estabilidad pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Condición actual - Sección 3.....	112
Figura 46 Estabilidad global en talud con bermas - análisis estático por el método de Bishop Simplificado - Sección 1 .....	114
Figura 47 Estabilidad global en talud con bermas - análisis estático por el método de Morgenstern-Price - Sección 1 .....	115
Figura 48 Estabilidad global en talud con bermas - análisis estático por el método de Bishop Simplificado - Sección 2.....	116
Figura 49 Estabilidad global en talud con bermas - análisis estático por el método de Morgenstern-Price - Sección 2.....	117
Figura 50 Estabilidad global en talud con bermas - análisis estático por el método de Bishop Simplificado - Sección 3.....	118

Figura 51 Estabilidad global en talud con bermas - análisis estático por el método de Morgenstern-Price - Sección 3 .....	119
Figura 52 Estabilidad global en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Sección 1 .....	121
Figura 53 Estabilidad global en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Sección 1.....	122
Figura 54 Estabilidad global en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Sección 2.....	123
Figura 55 Estabilidad global en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Sección 2.....	124
Figura 56 Estabilidad global en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Sección 3.....	125
Figura 57 Estabilidad global en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Sección 3.....	126
Figura 58 Estabilidad local en talud con bermas - análisis estático por el método de Bishop Simplificado - Sección 1 .....	128
Figura 59 Estabilidad local en talud con bermas - análisis estático por el método de Morgenstern-Price - Sección 1.....	129
Figura 60 Estabilidad local en talud con bermas - análisis estático por el método de Bishop Simplificado - Sección 2.....	130
Figura 61 Estabilidad local en talud con bermas - análisis estático por el método de Morgenstern-Price - Sección 2.....	131
Figura 62 Estabilidad local en talud con bermas - análisis estático por el método de Bishop Simplificado - Sección 3.....	132
Figura 63 Estabilidad local en talud con bermas - análisis estático por el método de Morgenstern-Price - Sección 3.....	133
Figura 64 Estabilidad local en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Sección 1 .....	135
Figura 65 Estabilidad local en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Sección 1.....	136
Figura 66 Estabilidad local en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Sección 2.....	137
Figura 67 Estabilidad local en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Sección 2.....	138

Figura 68 Estabilidad local en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Sección 3.....	139
Figura 69 Estabilidad local en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Sección 3.....	140
Figura 70 Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis estático por el método de Bishop Simplificado - Sección 1.....	142
Figura 71 Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis estático por el método de Morgenstern-Price - Sección 1.....	143
Figura 72 Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis estático por el método de Bishop Simplificado - Sección 2.....	144
Figura 73 Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis estático por el método de Morgenstern-Price - Sección 2.....	145
Figura 74 Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis estático por el método de Bishop Simplificado - Sección 3.....	146
Figura 75 Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis estático por el método de Morgenstern-Price - Sección 3.....	147
Figura 76 Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Sección 1.....	149
Figura 77 Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Sección 1.....	150
Figura 78 Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Sección 2.....	151
Figura 79 Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Sección 2.....	152
Figura 80 Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Sección 3.....	153
Figura 81 Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Sección 3.....	154
Figura 82 Factores de seguridad del análisis estabilidad estático en la sección 1.....	158
Figura 83 Factores de seguridad del análisis estabilidad pseudoestático en la sección 1.....	159
Figura 84 Factores de seguridad del análisis estabilidad estático en la sección 2.....	161
Figura 85 Factores de seguridad del análisis estabilidad pseudoestático en la sección 2.....	162
Figura 86 Factores de seguridad del análisis estabilidad estático en la sección 3.....	164
Figura 87 Factores de seguridad del análisis estabilidad pseudoestático en la sección 3.....	165
Figura 88 Evidencia de grietas al borde del talud.....	169

Figura 89 Representación de la Sección 1 tras la construcción de bermas .....	171
Figura 90 Representación de la Sección 2 tras la construcción de bermas .....	172
Figura 91 Representación de la Sección 3 tras la construcción de bermas .....	172

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (1) Esfuerzo cortante en función a s.....	37
Ecuación (2) Ley de resistencia para suelos cohesivos.....	38
Ecuación (3) Ley de Coulomb .....	38
Ecuación (4) Ley de Coulomb modificada por Terzaghi.....	39
Ecuación (5) Ley de Coulomb modificada por Hvorslev .....	39
Ecuación (6) Presión de poros .....	41
Ecuación (7) Presión de poros en función de la cabeza hidrostática .....	42
Ecuación (8) Cabeza piezométrica.....	42
Ecuación (9) Exceso de presión de poros .....	43
Ecuación (10) Factor de seguridad en función del cortante.....	45
Ecuación (11) Factor de seguridad en función al momento.....	45
Ecuación (12) Criterio alternativo 1 para el factor de seguridad .....	45
Ecuación (13) Criterio alternativo 2 para el factor de seguridad .....	46
Ecuación (14) Condiciones de drenaje según Duncan.....	46
Ecuación (15) Factor de seguridad simplificado de Bishop en ausencia de presión de poros de agua. 51	
Ecuación (16) Término $m\alpha$ .....	51
Ecuación (17) Condición para el valor de cálculo del momento flector.....	70
Ecuación (18) Condición 1 - resistencia de cálculo de la sección a flexión – Resistencia estructural a flexión .....	70
Ecuación (19) Condición 2 - resistencia de cálculo de la sección a flexión – Resistencia estructural a flexión .....	70
Ecuación (20) Módulo plástico de la sección .....	71
Ecuación (21) Módulo elástico de la sección.....	71
Ecuación (22) Condición para el valor de cálculo del esfuerzo cortante .....	71
Ecuación (23) Valor de cálculo de la resistencia plástica de la sección a esfuerzo cortante .....	71
Ecuación (24) Sección reducida de la armadura tubular de acero .....	72
Ecuación (25) Primera condición para la resistencia de cálculo de la sección a flexión – Esfuerzos combinados .....	73
Ecuación (26) Segunda condición para la resistencia de cálculo de la sección a flexión – Esfuerzos combinados .....	73
Ecuación (27) Factor de reducción del esfuerzo cortante .....	73

## RESUMEN

En la presente investigación se realizó el análisis de estabilidad de un talud perteneciente a los acantilados de la Costa Verde, en el cual se ha identificado un gran depósito de relleno antropogénico. Para ello, inicialmente se evaluó la condición estática y pseudoestática aplicando el método de equilibrio límite mediante la metodología de Bishop Simplificado y Morgenstern-Price utilizando el software Slide v.6.004. Los resultados obtenidos del análisis demostraron que los valores de factor de seguridad no satisfacen lo mínimo exigido por la Norma CE.020, es decir, la probabilidad de falla y colapso ante la ocurrencia de un evento sísmico severo es elevada. Actualmente, la presencia de estructuras importantes: coliseo Manuel Bonilla, canchas deportivas, veterinaria municipal, estacionamientos y una ciclovía que recorre el borde superior del acantilado, son concurridas para realizar actividades recreativas y no permiten estabilizar el talud modificando su geometría. En consecuencia, el objetivo principal consistió en proponer la implementación de micropilotes para estabilizar el talud sin recortar el límite de propiedad ni demoler las construcciones existentes. Tras diseñar pantallas de micropilotes de 20 cm de diámetro y luego un segundo análisis, los valores de factor de seguridad garantizaron la estabilidad cumpliendo los requerimientos mínimos. Sin embargo, para definir mejor el comportamiento sísmico del talud y proporcionar niveles de amplificación sísmica generados por su estratigrafía, se recomienda realizar una evaluación dinámica del sitio.

**Palabras clave:** Micropilotes, relleno antropogénico, estabilidad de taludes.

## ABSTRACT

In the present research was made the stability analysis of a slope belonging to the Costa Verde cliffs in which a large anthropogenic filler deposit has been identified. To this matter, the static and pseudo static condition were initially evaluated applying the limit equilibrium method using the Simplified Bishop and Morgenstern-Price methodology using the Slide v.6.004 software. The results obtained from the analysis showed that the safety factor values do not meet the minimum required by the CE.020 Code, which means, the probability of failure and collapse in the event of a severe seismic event is high. Nowadays, the presence of important structures: Manuel Bonilla coliseum, sports courts, municipal veterinary, parking lots and a bike path that runs along the top edge of the cliff, are used for recreational activities and stabilizing the slope by modifying its geometry is not allowed. Consequently, the main objective was to propose the implementation of micropiles to stabilize the slope without altering the property boundary or demolish existing constructions. After designing 20 cm diameter micropile walls and then a second analysis, the safety factor values ensured stability by meeting minimum requirements. However, to better define the seismic behavior of the slope and provide levels of seismic amplification generated by its stratigraphy, a dynamic site evaluation is recommended.

**Keywords:** Micropiles, anthropogenic filler, slope stability.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La acelerada expansión urbana alrededor del mundo fue la principal causa para que la sociedad busque transformar su entorno con el fin de aprovechar al máximo todos los espacios disponibles para la construcción de obras civiles, lo que llevó a realizar importantes movimientos de tierra excavando y rellenando el relieve terrestre. Esta actividad, muchas veces no controlada, es un factor condicionante en la estabilidad de aquellos taludes naturales que han sido modificados y taludes artificiales conformados por residuos antropogénicos. La combinación de características geológicas y acciones antrópicas configuran a un talud como un lugar de alta susceptibilidad para generar elevados niveles de amplificación de ondas y deformaciones ante un evento sísmico severo, es por lo que un gran número de países localizados en el cinturón de Fuego del Pacífico, como Perú, investigan y evalúan el comportamiento geotécnico de estos (Macazana, 2006).

La zona de los acantilados de la Costa Verde en Lima, representa un área de suma importancia debido a la presencia de proyectos de ingeniería ambiciosos como la edificación de estructuras modernas próximas a los acantilados, proyectos destinados a la recreación y el turismo, además de la mejora y ampliación de las vías terrestres. La ocurrencia de derrumbes obstaculiza la vía Circuito de Playas y ponen en riesgo la vida tanto de las personas que residen y transitan sobre los acantilados como aquellas que circulan con vehículos al pie del talud, actualmente es un problema muy antiguo que aún no se ha solucionado completamente, teniendo en consideración la probable ocurrencia de sismos severos y las consecuencias que puedan presentarse. (Cañari y Alva, 2011).

## 1.2. Antecedentes

### 1.2.1. Antecedentes Internacionales

En Colombia, se analizó la estabilidad de taludes de 20 m de altura utilizando el método de Morgenstern - Price en condiciones de suelo insaturadas, para ello se empleó un modelo de flujo transitorio con el programa Slide 6.0 y ensayos de laboratorio para la caracterización de las muestras de suelo. La finalidad de la investigación fue evaluar el efecto de la infiltración del agua de lluvia sobre la estabilidad de taludes conformados por suelo residual. Los ensayos de consolidación unidimensional determinaron que el suelo tiene un coeficiente de conductividad hidráulica saturada de  $2 \times 10^{-5}$  cm/s; los ensayos de corte directo muestran que la cohesión insaturada es de 34,7 kPa y la cohesión efectiva es de 7,3 kPa, esto indica que la falla de estos taludes puede presentarse pocas horas después del inicio de una lluvia debido a la baja cohesión que presentan las condiciones saturadas del suelo (Hidalgo, Muñoz, Urrego, Lodoño y Mateus, 2014).

La tesis doctoral sobre el comportamiento de micropilotes trabajando a flexión y/o cortante en estructuras de tierra, profundizó su estudio en la implementación de micropilotes en taludes. Presenta casos reales de obras realizadas y la modelación teórica de cada una empleando elementos finitos con el software geotécnico Plaxis 2D. La investigación hizo un estudio de las propiedades geotécnicas de los suelos encontrados en una zona de Andalucía, España, estableciendo valores para la cohesión, ángulo de rozamiento interno y módulo de deformación aparente, con el objetivo de conocer los efectos de la implementación de micropilotes en el terreno y estudiando la estabilidad de terraplenes asentados en taludes a media ladera. A través de un análisis retrospectivo (back analysis) se estimaron los parámetros de resistencia cortante del suelo para evaluar tres casos reales que presentaban terraplenes en estado de equilibrio límite, posteriormente se evaluó el comportamiento de los taludes en

conjunto con los micropilotes para poder establecer las bases de su diseño. Luego, se contrastó el resultado con las medidas reales de los desplazamientos del terreno y se obtuvieron resultados bastante coherentes. Al realizar las primeras simulaciones se concluyó que la zona más insegura del talud luego de implementar micropilotes era la de aguas abajo, ya que la superficie de falla no afectaba a la calzada que protegía los micropilotes, es por ello que esa solución se consideró válida y se aplicó masivamente en Andalucía. Sin embargo, se discute que no se ha efectuado una simulación adecuada para el esfuerzo de flexión de los micropilotes debido a que la superficie de rotura no corta a estos elementos; por consiguiente, se realizó una simulación diferente despreciando el deslizamiento potencial de la masa del talud que está por delante de la pantalla exterior de los micropilotes. Se consideró colocar micropilotes inclinados hacia dentro y fuera del talud, con inclinación 1(H):3(V), una separación de 5.56 o 1.00 m entre elementos de la misma fila y un empotramiento entre 1.50 y 7.00 m en el suelo competente. Para complementar el análisis del esfuerzo a flexión de los micropilotes, se optó por estudiar la disposición de micropilotes verticales, tomando como referencia el proyecto “Hospital de Nuestra Señora de la Salud” en la ciudad de Granada, España, y se utilizó el software CYPE, apoyado en que la reacción del suelo es equivalente a muelles de rigidez o módulo de balasto horizontal e introdujo como variables las mediciones realizadas en campo, la potencia variable del estrato cuaternario, la rigidez y tensión inicial de anclajes y los valores del módulo de balasto de estudios realizados anteriormente en la zona. Adicionalmente, se colocaron 4 inclinómetros con el fin de controlar los desplazamientos horizontales durante los trabajos de excavación y verificar la seguridad. Se comprobó que el valor del módulo de balasto carece de importancia a causa del número importante de niveles de anclajes, no obstante, los valores del momento flector dependen estrechamente de la distancia entre anclajes, a la fuerza tensional inicial y al valor del módulo de balasto. El modelo construido permitió obtener de manera

confiable los valores de los desplazamientos generados en campo e inferir el módulo de balasto del suelo, en el orden de 0.5 veces los valores medidos en el Metro Ligero de Granada, pero notablemente por encima de los valores proporcionados de ábacos que permiten calcular el módulo de balasto en suelos granulares con escasa cohesión. Finalmente, se consideró haber realizado una aportación valiosa para el diseño de futuros proyectos con micropilotes que trabajen a flexión y esfuerzos cortantes para la estabilización de taludes y excavaciones. (Botello, 2015).

En Chile, el relleno sanitario de Santa Marta colapsó el 15 de enero de 2016 a causa de una mala gestión de vertido de residuos. El agua de lluvia se infiltró a través de las grietas que fueron apareciendo, las condiciones geomorfológicas del talud ocasionaron la falla de este y el esparcimiento de desechos que contaminaron el suelo y aguas superficiales de la zona en una extensión de mil metros desde la parte elevada del talud. El gas generado por descomposición de esta masa de residuos dio origen a un incendio que duró cuatro días, lo cual también causó contaminación atmosférica y perjudicó a las comunidades contiguas. Una investigación realizada en España con el fin mitigar el potencial de desastre y asegurar la estabilidad del talud, planteó modificar el talud con una inclinación mínima de 1V:4H (pendiente del 14%) y la construcción de bermas con una diferencia de cota máxima de 8 m. También, recomendó valores para los parámetros geotécnicos del talud:  $C = 1 \text{ t/m}^2$ ,  $\phi = 14^\circ$  y  $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$ ; y evitar verter residuos que puedan saturar el suelo (Esteban, Szanto, Colomer y Gallardo, 2016).

### ***1.2.2. Antecedentes nacionales***

La tesis “Análisis de estabilidad de taludes de la Costa Verde – 2001” describe la geología y geomorfología a nivel regional y local, esta última en forma muy detallada, para lo cual se dividió la zona de estudio en tramos y luego en sectores. Presenta una zonificación de ocurrencia de derrumbes y deslizamientos tratando de determinar sus orígenes y obtiene

secciones críticas para luego analizarlas. Presenta una investigación de campo que consistió en calicatas y trincheras en distintas localizaciones para determinar la estratigrafía de los taludes. Detalla la ejecución de un ensayo de corte directo in situ. Evalúa el grado de estabilidad de los taludes, definiendo los niveles de riesgo en bajo, medio, elevado y muy elevado. Finalmente, presenta diferentes alternativas de solución para estabilizar los taludes o por lo menos atenuar los efectos previstos (Cañari, 2001).

El informe de suficiencia “Ejecución de micropilotes como pantalla para excavación de túnel – Aplicación al proyecto Vía Parque Rímac” propone la construcción de una pantalla de micropilotes para sostener los taludes durante los trabajos de movimientos de tierras para la ejecución de un túnel de aproximadamente dos kilómetros de longitud, por debajo del río Rímac en la ciudad de Lima. En esta investigación se explica el procedimiento constructivo de micropilotes y se sustenta la implementación de estos como solución geotécnica para este proyecto en particular, mencionando posibles problemas que podrían surgir durante el proceso constructivo además del sobre costo generado por estos. Finalmente concluye que, aunque el sistema de implementación de micropilotes no es económico fue necesario en este proyecto debido a su importancia. (Chinchay, 2015).

En el borde del malecón Castagnola de la Costa Verde en Lima - Perú, ocurrió un derrumbe el día 08 de agosto del año 2019, que produjo la caída de 225 m<sup>3</sup> de una parte del talud compuesto por relleno artificial, el cual pertenecía a un depósito antropogénico. Este suceso obstruyó la vía Circuito de Playas y provocó el cierre temporal de esta. Una investigación realizada por INGEMMET evidencia que las condiciones para que ocurriera el evento fueron: la geomorfología, una pendiente de 80° en la base del acantilado y de 35° en la parte superior, ausencia de cobertura vegetal, presencia de relleno antropogénico conformado por desmonte de construcción y excesivo riego en las zonas verdes. Las recomendaciones

propuestas fueron: construir terrazas para estabilizar el depósito antrópico, suspender el riego de áreas verdes del malecón, retirar el material inestable que ocasionó el derrumbe, identificar y mitigar toda fuente de agua que pudiese estar saturando el suelo, no construir ninguna obra civil sobre el relleno antropogénico ni al borde del acantilado, reestablecer los sistemas de protección existentes e identificar otros sectores similares en todo el acantilado de la Costa Verde con el fin de realizar estudios geotécnicos para determinar su estabilidad (INGEMMET, 2019).

En el malecón Pedro de Osma de la Costa Verde en Lima – Perú, sucedió un derrumbe el día 18 de diciembre del año 2019, el cual originó la caída de 500 m<sup>3</sup> de un sector del talud de 24 m de largo, conformado por material aluvial de limo y arcilla de 4 m de espesor a 24 m de altura. El derrumbe destruyó un poste de alumbrado público y la reja de seguridad al pie del talud, además, provocó el cierre temporal de la vía Circuito de Playas. INGEMMET realizó una investigación y determinó que la causa principal que desestabilizó el material residual fue la filtración de agua por parte de mangueras en mal estado de conservación destinadas al riego. Recomendaron retirar el material inestable que quedó colgando en la zona del derrumbe y cambiar el sistema de riego para minimizar la saturación del suelo y la estabilidad del talud (INGEMMET, 2020).

### ***1.2.3. Antecedentes locales***

Debido al movimiento inusual de elementos estructurales importantes: placa y columna, fisuras, grietas, asentamiento y colapso de muros tabiques, pisos y escaleras interiores, rotura de líneas de agua y desagüe y hundimientos del piso exterior del Coliseo Manuel Bonilla, ubicado en el distrito de Miraflores, departamento de Lima, se ejecuta el Informe Técnico para dar a conocer el comportamiento de la cimentación. Para ello se realizó un programa de investigación enfocado en la evaluación de daños, ensayos de campo,

laboratorio y trabajos de gabinete. Los trabajos de campo consistieron en la ejecución de cuatro calicatas excavadas manualmente hasta una profundidad máxima de 6,0 metros. Con la finalidad de demostrar el estado sin compactación del relleno y la influencia del agua en este tipo de suelo, se realizó un ensayo de placa de carga estática de acuerdo con la Norma ASTM D-1194. Para una carga de  $3.5 \text{ kg/cm}^2$  en estado natural no humedecido, los asentamientos promedio de la placa metálica fueron de 15.08 mm. Para una carga de  $2.5 \text{ kg/cm}^2$  en estado humedecido los asentamientos promedios de la placa metálica fueron de 31.86 mm. En el área de estudio correspondiente al sector dañado predomina la presencia generalizada de un relleno colocado sin compactación, compuesto por un suelo granular de partículas de tamaño máximo mayor a 20 cm y presencia de elementos extraños como cascote de ladrillo, concreto, restos de losetas, etc. Se ha verificado que el relleno sobrepasa la profundidad de 6.0 m. Tanto la estructura principal como las estructuras secundarias livianas se encuentran cimentadas sobre relleno. Se ha verificado y confirmado que el comportamiento irregular de la cimentación está relacionado con los asentamientos producidos en el relleno artificial no controlado (Ordoñez, 1998).

Se ejecutó un Estudio Geotécnico en el Lugar de la Memoria, la Tolerancia y la Inclusión Social, ubicado en la bajada San Martín 151, en el distrito de Miraflores. El proyecto contempló la construcción de una estructura de cuatro niveles y un sótano, con un área total aproximada de  $1,320 \text{ m}^2$ , para este estudio se realizó una investigación geológica - geotécnica que consistió en trabajos de campo, mapeo geológico superficial, geomorfológico, geodinámica externa e investigación geofísica con fines de estabilidad y cimentación. Se ejecutaron en total cinco calicatas, hasta una profundidad máxima de 9.0 m, la investigación geofísica consistió en cinco líneas de Refracción Sísmica con una longitud total de 290 m y tres sondajes MASW. Se determinó que el perfil del suelo es homogéneo y está formado por

un depósito fluvio – aluvial de origen cuaternario, compuesto por un relleno artificial no controlado sobre granulares gruesos. Además, en la superficie se encontró una capa de relleno artificial no controlado compuesto por arena gravosa, suelta, ligeramente húmeda con desperdicios orgánicos, con bloques de concreto, ladrillo, trozos de madera y bolsas plásticas, llantas de caucho, etc. Este relleno no controlado llega hasta profundidades variables entre 0.40 m y 6.00 m. El suelo natural está conformado por grava arenosa mal graduada, densa, ligeramente húmeda, color gris claro (GP), con partículas sub-redondeadas de tamaño máximo 22 cm. Dentro de este estrato típico de la ciudad de Lima se detectaron bolsones de arena fina mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, color marrón claro (GP–GM), con partículas sub-redondeadas de tamaño máximo 15 cm. Este estrato se encuentra bajo el relleno no controlado y llega más allá de la máxima profundidad investigada 9.00 m. El nivel freático varía en función de la época del año en la que se realice la investigación de campo, así como de las variaciones naturales de los sistemas de lluvia que abastecen los estratos acuíferos. En la zona comprendida en el estudio no se detectó nivel freático dentro de la profundidad investigada (9.00 m) en la fecha que se realizó la investigación de campo. Luego de realizada la interpretación de los resultados obtenidos mediante el sondeo geofísico (ondas “P” y ondas “S”), se determinó la presencia de tres horizontes elásticos bien definidos: La primera capa obtenida presenta velocidades de ondas “P” promedio de  $V_p=400$  m/s y velocidad de ondas “S” promedio de  $V_s=250$  m/s, el espesor donde se manifiesta esta velocidad varía entre 1.70 m y 12.30 m, corresponde a material de relleno compuesto por materiales orgánicos e inorgánicos, restos de ladrillos y bloques de concreto, alternado con depósitos de grava areno limosa, se encuentra en estado suelto. La segunda capa obtenida presenta velocidades de ondas “P” promedio de  $V_p=750$  m/s y velocidad de ondas “S” promedio de  $V_s=400$  m/s el espesor donde se manifiesta estas velocidades varía entre 7.30m y 10.0m, se infiere que el estrato está

conformado por grava arenosa medianamente densa. El tercer estrato presenta velocidades de ondas “P” promedio de  $V_p=1500$  m/s, se infiere que corresponde a grava arenosa densa y se encuentra a una profundidad de promedio de 18.0 m respecto al nivel de terreno. De acuerdo con los resultados obtenidos del reconocimiento geológico, fotos aéreas y refracción sísmica se concluye que el área de estudio se encuentra constituida por una primera capa de material de relleno, con un espesor que oscila entre los 9 y 10 metros, la segunda capa corresponde a una grava arenosa densa, hasta una profundidad de 18 metros. Recomendaron una cimentación profunda en base a pilotes excavados de concreto hasta una profundidad de 10 metros. En este estudio se concluyó que será conveniente el pilotaje. De los resultados obtenidos del análisis de estabilidad de taludes se pudo establecer que las cuatro secciones son estables en estado natural, en cambio, en el análisis de estabilidad del talud cortado sin sistema de estabilización no satisfacen los criterios de estabilidad, por lo tanto, requerirán de un sistema de estabilización, por ello recomendaron muros anclados y mallas para evitar la caída de rocas (Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros E.I.R.L., 2010).

En el año 2012 se realizó un estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación para las estructuras de un proyecto dentro del Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla, además, determinar las causas del hundimiento en el piso de diversas instalaciones, para ello se llevó a cabo un programa de exploración de campo en el terreno que comprendió los siguientes trabajos: tres perforaciones rotativas hasta 25.45 m de profundidad, en las cuales se ejecutaron ensayos de penetración estándar SPT espaciados cada 1.00 m; y trece calicatas excavadas en forma manual hasta 8.50 m de profundidad. El perfil del suelo está conformado por una capa superior de relleno heterogéneo constituido predominantemente por capas intercaladas de arenas y gravas con contenido variable de limo y arcilla, en estado suelto a medianamente denso, con piedras, bolones y fragmentos de roca redondeados de hasta 18

pulgadas de tamaño máximo y restos de desmonte (pedazos de ladrillos, concreto, vidrios y fierros). Entre las capas de arena y grava se encuentran algunas capas de limo arcilloso, arenoso de plasticidad media, medianamente compacto, y de arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta. El espesor de relleno varía en la parte central del terreno y frente a la avenida Pérez Araníbar entre 0.50 y 2.10 m con respecto al nivel de la superficie actual del terreno y se incrementa en los sectores de quebradas del acantilado que han sido rellenadas. En la quebrada ubicada en el extremo oeste, donde se encuentra el campo de fútbol de grass natural, el relleno alcanza una profundidad que varía entre 5.00 y un poco más de 7.00 m, mientras que en la quebrada ubicada en el extremo sur el relleno se extiende hasta profundidades comprendidas entre 13.80 y 22.00 m con respecto al nivel de la superficie actual del terreno. Bajo las capas de relleno se encuentra un depósito natural de grava arenosa, mal graduada, medianamente densa a densa, con piedras, bolones y fragmentos de roca redondeados de hasta 17 pulgadas de tamaño máximo, el cual está presente hasta el límite de la profundidad investigada (M&M Consultores S.R.L., 2012).

Se ejecutó un estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación con el objetivo de conocer el comportamiento geotécnico del área donde se proyectó construir un restaurante ubicado dentro de las instalaciones del Lugar de la Memoria, la Tolerancia y la Inclusión Social, ubicado en la bajada San Martín 151, en el distrito de Miraflores. En la investigación geotécnica se realizaron dos ensayos con Cono Dinámico tipo Peck hasta una profundidad máxima de 12.00 m y una calicata de exploración hasta una profundidad máxima de 2.80 m. Para la investigación geofísica se realizó un sondaje MASW con una longitud de tendido máxima de 23.00 m. Se observa que el perfil estratigráfico de la zona en estudio está compuesto por un material de relleno compuesto por gravas redondeadas, arena, plásticos, trozos de ladrillos y cerámicas, seguido de una grava pobremente gradada con mezcla de arena y limos

en bajo porcentaje (GP), que se encuentra ligeramente húmeda y suelta (Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros E.I.R.L., 2015).

### **1.3. Justificación**

La actividad sísmica en Perú es producto de la interacción dinámica entre la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana a través del proceso de subducción, lo que ubica a los sismos de foco superficial como fuente principal sismogénica del país (Tavera et al., 2014).

La ciudad de Lima ha sido sometida a numerosos sismos de gran intensidad y fue devastada en más de una ocasión por terremotos como el del año 1746 cuya magnitud aproximada fue Ms 8.8, y posteriormente por los ocurridos en los años 1966 y 1974 que generaron cuantiosos daños materiales y pérdidas de vidas humanas (Aguilar et al., 2011).

Los Acantilados de Lima, conocidos como la Costa Verde, los cuales recorren la parte sur central del litoral limeño y chalaco, muestran un comportamiento sísmico peculiar debido a las condiciones locales de sitio. Estos acantilados están conformados mayormente por depósitos granulares pertenecientes al Conglomerado de Lima, generado por la coalescencia de los conos deyección de los Ríos Rímac y Chillón (Sánchez, Rodríguez, López, Laina y Jiménez, 2016).

Existen sectores en donde el talud está conformado por relleno artificial en su totalidad, el cual está constituido por desmonte de construcción de viviendas y el material resultante de excavaciones realizadas en otros sectores del abanico aluvial de Lima, dispuestos en una hondonada ubicada en el borde del acantilado (INGEMMET, 2019).

Antes que los terrenos por encima de los acantilados fueran urbanizados y de la construcción de la vía Circuito de Playas al pie del talud de la Costa Verde en el año 1960, existían quebradas por donde discurrían manantiales y chorrillos provenientes del río Rímac que drenaban al mar, lo cual se puede apreciar en la figura 1 y 2. Particularmente, el acantilado

comprendido en la zona del complejo deportivo Manuel Bonilla, el cual se encuentra ubicado en el distrito de Miraflores, ha sufrido cambios radicales en tiempos relativamente cortos; se puede observar con la ayuda de fotografías aéreas e imágenes satelitales que la estructura geomorfológica antigua ha sido modificada debido a la acumulación de depósitos antropogénicos. (INGEMMET, 2015).

### **Figura 1**

*Fotografía aérea de la zona de estudio del año 1944*



Fuente: Servicio Aerográfico Nacional.

## Figura 2

*Fotografía de la Costa Verde antes de rellenos ganados al mar*

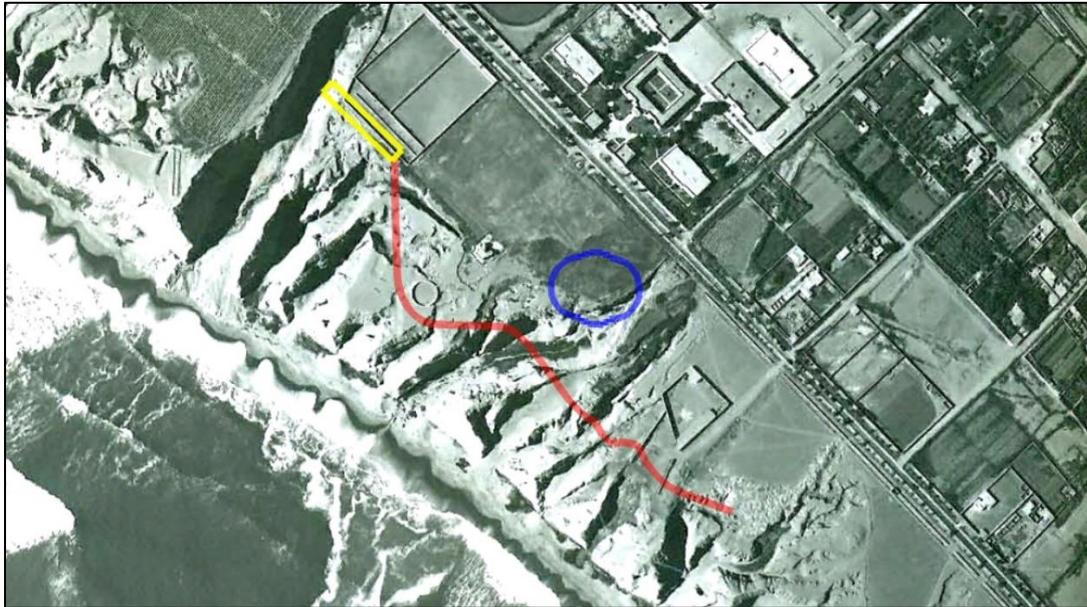


Fuente: Diario El Comercio, 2020.

En el año 1944, la zona estuvo constituida por cárcavas de aproximadamente 70 metros de profundidad, con taludes empinados formados por material gravoso aluvial pertenecientes a la penúltima terraza fluvio-aluvial del río Rímac, que luego de un curso incisivo de agua en la ladera, erosionó el terreno hasta formar barrancos estrechos y profundos, esto puede evidenciarse en la figura 3, se dibujó como referencia el perímetro actual del Coliseo (línea azul), la ciclovía que recorre la cabeza del talud actual (línea roja) y el Puente de la Amistad (línea amarilla). El relleno antropogénico producido tras 12 años de crecimiento urbano fue depositado de manera no controlada en las cárcavas, adoptando ángulos de reposo en sus pendientes, ello es evidenciado en la fotografía aérea del año 1956 de la figura 4. En los años posteriores, las cárcavas fueron rellenas hasta lograr finalmente su forma actual, como se muestra en la figura 5 y 6. (INGEMMET, 2015).

**Figura 3**

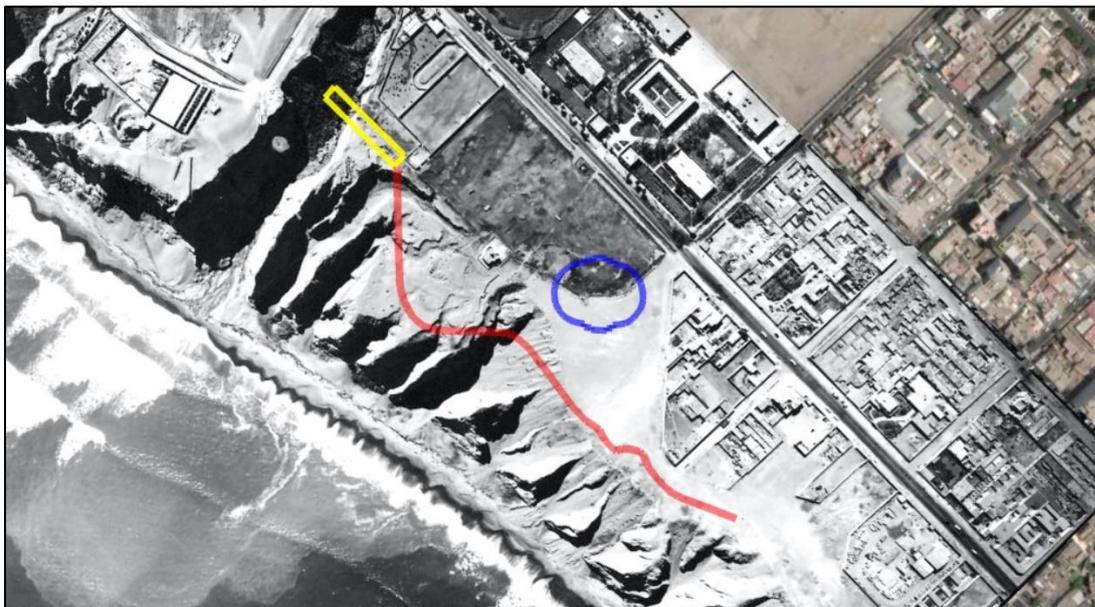
*Fotografía aérea del 12 de febrero del año 1944*



Fuente: Servicio Aerográfico Nacional.

**Figura 4**

*Fotografía aérea del 11 de julio del año 1956*



Fuente: Servicio Aerográfico Nacional.

**Figura 5**

*Fotografía satelital del año 2019*



Fuente: Google Earth ®.

**Figura 6**

*Fotografía aérea de la zona de estudio del año 2019*



Fuente: “E. Geotécnicos de Cimentación en la Costa, Sierra y Selva del Perú”, 2019.

Lo anterior mencionado, evidencia y justifica hacer una investigación con el fin de proponer un sistema de sostenimiento que logre estabilizar el talud conformado por relleno artificial no controlado adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla sin modificar su geometría ni demoler las construcciones existentes; sobre el cual se puede observar la aparición de grietas en la ciclovía ubicada al borde de este, originadas por un posible desplazamiento.

### **Figura 7**

*Grietas observadas en la ciclovía al borde del talud*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

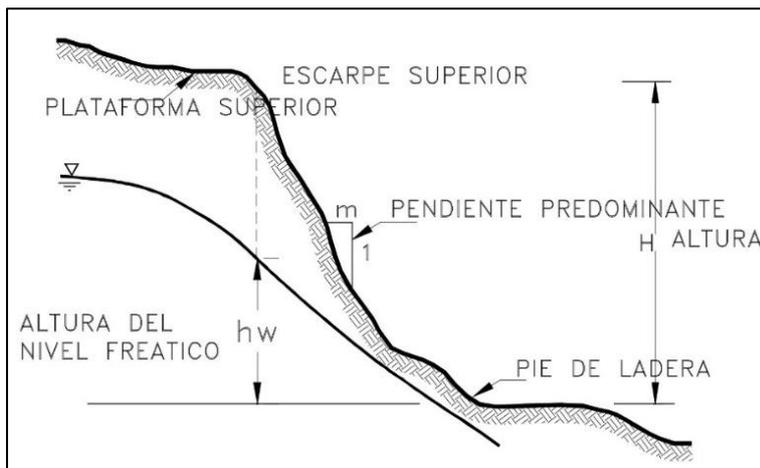
## 1.4. Definiciones Conceptuales

### 1.4.1. Talud

Se define como toda masa de tierra que cuenta con una pendiente o diferencias de cota considerables. Técnicamente, una ladera es aquella que su geometría actual ha sido producto de un proceso natural y un talud cuando su proceso de conformación es artificial. Los taludes pueden categorizarse de tres formas: terraplenes, cortes en laderas y muros de contención. Pudiendo haber combinaciones de estas categorías (Suárez, 2009).

### Figura 8

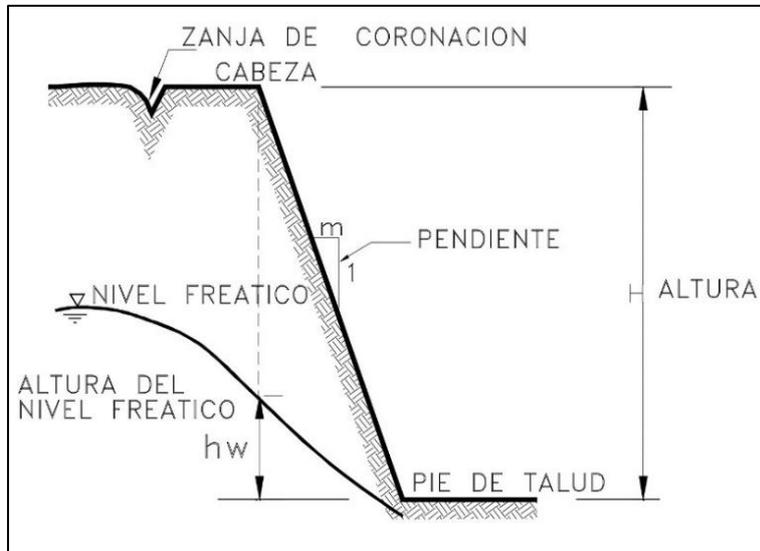
#### Talud natural



Fuente: Suárez, 2009.

**Figura 9**

*Talud artificial*



Fuente: Suárez, 2009.

#### 1.4.2. Caído

Se define como el desprendimiento y caída de una parte del talud. Consiste en el desprendimiento de una porción de suelo de tamaño variable en un talud de gran pendiente. Es producto normalmente por caída libre, a saltos o rodando, lo que significa un riesgo considerable para lo que se encuentre al pie del talud. Puede estar conformado por suelo y partículas peñas o bloques de gran tamaño, los cuales van reduciendo su tamaño en la caída (Suárez, 2009).

## Figura 10

*Fotografía de derrumbe ocurrido en el acantilado de la Costa Verde*



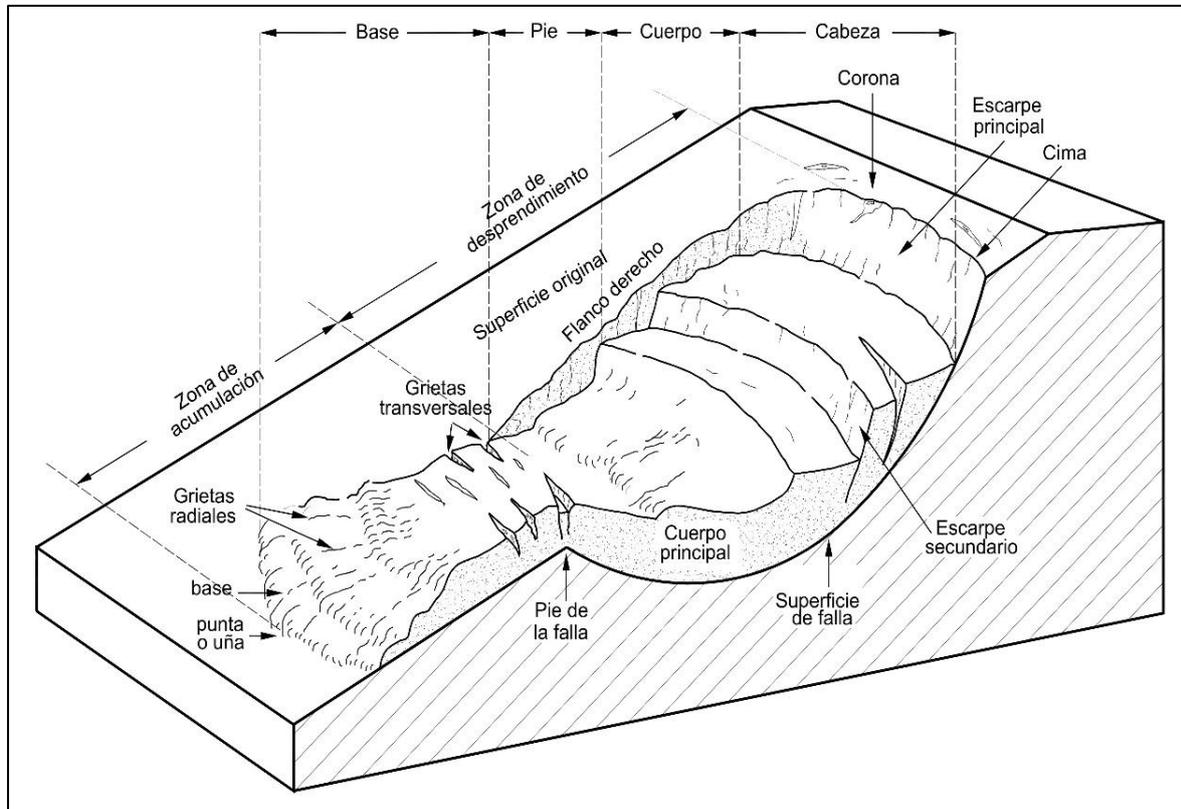
Fuente: Diario El Comercio, 2019.

### **1.4.3. Deslizamiento**

Es un movimiento mediante el cual se genera un desplazamiento de corte en una o varias superficies y se consiguen identificar sin dificultad o en espacios relativamente delgados. Su desplazamiento inicia progresivamente a través de toda la superficie de falla y puede estar conformado solamente por una masa en movimiento o fragmentado en varias partes casi independientes. Estos deslizamientos son producidos tanto naturalmente como a causa de la inestabilidad de taludes por factores externos (Suárez, 2009).

**Figura 11**

*Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento*



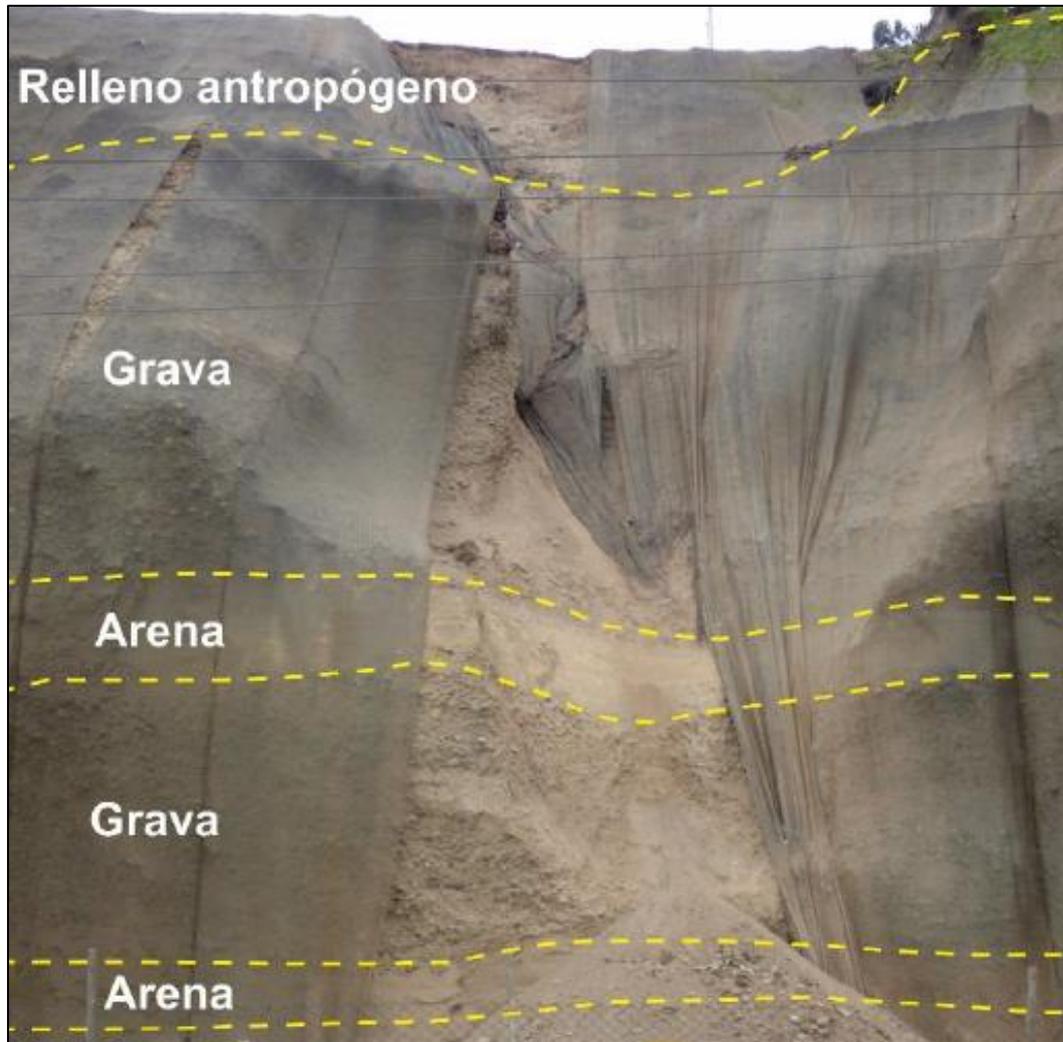
Fuente: Suárez, 2009.

#### **1.4.4. Depósito antropogénico**

Son aquellos depósitos generados por la actividad humana como ruinas, desechos, coprolitos; construcciones civiles como terraplenes, diques de presas, enrocados, espigones, etc. Además de depósitos resultantes de procesos de transformación industrial, como los depósitos de relaves, desechos industriales, escorias, canchas de minerales, escombreras, entre otros. (INGEMMET, 2019).

**Figura 12**

*Perfil estratigráfico del talud adyacente al Malecón Castagnola – Magdalena del Mar*



Fuente: INGEMMET, 2019.

## 1.5. Bases Teóricas

### 1.5.1. *Análisis de Estabilidad de Taludes*

Definir la estabilidad de un talud en función de un factor de seguridad a través de un análisis numérico, es hoy en día una práctica habitual en la ingeniería. Según Suárez (1998):

El modelo debe tener en cuenta la mayoría de los factores que afectan la estabilidad.

Estos factores incluyen geometría del talud, parámetros geológicos, presencia de grietas

de tensión, cargas dinámicas por acción de sismos, flujo de agua, propiedades de los suelos, etc. Sin embargo, no todos los factores que afectan la estabilidad de un talud se pueden cuantificar para incluirlos en un modelo matemático. Por lo tanto, hay situaciones en las cuales un enfoque matemático no produce resultados satisfactorios. A pesar de las debilidades de un determinado modelo, determinar el factor de seguridad asumiendo superficies probables de falla, permite al Ingeniero tener una herramienta muy útil para la toma de decisiones. (p. 117)

Así mismo, es posible analizar diferentes superficies y combinaciones entre ellas como lo explica Suárez (1998):

Se pueden estudiar superficies planas, circulares, logarítmicas, parabólicas y combinaciones de ellas. La mayoría de los trabajos que aparecen en la literatura sobre el tema asumen que el suelo es un material isotrópico y han desarrollado métodos de análisis de superficies circulares o aproximadamente circulares principalmente. Sin embargo, el mecanismo de falla en materiales residuales, donde aparece el suelo, la roca meteorizada y la roca sana, así como formaciones aluviales y coluviales noisotrópicas requieren de nuevos enfoques y del estudio de superficies de falla no simétricas. En los últimos años se han desarrollado algunos modelos de superficies de falla con forma no geométrica, pero se requiere todavía de un gran esfuerzo de investigación en este tema. (p. 117)

### ***Resistencia al cortante***

Existen teorías que surgieron hace muchos años que emplean criterios de fallas dinámicos, conocidos como esfuerzos actuantes, y cinemáticos, llamados también deformaciones producidas. Algunas de las principales teorías de fallas son: “Teoría de la deformación unitaria máxima” establecida por Saint-Venant, “Teoría del máximo esfuerzo

normal” establecida por Rankine y las “Teorías de máximo esfuerzo cortante” dadas por Guest, Coulomb y Mohr. La más empleada es aquella que utiliza dos criterios, denominada “Mohr-Coulomb”, la cual está enmarcada por un criterio de falla dinámico en el que emplea al esfuerzo máximo cortante como un esfuerzo actuante y las curvas de falla son a causa del esfuerzo cortante el cual depende del esfuerzo normal actuante en el plano de falla, dicho de otro modo, el suelo falla al exceder su resistencia al esfuerzo de corte (Juárez y Rico, 2005).

La teoría de Coulomb es empleada para analizar suelos arenosos de bajos esfuerzos, suelos plásticos saturados y normalmente consolidados; además, la teoría de Mohr por medio de sus círculos propone un criterio nuevo de falla, en el que explica que la falla es función de la tensión de corte, y es empleado para el caso de suelos plásticos no saturados o preconsolidados. (Juárez y Rico, 2005).

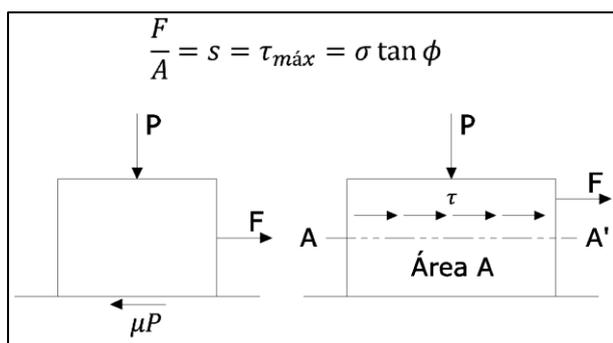
Juárez y Rico (2005) indican que:

El primer trabajo en que seriamente trató de explicarse la génesis de la resistencia de los suelos es debido al conocido físico e ingeniero francés C.A. Coulomb (1776). La primera idea de Coulomb consistió en atribuir a la fricción entre las partículas del suelo la resistencia al corte del mismo y en extender a este orden de fenómenos las leyes que sigue la fricción entre cuerpos, según la mecánica elemental. Es sabido que si un cuerpo (figura 13) sobre el que actúa una fuerza normal  $P$  ha de deslizar sobre una superficie rugosa, se encuentra que la fuerza  $F$ , necesaria para ello, resulta ser proporcional a  $P$ , teniéndose  $F = \mu P$ , donde  $\mu$  recibe el nombre de coeficiente de fricción entre las superficies de contacto. Coulomb admitió que, en primer lugar, los suelos fallan por esfuerzo cortante a lo largo de planos de deslizamiento y que, esencialmente, el mismo mecanismo de fricción arriba mencionado rige la resistencia al esfuerzo cortante de, por lo menos, ciertos tipos de suelos. Dada una masa de suelo y un plano potencial de

falla de la misma A-A' (figura 13) el esfuerzo cortante máximo susceptible de equilibrio y, por lo tanto, la resistencia al esfuerzo cortante del suelo por unidad de área en ese plano, es proporcional al valor de  $\sigma$ , presión normal en el plano A-A'. (p. 374)

**Figura 13**

*Mecanismos de los fenómenos de fricción*



Fuente: Juárez y Rico, 2005.

“Automáticamente nace así una ley de resistencia, según la cual la falla se produce cuando el esfuerzo cortante actuante,  $\tau$ , alcanza un valor,  $s$ , tal que” (Juárez y Rico, 2005, p. 375):

$$s = \sigma \tan \phi \quad (1)$$

La constante de proporcionalidad entre “ $s$ ” y “ $\sigma$ ”,  $\tan \phi$ , fue definida por Coulomb en términos de un ángulo al cual él llamó “Ángulo de fricción interna” y definió como una constante del material. De la ecuación (1) se deduce que la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos que la obedezcan debe ser nula para  $\sigma=0$ . Basta tener en una mano entreabierto una muestra de arena seca y suelta (por ejemplo, arena de playa), en la cual obviamente puede considerarse  $\sigma=0$ , para darse cuenta, al ver deslizar entre los dedos a la arena, que ese material es de los que para  $\sigma=0$  presentan una  $s=0$ . Por otra parte, Coulomb pudo observar que, en otros materiales, tales como por ejemplo un fragmento de arcilla, el sencillo experimento anterior conduce a otras conclusiones; en efecto, es

un hecho que la arcilla no deslizaría entre los dedos, de modo que ese material exhibe resistencia al esfuerzo cortante aun en condiciones en que el esfuerzo normal exterior es nulo. A los materiales de este último tipo, Coulomb les asignó arbitrariamente otra fuente de resistencia al corte, a la cual llamó “cohesión” y consideró también una constante de los materiales. Es más, Coulomb observó que, en arcillas francas, la resistencia parecía ser independiente de cualquier presión normal exterior actuante sobre ellas y, por lo tanto, en dichos materiales parecía existir solo cohesión, comportándose en definitiva como si en ellos  $\phi = 0$ . La ley de resistencia de estos suelos será (Juárez y Rico, 2005, p. 375):

$$s = c \quad (2)$$

En general, según Coulomb, los suelos presentan características mixtas entre las antes enumeradas; es decir, presentan, a la vez “cohesión” y “fricción interna”, por lo que puede asignárseles una ley de resistencia que sea una combinación de las ecuaciones (1) y (2). Esta ecuación, tradicionalmente conocida en Mecánica de Suelos con el nombre de ley de Coulomb, podría escribirse (Juárez y Rico, 2005, p. 375):

$$s = c + \sigma \tan \phi \quad (3)$$

Terzaghi estableció, con base en serias investigaciones experimentales, comenzadas alrededor de 1920, que en las primeras ecuaciones (1) y (3) la presión normal total debería sustituirse por la presión intergranular, de modo que la presión que se admite controla los fenómenos de resistencia al esfuerzo cortante, o sea la presión efectiva, no es la total, sino la intergranular. Actualmente es común considerar los términos intergranular y efectiva como sinónimos al ser aplicados a presiones. La ecuación (3) se modificó así para tomar la forma (Juárez y Rico, 2005, p. 376):

$$s = c + (\sigma - u_n) \tan \phi \quad (4)$$

En donde, como es usual,  $u_n$  representa la presión neutral en el agua. La modificación de Terzaghi tomó en cuenta, por primera vez, la trascendental influencia del agua contenida en el suelo. Pronto se descubrió que el valor de  $u_n$  depende no solo de las condiciones de la carga, sino también y en forma muy notable, de la velocidad de aplicación de ella, lo que condujo a distinguir el valor de la resistencia “lenta” de la “rápida”. Posteriormente Hvorslev hizo notar que el valor de la “cohesión” de las arcillas saturadas no era una cortante, sino que resultaba ser función de su contenido de agua. Por lo tanto, la ecuación (4) debe escribirse ahora (Juárez y Rico, 2005, p. 376):

$$s = f(w) + (\sigma - u_n) \tan \phi \quad (5)$$

### ***Ángulo de Fricción***

El ángulo de fricción es la representación matemática del coeficiente de rozamiento, el cual es un concepto básico de la física en donde el coeficiente de rozamiento es igual a  $\tan \phi$ . El ángulo de fricción en suelos granulares secos coincide con el ángulo de reposo. Todos los suelos poseen fricción. Sin embargo, a los suelos arcillosos con fricción muy baja o despreciable, se les denomina suelos cohesivos:  $\phi = 0$ . El ángulo de fricción ( $\phi$ ) depende de una gran cantidad de factores; algunos de los más importantes son (Suárez, 2001, p. 76):

- Tipo de mineral constitutivo de las partículas.
- Tamaño de los granos o partículas. A mayor tamaño de partículas, mayor es  $\phi$ .
- Distribución de los tamaños de granos o partículas. En los suelos bien gradados,  $\phi$  es mayor que en los suelos uniformes.
- Fábrica o microestructura (organización de las partículas).

- Densidad.
- Permeabilidad (Facilidad de drenaje).
- Presión normal o de confinamiento.
- Presión de preconsolidación.

El ángulo de fricción es el resultado de la combinación de todos los factores. Por ejemplo, el ángulo de fricción es mayor al aumentar la densidad, pero si las presiones normales son muy altas, el ángulo de fricción tiende a disminuir. En arcillas, el ángulo de fricción depende de las condiciones de preconsolidación. (Suárez, 2001, p. 77)

### ***Cohesión***

La cohesión es una medida de la cementación o adherencia entre las partículas de suelo. La cohesión en la mecánica de suelos, es utilizada para representar la resistencia al cortante producida por la cementación entre las partículas, mientras que, en la física, este término se utiliza para representar la resistencia a la tensión. En los suelos eminentemente granulares en los cuales no existe ningún tipo de cementante o material que pueda producir adherencia, la cohesión se supone igual a cero y a estos suelos se les denomina suelos friccionantes o “no cohesivos” ( $C = 0$ ). En los suelos no saturados, la tensión debida a la succión del agua en los poros, produce un fenómeno de adherencia entre partículas por presión negativa o fuerzas capilares. Esta cohesión “aparente” desaparece con la saturación. (Suárez, 2001, p. 77)

### ***Presión de Poros***

En general, la presión de poros consiste en la presión en el agua dentro de los poros del suelo y se identifica con la letra “ $\mu$ ”. La presión de poros disminuye los esfuerzos normales efectivos entre las partículas, trata de separarlas y disminuye la resistencia a la fricción (figura 14). Al colocar una carga se puede producir un cambio en la presión

de poros que se denomina como  $\Delta u$  (exceso de presión de poros) o deficiencia de presión de poros inducidos por las condiciones de carga. Si el agua en el suelo no está en movimiento, la altura del agua genera un fenómeno de presión hidrostática (Suárez, 2001, p. 78):

$$u = \gamma_w \cdot Z_w \quad (6)$$

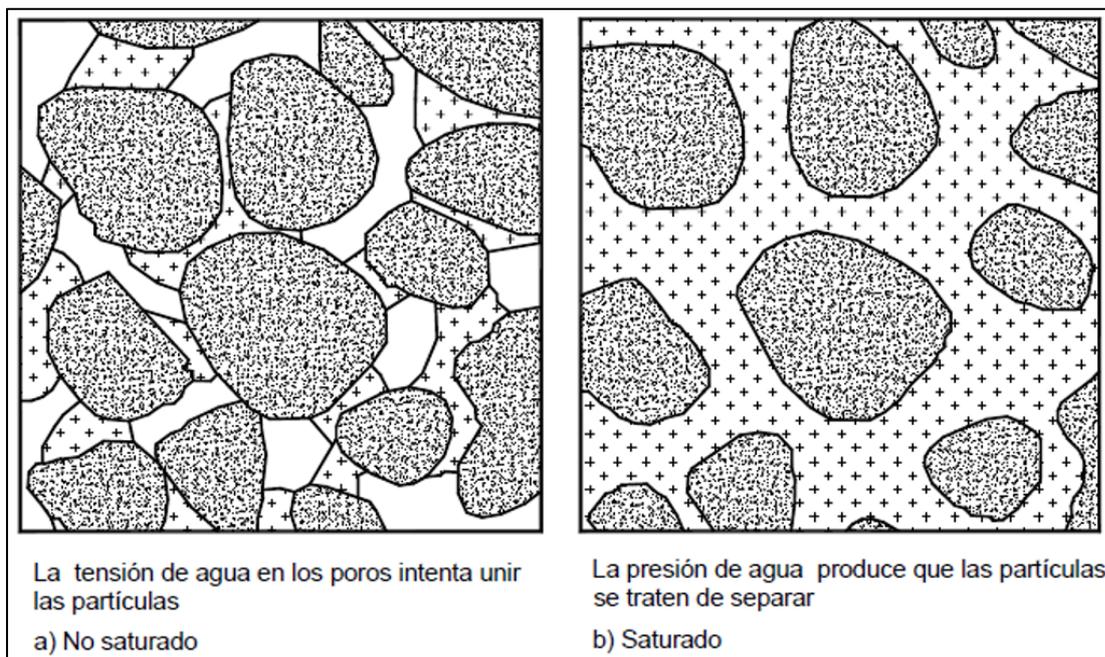
Donde:

$\gamma_w$  = peso unitario del agua

$Z_w$  = profundidad vertical del punto por debajo del nivel de agua freática.

#### Figura 14

*Presión de poros*



Fuente: Suárez, 2001.

Si el agua está en movimiento, la presión de poros puede ser superior a  $\gamma_w \cdot Z_w$ , y debe determinarse la cabeza hidrostática  $h_u$  por medio de un piezómetro o una red de flujo.

En este caso, la presión de poros se calcula por medio de la expresión (Suárez, 2001, p. 79):

$$u = \gamma_w \cdot h_u \quad (7)$$

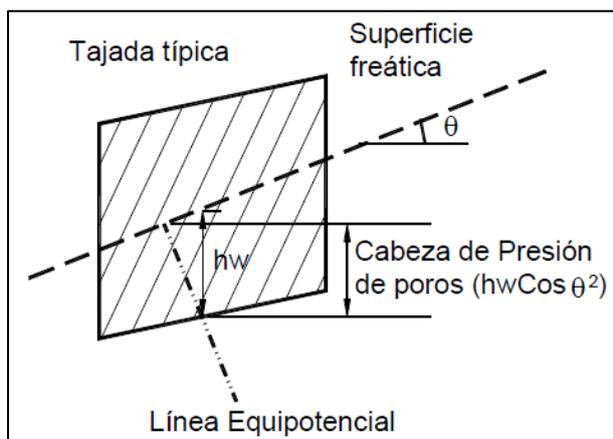
“Si se supone la superficie freática inclinada a un ángulo  $\theta$  con la horizontal, la cabeza piezométrica es igual a” (Suárez, 2001, p. 79):

$$h_u = h_w \cdot \cos^2 \theta \quad (8)$$

Donde:  $h_u$  es la distancia vertical a la línea del nivel freático.

### Figura 15

#### Medición de la presión de poros



Fuente: Suárez, 2001.

La presión de poros aumenta en los taludes en temporadas de lluvias y disminuye en temporadas de sequía. Es muy importante entender y cuantificar la variación temporal y espacial de la presión de poros en los taludes. La variabilidad es mayor en la cuesta que en el pie del talud. (Suárez, 2001, p. 79)

#### Parámetros de presión de poros

El análisis de esfuerzos efectivos requiere del conocimiento de las presiones de poros en el campo. Estas presiones de poros pueden ser estimadas si se determinan los

cambios de esfuerzo dentro del suelo. Cuando un suelo se carga o se descarga por la construcción de un terraplén o una excavación, el cambio de volumen de suelo trae como resultado un cambio en la presión de poros  $\Delta u$ . Este cambio en la presión de poros puede aumentar o disminuir con el tiempo, dependiendo del tipo de suelo y del tipo de esfuerzos involucrados. Bajo las condiciones completamente drenadas (Condición a largo plazo)  $\Delta u$  se disipa y se convierte en  $\Delta u = 0$ . Para las condiciones parcialmente drenadas o no drenadas, la evaluación de  $u$  depende de la rata relativa de carga, comparada con la rata de drenaje del agua dentro del suelo. La magnitud del cambio de presión de poros que se desarrolla como resultado del cambio de esfuerzos en los suelos no drenantes, fue propuesta por Skempton (1954), utilizando los parámetros A y B. Estos parámetros de presión de poros A y B, permiten calcular las presiones de poro en exceso. (Suárez, 2001, p. 79)

$$\Delta u = B[\Delta\sigma_3 + A(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)] \quad (9)$$

Donde:

$\Delta u$  = Exceso de presión de poros.

A = Parámetro de presión de poros A.

B = Parámetro de presión de poros B.

$\Delta\sigma_1$  = Cambio en el esfuerzo principal mayor.

$\Delta\sigma_3$  = Cambio en el esfuerzo principal menor.

Los parámetros A y B deben ser determinados a partir de ensayos de laboratorio o seleccionados de la experiencia. Para los suelos saturados, B se acerca a 1.0 pero su valor descende drásticamente con la disminución en el grado de saturación. Los valores del parámetro A varían con la magnitud de las deformaciones de cortante, densidad inicial y relación de consolidación del suelo y generalmente, alcanzan valores máximos

en el momento de la falla.  $A$  es positivo para aquellos suelos que tienden a comprimirse al cortarse, por ejemplo, arena suelta o arcilla, normalmente consolidada.  $A$  es negativo para aquellos suelos que tienden a dilatarse al cortarse, por ejemplo, arena densa y arcillas sobreconsolidadas. Los valores de  $A$  permiten tener en cuenta el fenómeno según el cual los suelos normalmente consolidados tienden a generar excesos de presión de poros positiva durante el corte y en contraste, los suelos sobreconsolidados pueden generar presiones en exceso negativas. La tabla 1 muestra valores típicos de parámetro  $A$  en el momento de la falla. El valor de  $A$  está muy influenciado por el nivel del suelo donde ha sido previamente deformado el esfuerzo inicial, la historia y la trayectoria de estos esfuerzos, tales como carga y descarga (Lambe y Whitman, 1969). (Suárez, 2001, p. 79)

**Tabla 1**

*Valores típicos del parámetro  $A$ , en el momento de la falla*

Tipo de arcilla	Valor del parámetro $A$ de Skempton
Altamente sensitiva	0.75 a 1.50
Normalmente consolidada	0.50 a 1.00
Arcilla arenosa compactada	0.25 a 0.75
Arcilla ligeramente sobreconsolidada	0.00 a 0.50
Arcillas gravosas compactadas	-0.25 a +0.25
Arcillas muy sobreconsolidadas	-0.50 a 0.00

Fuente: Juárez y Rico, 2001.

### **1.5.2. Factor de Seguridad**

El factor de seguridad es empleado por los ingenieros para conocer cuál es el factor de amenaza para que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña. Fellenius (1922) presentó el factor de seguridad como la relación entre

la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla (Suárez, 2001, p. 130):

$$F.S. = \frac{\textit{Resistencia al corte}}{\textit{Esfuerzo al cortante}} \quad (10)$$

De acuerdo a Suárez (2001), “En superficies circulares donde existe un centro de giro y momentos resistentes y actuantes” (p. 130):

$$F.S. = \frac{\textit{Momento resistente}}{\textit{Momento actuante}} \quad (11)$$

Existen, además, otros sistemas de plantear el factor de seguridad, tales como la relación de altura crítica y altura real del talud y método probabilístico, así como tablas empíricas locales basadas en el comportamiento típico de los taludes. La mayoría de los sistemas de análisis asumen un criterio de “equilibrio límite” donde el criterio de falla de Coulomb es satisfecho a lo largo de una determinada superficie (tabla 2). Se estudia un cuerpo libre en equilibrio, partiendo de las fuerzas actuantes y de las fuerzas resistentes que se requieren para producir el equilibrio. Calculada esta fuerza resistente, se compara con la disponible del suelo o roca y se obtiene una indicación del factor de seguridad. Otro criterio es el de dividir la masa a estudiar en una serie de tajadas, dovelas o bloques y considerar el equilibrio de cada tajada por separado. Una vez realizado el análisis de cada tajada se analizan las condiciones de equilibrio de la sumatoria de fuerzas o de momentos. (Suárez, 2001, p. 130)

$$F.S. = \frac{\sum \textit{Resistencias al corte}}{\sum \textit{Esfuerzos al cortante}} \quad (12)$$

$$F.S. = \frac{\sum \text{Momentos resistentes disponibles}}{\sum \text{Momentos actuantes}} \quad (13)$$

### ***Condiciones drenadas o no drenadas***

Las fallas de los taludes pueden ocurrir en condiciones drenadas o no drenadas. Si la inestabilidad es causada por los cambios en la carga, tal como la remoción de materiales de la parte baja del talud o aumento de las cargas en la parte superior (en suelos de baja permeabilidad) éstos pueden no tener tiempo suficiente para drenar durante el tiempo en el cual ocurre el cambio de carga. En ese caso, se dice que las condiciones son no drenadas. Generalmente, los suelos tienen permeabilidades suficientes para disipar las presiones de poros en exceso y se comportan en condiciones drenadas. Para las ratas normales de carga que equivalen a meses o semanas, se pueden considerar drenados suelos con permeabilidades mayores de  $10^{-4}$  cm/seg. En cambio, los suelos con permeabilidades menores de  $10^{-7}$  cm/seg., se consideran no drenadas. Mientras las permeabilidades intermedias se consideran parcialmente drenadas. Duncan (1996) recomienda que para los taludes en los cuales la causa de la falla es el aumento de la presión de poros (debida a las lluvias), el problema debe analizarse como condición drenada. Para determinar las condiciones de drenaje Duncan (1996) sugiere utilizar la siguiente expresión (Suárez, 2001, pp. 132-133):

$$T = \frac{C_v t}{D^2} \quad (14)$$

Donde:

T = Factor adimensional

$C_v$  = Coeficiente de consolidación

t = Tiempo de drenaje

$D$  = Longitud del camino de drenaje o distancia de salida del agua al cambio de presiones.

Si  $T$  es mayor de 3, la condición es drenada.

Si  $T$  es menor de 0.01, la condición es no drenada

Además, Suárez (2001) indica que, “Si  $T$  está entre 0.01 y 3.0, ocurre drenaje parcial durante el tiempo de cambio de cargas. En este caso, deben analizarse ambas condiciones, el caso drenado y el caso no drenado”. (p. 133)

### ***Análisis con esfuerzos totales o efectivos***

Los problemas de estabilidad de taludes pueden analizarse suponiendo sistemas de esfuerzos totales o efectivos. En principio, siempre es posible analizar la estabilidad de un talud utilizando el método de presión efectiva, porque la resistencia del suelo es gobernada por las presiones efectivas tanto en la condición drenada, como en la condición no drenada; sin embargo, en la práctica es virtualmente imposible determinar con precisión cuáles son los excesos de presión de poros que se van a generar por los cambios en las cargas (excavaciones, colocación de rellenos o cambios en el nivel de agua). Debido a esto, no es posible desarrollar análisis precisos de estabilidad en estas condiciones, utilizando procedimientos de esfuerzos efectivos. No obstante, se puede trabajar todo el análisis usando presiones efectivas, sin que se requiera especificar los valores de los excesos de poros en las condiciones no drenadas. La mayoría de los modelos de análisis trabajan con base en las presiones efectivas. (Suárez, 2001, p. 133)

### ***1.5.3. Métodos de Equilibrio Límite***

Durante muchos años se ha realizado el análisis de los movimientos de los taludes o laderas, haciendo uso de las técnicas de límite de equilibrio. Este sistema supone que, en el caso de una falla, las fuerzas actuantes y resistentes, son iguales a lo largo de la

superficie de falla y equivalentes a un factor de seguridad de 1.0. El análisis se puede realizar estudiando directamente la totalidad de la longitud de la superficie de falla o dividiendo la masa deslizada en tajadas o dovelas. Cada día se han ido mejorando los sistemas de dovelas desarrollados por Petterson y Fellenius (1936). Algunos métodos son precisos y otros, solamente aproximados (figura 16). Los métodos de Bishop (1955) y Janbú (1954) han sido muy utilizados en los últimos 50 años y se han desarrollado métodos de análisis más precisos y complejos como los de Morgenstern y Price (1965) y Spencer (1967), ayudados por programas de software que permiten realizar análisis muy rigurosos. Generalmente, los métodos son de iteración y cada uno de éstos posee un cierto grado de precisión. (Suárez, 2001, p. 135)

**Tabla 2**

*Métodos más usados de análisis de estabilidad de taludes*

Método	Superficies de falla	Equilibrio	Características
Talud infinito	Rectas	Fuerzas	Bloque delgado con nivel freático, falla paralela a la superficie
Bloques o cuñas	Cuñas con tramos rectos	Fuerzas	Cuñas simples, dobles o triples, analizando las fuerzas que actúan sobre cada cuña.
Espiral logarítmica (Frohlich, 1953)	Espiral logarítmica	Fuerzas y momentos	Superficie de falla en espiral logarítmica. El radio de la espiral varía con el ángulo de rotación.
Arco circular, (Fellenius, 1922)	Circulares	Momentos	Círculo de falla, el cual es analizado como un solo bloque. Se requiere que el suelo sea cohesivo ( $\varphi = 0$ ).
Ordinario o	Circulares	Fuerzas	No tiene en cuenta las fuerzas entre dovelas

---

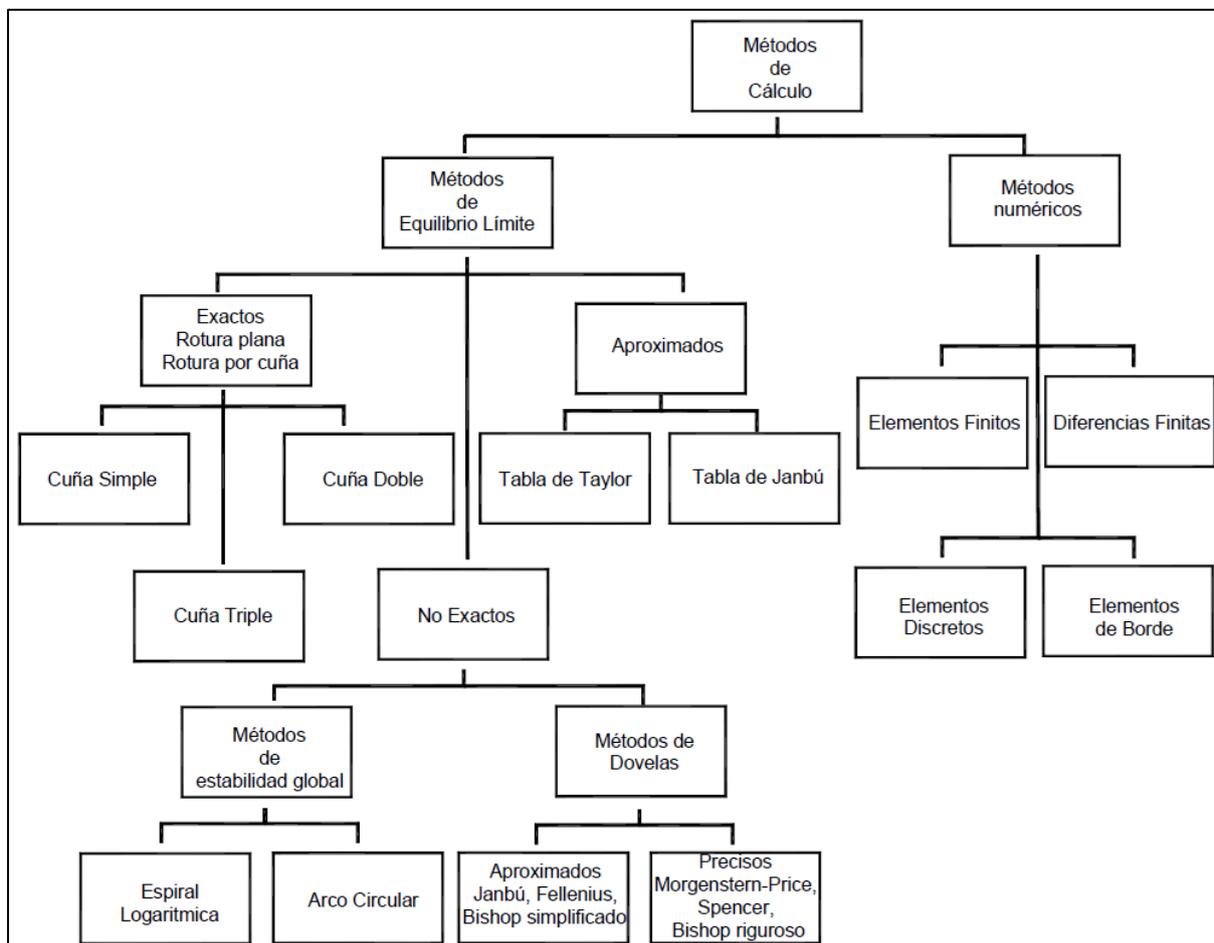
de Fellenius			
(Fellenius 1927)			
Bishop simplificado (Bishop 1955)	Circulares	Momentos	Asume que todas las fuerzas de cortante, entre dovelas, son cero.
Janbú Simplificado (Janbú 1968)	Cualquier forma	Fuerzas	Asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas.
Sueco Modificado.			
U.S. Army Corps of Engineers (1970)	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas tienen la misma dirección que la superficie del terreno.
Lowe y Karafiath (1960)	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas están inclinadas en un ángulo igual al promedio de la superficie del terreno y las bases de las dovelas.
Spencer (1967)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	La inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada, pero son desconocidas.
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Las fuerzas entre dovelas, sea asume, que varían de acuerdo con una función arbitraria.
Sarma (1973)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Utiliza el método de las dovelas en el cálculo de la magnitud de un coeficiente sísmico requerido para producir la falla.

---

Fuente: Suárez, 2001.

**Figura 16**

*Métodos de análisis de estabilidad de taludes*



Fuente: Suárez, 2001.

### ***Método de Bishop Simplificado***

En la década de 1950, el profesor Bishop en la Escuela Imperial de Londres ideó un método que incluía fuerzas normales entre cortes, pero ignoraba las fuerzas de corte entre cortes. Bishop desarrolló una ecuación para la normal en la base del corte sumando las fuerzas del corte en la dirección vertical. La consecuencia de esto es que la base normal se convierte en una función del factor de seguridad. Esto, a su vez, hace que la ecuación del factor de seguridad no sea lineal (es decir, FS aparece en ambos lados de la ecuación) y, en consecuencia,

se requiere un procedimiento iterativo para calcular el factor de seguridad (GEO-SLOPE, 2015).

Una forma simple de la ecuación del factor de seguridad simplificado de Bishop en ausencia de presión de poros de agua es:

$$FS = \frac{1}{\sum W \sin \alpha} \sum \left[ \frac{c\beta + W \tan \phi - \frac{c\beta}{FS} \sin \alpha \tan \phi}{m_\alpha} \right] \quad (15)$$

El FS está en ambos lados de la ecuación como se indicó anteriormente. La ecuación no es diferente de la ecuación del factor ordinario de seguridad, excepto por el término  $m_\alpha$ , que se define como:

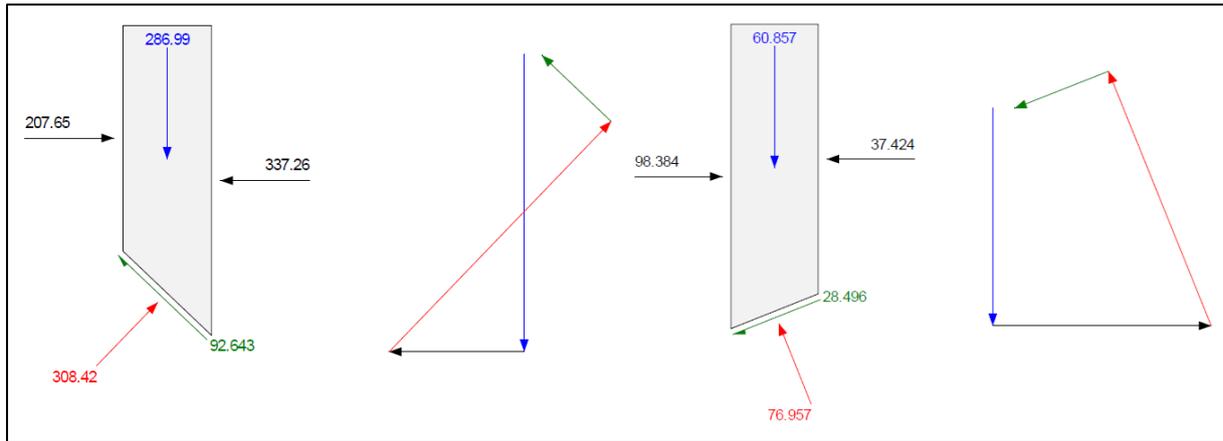
$$m_\alpha = \cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \phi}{FS} \quad (16)$$

Para resolver el factor de seguridad simplificado de Bishop, es necesario comenzar con una suposición del FS. La estimación inicial del FS se utiliza para calcular  $m_\alpha$  y luego se calcula un nuevo FS. A continuación, se utiliza el nuevo FS para calcular  $m_\alpha$  y luego se calcula otro nuevo FS. El procedimiento se repite hasta que el último FS calculado esté dentro de una tolerancia especificada del FS anterior. Afortunadamente, normalmente solo se necesitan unas pocas iteraciones para llegar a una solución convergente. Ahora, si examinamos los diagramas de cuerpo libre de cortes y los polígonos de fuerzas para los mismos cortes que para el método Ordinario anterior, vemos una marcada diferencia (figura 17). El cierre del polígono de fuerza ahora es bastante bueno con la adición de las fuerzas normales entre cortes. No hay fuerzas cortantes entre cortes, como asumió Bishop, pero se incluyen las fuerzas normales entre cortes. En una gráfica de factor de seguridad versus  $\lambda$ , como en la figura 18, el factor de seguridad simplificado de Bishop cae en la curva de equilibrio de momento donde  $\lambda$  es

zero (FS = 1.36). Recuerde que la cizalla entre cortes no se incluye al hacer lambda cero. (GEO-SLOPE, 2015).

### Figura 17

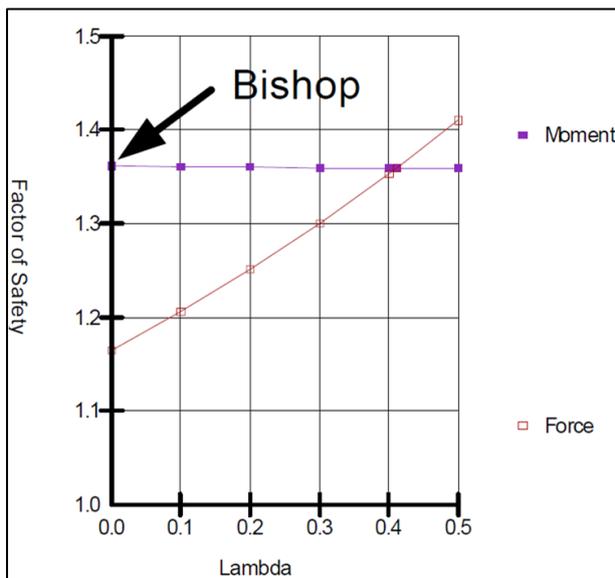
*Diagrama de cuerpo libre y polígono de fuerza para el método simplificado de Bishop*



Fuente: GEO-SLOPE, 2015.

### Figura 18

*Factor de seguridad de Bishop Simplificado*



Fuente: GEO-SLOPE, 2015.

Tenga en cuenta que en este caso el factor de momento de seguridad (Fm) es insensible a las fuerzas entre cortes. La razón de esto, como se discutió en el capítulo anterior, es que no

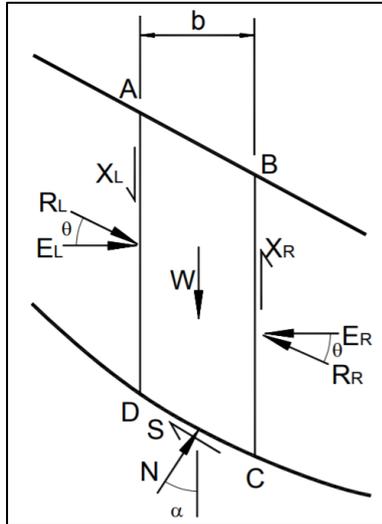
se requiere deslizamiento entre los cortes para que la masa deslizante gire. Esto no es cierto para el equilibrio de fuerzas y, por lo tanto, la fuerza del factor de seguridad ( $F_f$ ) es sensible al cortante entre rebanadas. En resumen, el método simplificado de Bishop, considera las fuerzas entre cortes normales, pero ignora las fuerzas cortantes entre cortes, y satisface el equilibrio de todos los momentos, pero no el equilibrio general de fuerzas horizontales (GEO-SLOPE, 2015).

### ***Método de Morgenstern-Price***

El método de Morgenstern - Price (1965) asume que existe una función que relaciona las fuerzas de cortante y las fuerzas normales entre dovelas. Esta función puede considerarse constante, como en el caso del método de Spencer, o puede considerarse otro tipo de función. La posibilidad de suponer una determinada función para determinar los valores de las fuerzas entre dovelas, lo hace un método más riguroso que el de Spencer. Sin embargo, esta suposición de funciones diferentes tiene muy poco efecto sobre el cálculo de factor de seguridad cuando se satisface el equilibrio estático y hay muy poca diferencia entre los resultados del método de Spencer y el de Morgenstern y Price. El método de Morgenstern y Price, al igual que el de Spencer, es un método muy preciso, prácticamente aplicable a todas las geometrías y perfiles de suelo (Suárez, 2009, p. 158)

**Figura 19**

*Fuerzas que actúan sobre rebanadas - Métodos: Spencer y Morgenstern-Price*



Fuente: Suárez, 2009.

#### 1.5.4. Terrazas o bermas intermedias

El terraseo se puede realizar con el propósito de controlar la erosión y facilitar el establecimiento de la vegetación, o para aumentar el factor de seguridad. La altura de las gradas es generalmente de 5 a 7 metros y cada grada debe tener una cuneta revestida para el control del agua superficial. El sistema de cunetas a su vez debe conducir a una estructura de recolección y entrega con sus respectivos elementos de disipación de energía. Generalmente, en suelos residuales la grada superior debe tener una pendiente menor, teniendo en cuenta que el suelo subsuperficial es usualmente, el menos resistente. Las terrazas son muy útiles para control de aguas de escorrentía. Al construir las terrazas, el talud puede quedar dividido en varios taludes de comportamiento independiente, produciéndose taludes estables. El sistema de bermas es una forma de terraseo. Se construyen bermas intermedias en los sitios de cambio de pendiente y en los sitios donde se requiera para garantizar un factor de seguridad adecuado contra

deslizamiento. La localización y ancho de las bermas depende del propósito de las bermas. (Suárez, 2009, p. 278)

### *Diseño de la geometría de las bermas*

Uno de los objetivos principales del estudio de la estabilidad de taludes es el diseño de taludes topográficamente estables. El diseño comprende las decisiones de tipo topográfico y estabilización que se requiere presupuestar previamente a la construcción de la obra civil. El diseño de un talud consiste en definir su altura, pendiente y elementos topográficos con base en parámetros geotécnicos. Para el diseño de un talud se pueden emplear varios sistemas (Suárez, 2009, p. 279):

- Empleo de gráficos de diseño, teniendo en cuenta algunas de las características del suelo o macizo rocoso.
- Cálculo de factor de seguridad del talud y diseño por el sistema de prueba y error, hasta encontrar el diseño que mejor se ajuste a los requisitos de estabilidad establecidos.
- Definición de pendientes y alturas de acuerdo al comportamiento de taludes similares en la misma formación geológica.

### *Criterios generales para el diseño de bermas y pendientes*

De acuerdo a Suárez (2009), “Para el diseño de bermas y pendientes se deben tener en cuenta los siguientes criterios” (p. 179):

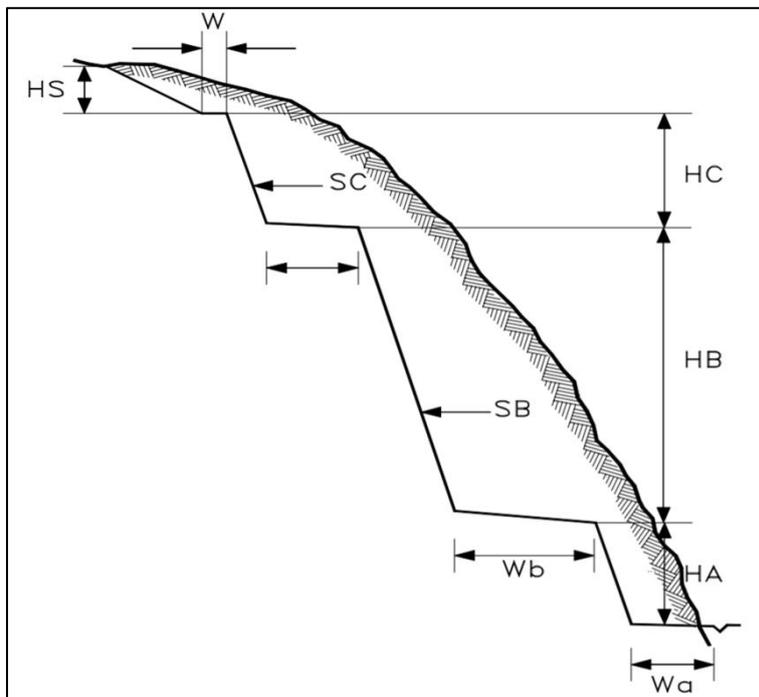
- a. Formación geológica:** A mayor competencia de la roca se permiten mayores pendientes y mayores alturas. Las areniscas, calizas y rocas ígneas duras y sanas, permiten taludes casi verticales y grandes alturas. Los esquistos y lutitas no permiten taludes verticales. Se deben colocar bermas anchas en los sitios de cambios bruscos de litología. (Suárez, 2009, p. 279)

- b. Meteorización:** Al aumentar la meteorización se requieren taludes más tendidos, menores alturas entre bermas y mayor ancho de las gradas. Los materiales muy meteorizados requieren de taludes inferiores a 1H: 1V, y en la mayoría de las formaciones geológicas no se permiten alturas entre bermas superiores a 7.0 metros y requieren anchos de berma de mínimo 4.0 metros. Para cortes en materiales meteorizados la pendiente en la parte más profunda del corte permite ángulos superiores a los empleados en la cabeza del talud. Se recomienda para cortes de gran altura establecer ángulos diferentes de pendiente para el pie y la cabeza del corte, adaptándolos a la intensidad del proceso de meteorización. (Suárez, 2009, pp. 279-280)
- c. Microestructura y estructura geológica:** A menos que las discontinuidades se encuentren bien cementadas las pendientes de los taludes no deben tener ángulos superiores al buzamiento de las diaclasas o planos de estratificación. Entre menos espaciadas sean las discontinuidades se requieren pendientes menores de talud. Para materiales muy fracturados se requieren taludes, alturas y bermas similares a los que se recomiendan para materiales meteorizados. (Suárez, 2009, p. 280)
- d. Minerales de arcilla:** Los suelos que contengan cantidades importantes de arcillas activas, tipo Montmorillonita, requieren de pendientes de talud inferiores a 2H:1V. Los suelos con Kaolinita permiten generalmente, taludes hasta 1H:1V. Las alturas entre bermas en suelos arcillosos no deben ser superiores a 5 metros y las gradas deben tener un ancho mínimo de 4 metros. (Suárez, 2009, p. 280)
- e. Niveles freáticos y comportamiento hidrológico:** Los suelos saturados no permiten taludes superiores a 2H:1V a menos que tengan una cohesión alta. (Suárez, 2009, p. 280)

- f. Sismicidad:** En zonas de amenaza sísmica alta no se deben construir taludes semiverticales o de pendientes superiores a 1/2H:1V, a menos que se trate de rocas muy sanas. (Suárez, 2009, p. 280)
- g. Factores antrópicos:** En zonas urbanas no se recomienda construir taludes con pendientes superiores a 1H:1V y las alturas entre bermas no deben ser superiores a 5 metros. (Suárez, 2009, p. 290)
- h. Elementos en riesgo:** Los taludes con riesgo de vidas humanas deben tener factores de seguridad muy altos. (Suárez, 2009, p. 290)

**Figura 20**

*Crterios para el diseño de taludes en roca*



Fuente: Suárez, 2009.

**Tabla 3**
*Crterios para el diseño de taludes en roca*

Tipo de roca	Alturas		Anchos		Taludes	
	Ha	Hb - Ha	Wa	Wa - Wb	Sa	Sb - Sc
Cortes en lutitas intercaladas con areniscas	2 a 6	6 a 10	0 a 10	6 a 12	1/2 :1	1/4 :1 a: 1
Areniscas	3 a 10	10 a 14	0 a 6	6 a 10	1/4 :1	1/4 :1
Areniscas sobre lutitas (cortes altos)	3 a 10	10 a 14	0 a 8	6 a 12	1/4 :1	1/4 :1 a: 1
Areniscas y Lutita, cortes moderados	3 a 14	6 a 14	0 a 6	6 a 10	1:1	1/4 :1
Cortes en Lutita	3 a 8	6 a 10	0 a 10	6 a 10	-	1/2 :1 a 2:1

Fuente: Suárez, 2009.

### 1.5.5. *Micropilotes*

Los micropilotes cilíndricos son elementos de diámetro inferior a trescientos milímetros (300 mm), perforados en el terreno, armados con tubería de acero reforzada a veces con una o varias barras corrugadas, e inyectado con lechada o mortero de cemento en una o varias fases. (Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005, p. 7)

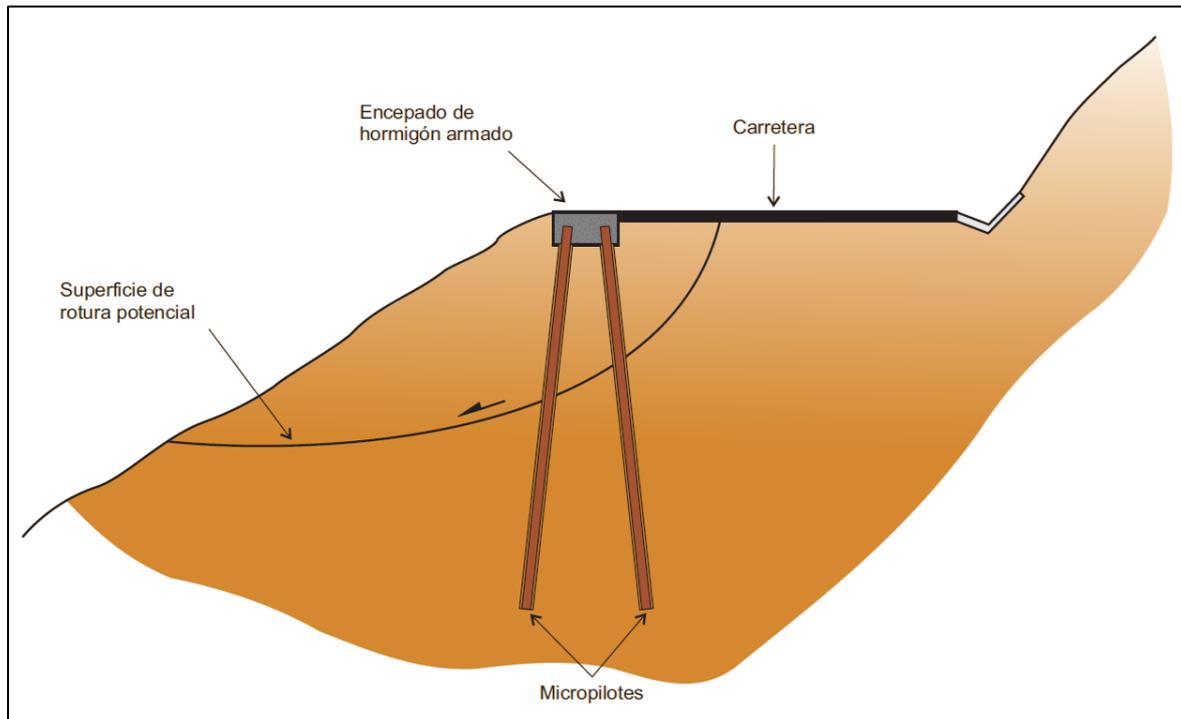
### *Estabilización de taludes o laderas*

Se disponen formando alineaciones o grupos numerosos con varias inclinaciones y se encepnan de cabeza, pudiendo ir acompañados de anclajes u otras unidades de obra. Producen una mejora del coeficiente de seguridad global de los taludes o laderas por incremento de la resistencia al corte de las mismas, evaluada según potenciales superficies de rotura, que comprenden secciones transversales a la alineación de

micropilotes. (Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005, p. 10)

### Figura 21

*Ejemplo de micropilotes para estabilización de taludes o laderas*



Fuente: Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005.

La estabilización de taludes o laderas puede encomendarse, en determinadas circunstancias, a estructuras constituidas total o parcialmente por micropilotes. Normalmente serán cuestiones tales como las dimensiones de la masa de terreno movilizada, la facilidad de acceso de la maquinaria, la posibilidad de empleo combinado de diferentes medidas o la urgencia de la actuación, entre otras, las que llevarán a decantarse por una determinada solución. La casuística que se presenta en este tipo de aplicaciones puede resultar sumamente compleja, pues múltiples suelen ser las variables intervinientes, debiendo estudiar el proyecto de manera específica cada caso concreto. No obstante, a continuación, se formulan a título meramente orientativo,

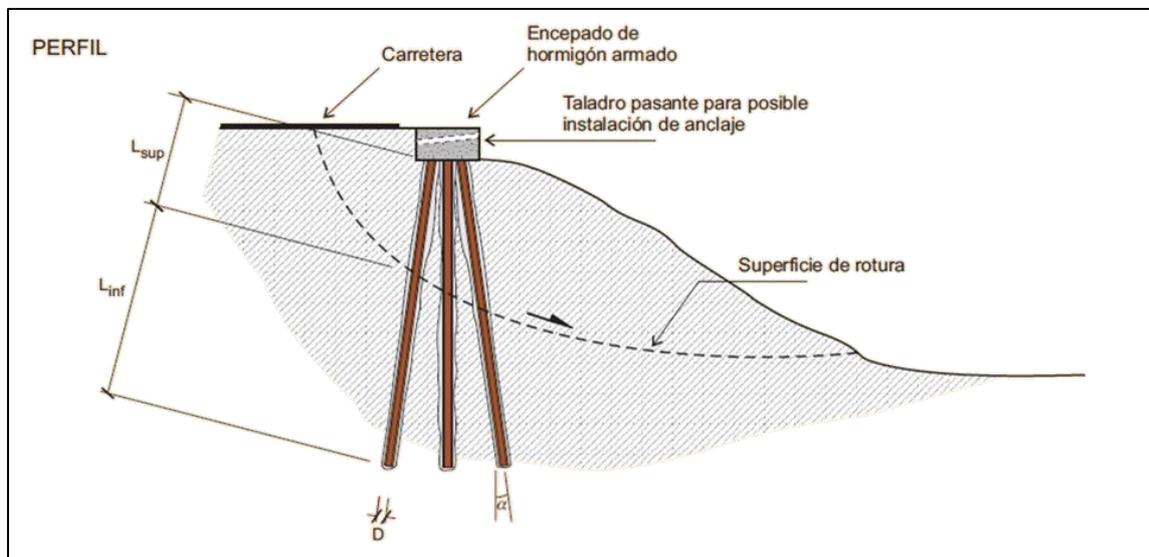
una serie de cuestiones básicas y sugerencias, que pretenden introducir al lector en determinados aspectos, que suelen resultar de aplicación a buena parte de los casos más frecuentes, y que en ningún caso podrán sustituir al cálculo y diseño específico de cada solución particular. Cuando se empleen alineaciones de micropilotes para la estabilización de laderas, en casos como el de la figura 22, en general, se debe disponer un mínimo de dos alineaciones con al menos dos inclinaciones distintas. En el extremo superior de los micropilotes, se debe disponer siempre un encepado o viga de atado de hormigón armado. Para el cálculo de los esfuerzos sobre los micropilotes y de la propia estabilidad de la ladera deberán emplearse teorías de pasadores, elementos finitos, modelos que suponen que los micropilotes y el terreno del entorno forman un muro equivalente, etc., que habrán de abordarse en todo caso. (Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005, p. 50)

No obstante, el proyectista podría utilizar, en su caso, en combinación con el o los métodos y modelos de cálculo previstos, cuestiones específicas desarrolladas en la misma, tales como la adopción de un modelo de interacción suelo-estructura a través de curvas ( $P$ ,  $y$ ), o la determinación de la resistencia estructural de los micropilotes frente a los distintos tipos de esfuerzos y su interacción, entre otros aspectos. Independientemente de los esfuerzos calculados, la armadura tubular tendrá una sección transversal superior a diez centímetros cuadrados ( $10 \text{ cm}^2$ ). En muchos casos es conveniente llegar, e incluso superar, los veinte centímetros cuadrados ( $20 \text{ cm}^2$ ). La longitud de micropilote sobre la superficie de rotura  $L_{sup}$ , viene fijada por la geometría de la ladera, no obstante, debe procurarse que ésta no supere valores de unos seis o siete metros ( $L_{sup} \leq 6-7 \text{ m}$ ), si bien, el proyectista podrá justificar la adecuación de longitudes mayores, en su caso. La longitud bajo la superficie de rotura  $L_{inf}$ , será

aproximadamente la misma que la superior ( $L_{inf} \approx L_{sup}$ ) y es recomendable que nunca sea inferior a cinco metros ( $L_{inf} \geq 5 \text{ m}$ ). En esta zona inferior, los micropilotes deben dotarse de válvulas para inyectar (micropilotes de los tipos IR o IRS). Los micropilotes podrán disponerse con inclinaciones comprendidas entre la vertical y veinte o treinta grados ( $\alpha \approx 20\text{-}30^\circ$ ) aproximadamente, siendo habituales las configuraciones que comprenden dos o tres inclinaciones, a veces dos de ellas del mismo valor absoluto y signo contrario que se repiten según una secuencia prefijada en planta. Las separaciones usuales en planta, entre ejes de micropilotes situados en una misma viga de atado o encepado, son las que se indican a continuación (véase figura 23). (Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005, p. 51)

## Figura 22

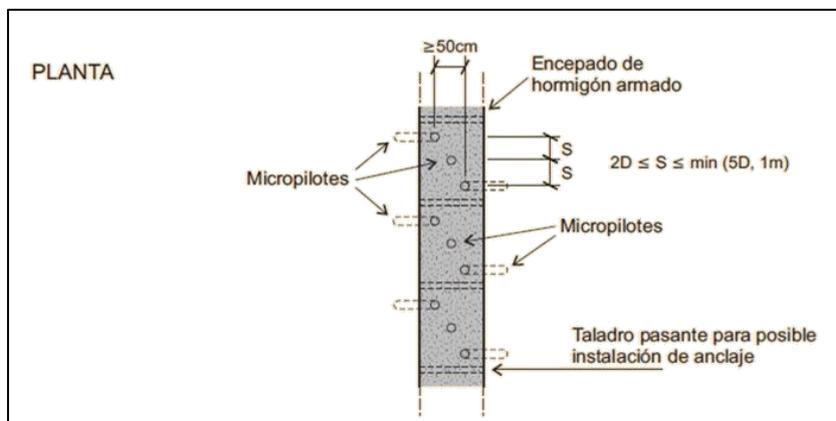
*Ejemplo de estabilización de una ladera con una pantalla de micropilotes – perfil*



Fuente: Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005.

### Figura 23

*Ejemplo de estabilización de una ladera con una pantalla de micropilotes – planta*



Fuente: Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005.

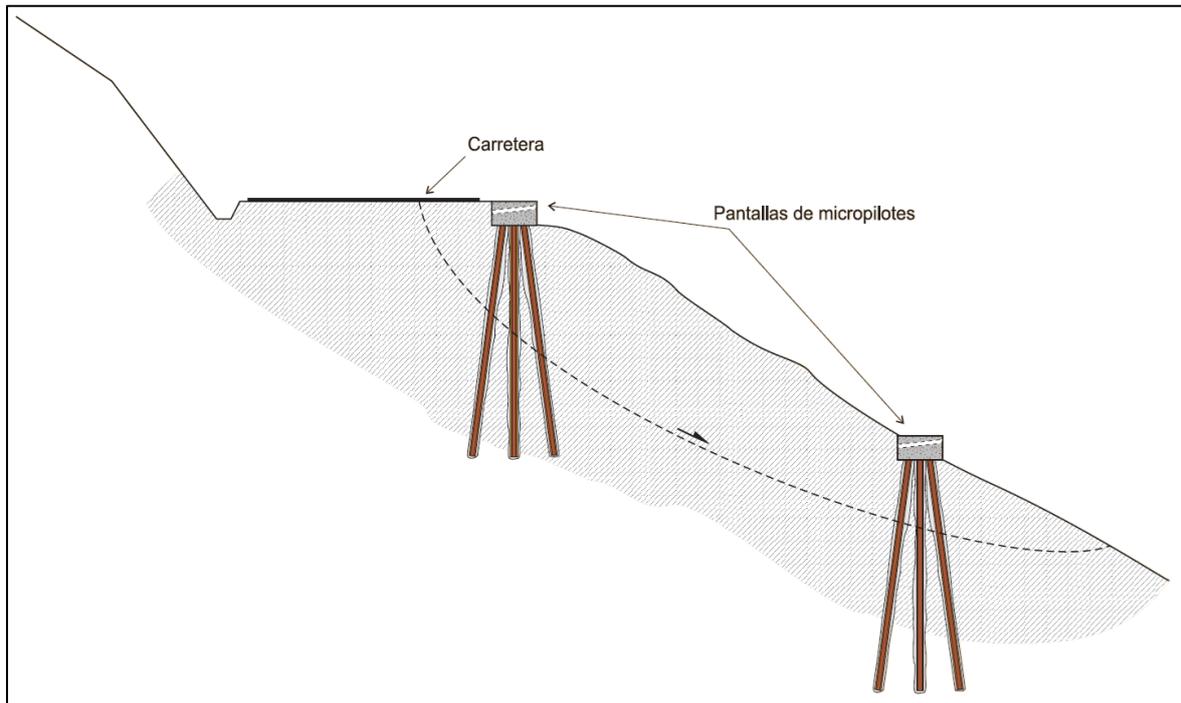
- Longitudinalmente a la viga de atado, suelen estar comprendidas entre dos y cinco veces el diámetro de los micropilotes ( $2D$  a  $5D$ ), sin que dicho valor sea superior a un metro (1 m).
- Ortogonalmente a la dirección de la viga de atado, y entre las alineaciones más distantes comprendidas dentro de la misma, la separación debe ser superior a cincuenta centímetros (50 cm).

Independientemente de que de los cálculos de estabilidad global se deduzca o no su necesidad inicial, se recomienda disponer, en la viga de atado, tubos pasantes en dirección transversal con espaciamientos regulares en planta, para la posible instalación de anclajes al terreno en caso de que en algún momento fueran necesarios. Es una regla de buena práctica recomendable en cualquier circunstancia. En ocasiones, los trabajos de estabilización de laderas se acometen mediante soluciones complejas que pueden comprender micropilotes juntamente con otras unidades de obra, tales como muros, anclajes al terreno, obras de drenaje subterráneo, etc., cuya definición excede el contenido de esta Guía. En la figura 24 se muestra un ejemplo de estabilización de una

ladera con dos pantallas de micropilotes. En la figura 25 se muestra una pantalla de micropilotes con anclajes al terreno. (Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005, p. 52)

**Figura 24**

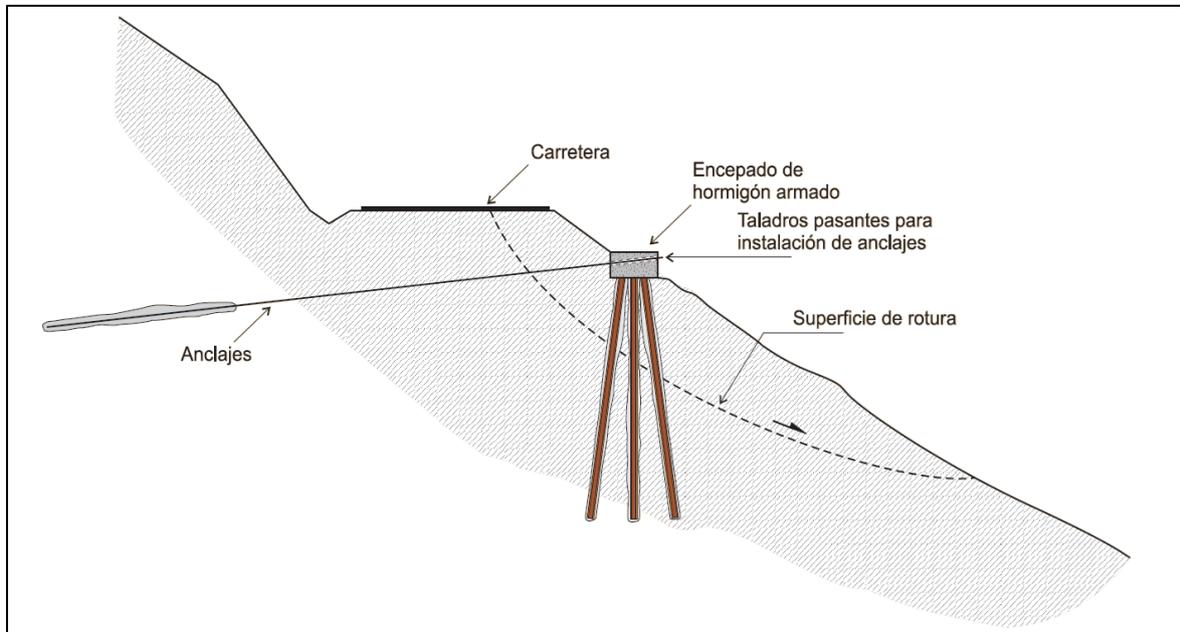
*Ejemplo de estabilización de una ladera con dos pantallas de micropilotes*



Fuente: Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005.

## Figura 25

*Ejemplo de estabilización de una ladera con una pantalla de micropilotes anclada*



Fuente: Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005.

## Armaduras

La armadura de los micropilotes estará constituida por un tubo de acero estructural. Según el proceso de fabricación empleado, la armadura tubular deberá cumplir lo especificado en una de las dos normas siguientes, según el caso de que se trate (Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005, p. 13):

- UNE EN 10210. Perfiles huecos para construcción, acabados en caliente, de acero no aleado de grano fino.
- UNE EN 10219. Perfiles huecos para construcción, conformados en frío, de acero no aleado y de grano fino.

Según la Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera (2005),” A efectos de cálculo, los límites elásticos de los aceros más habituales empleados como armadura tubular son los siguientes” (p. 13):

**Tabla 4**

*Límite elástico de los aceros para las armaduras tubulares,  $f_y$*

Designación UNE EN 10027	Límite elástico $f_y$ (MPa)
S 235	235
S 275	275
S 355	355
S 420	420
S 460	460

Fuente: Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005.

Según la Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera (2005),” Para la armadura constituida por barras corrugadas de acero, los límites elásticos los siguientes” (p. 13):

**Tabla 5**

*Límite elástico de los aceros para las barras corrugadas de acero,  $f_{sk}$*

Designación UNE EN 36068:94	Límite elástico $f_{sk}$ (MPa)
B 400 S	400
B 500 S	500

Fuente: Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005.

### ***Lechadas y morteros de cemento***

Se definen las lechadas como mezclas de cemento, agua y aditivos en su caso. Asimismo, se denominan también lechadas, aquellas mezclas que incluyan la adición de polvo mineral o arena de tamaño inferior a dos milímetros (2 mm) en cantidad, inferior en peso, a la total de cemento de la mezcla. Las mezclas que incluyan áridos

que superen las limitaciones anteriores de tamaño máximo o de peso total, serán consideradas como morteros. (Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005, p. 14)

### ***Lechadas de cemento***

La Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera (2005) indica, “La resistencia característica a compresión de la lechada a utilizar en micropilotes debe cumplir” (p. 14):

- A veintiocho días de edad (28 d) será superior o igual a veinticinco megapascales ( $f_{ck} \geq 25$  MPa).
- A siete días de edad (7 d) será superior o igual que el sesenta por ciento de la requerida a los veintiocho días ( $f_{ck,7} \geq 0,6 f_{ck}$ ).

Los ensayos para determinar la resistencia de la lechada se efectuarán con probetas cilíndricas fabricadas, curadas y ensayadas a compresión, según la normativa indicada en la EHE para el control de la resistencia del hormigón. Respecto a su dosificación, las lechadas de cemento deberán presentar alta resistencia y estabilidad, ser fácilmente bombeables y alcanzar la resistencia a compresión requerida. La relación agua/cemento, en peso, deberá mantenerse aproximadamente entre cuarenta y cincuenta y cinco centésimas ( $0,40 \leq a/c \leq 0,55$ ). En caso de que sea necesario recurrir a lechadas con relaciones agua/cemento por debajo de cuarenta centésimas ( $a/c < 0,40$ ), normalmente deberán agregarse aditivos a las mismas para permitir que se puedan bombear de forma adecuada. La exudación de la lechada, determinada según se indica en la EHE, será menor o igual que el tres por ciento (3%) en volumen, transcurridas dos horas (2 h) desde la preparación de la mezcla. (Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005, p. 15)

### ***Morteros de cemento***

La resistencia característica a compresión a veintiocho días (28 d) de los morteros de cemento a utilizar en micropilotes, será superior o igual a veinticinco megapascales ( $f_{ck} \geq 25$  MPa). Los ensayos para determinar la resistencia del mortero se efectuarán con probetas cilíndricas fabricadas, curadas y ensayadas a compresión a veintiocho días de edad (28 d) según la normativa. Respecto a su dosificación, los morteros deberán presentar un contenido mínimo de cemento de trescientos setenta y cinco kilogramos por metro cúbico ( $375 \text{ kg/m}^3$ ). Su relación agua/cemento, en peso, deberá ser inferior a sesenta centésimas ( $a/c < 0,60$ ) y la distribución granulométrica del árido a emplear deberá cumplir (Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005, p. 15):

$$D_{85} \leq 4\text{mm}$$

$$D_{100} \leq 8\text{mm}$$

Donde:

Dx: Tamiz por el que pasa el x% de la muestra

### ***Protección contra la corrosión***

Las armaduras de los micropilotes y el resto de elementos metálicos de los mismos, como por ejemplo los de unión, deberán estar protegidos frente a la corrosión durante su vida útil. El sistema de protección se basa en la disposición de un recubrimiento mínimo de la armadura, mediante lechada o mortero de cemento y en la consideración de una reducción del espesor de acero debido a la corrosión. (Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005, p. 15)

Para micropilotes en ambientes agresivos, el proyecto podrá disponer protecciones adicionales, tales como:

- Uso de cemento y aceros especiales.
- Protección catódica.
- Entubación permanente en el tramo de terreno considerado como agresivo.
- Tratamiento superficial.

### ***Recubrimiento mínimo***

Debe procurarse que las armaduras tubulares no actúen como sostenimiento de la perforación. Se recomienda que la punta de la armadura no apoye directamente sobre el fondo y que el recubrimiento mínimo entre armadura y terreno se materialice mediante centradores. Los valores mínimos del recubrimiento se deberán tomar de la tabla 6, debiendo garantizarse, incluso en las secciones de empalme de las armaduras. (Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005, p. 16)

**Tabla 6**

*Recubrimientos mínimos, r (mm)*

Esfuerzo aplicado	Lechada	Mortero
Compresión	20	30
Tracción	25	35

Fuente: Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005.

### ***Reducción de espesor***

En el cálculo de la resistencia estructural de los micropilotes, deberá tenerse en cuenta la correspondiente reducción de espesor de las armaduras por corrosión, en función de la vida útil de la estructura proyectada y de las características del terreno. Salvo justificación expresa del proyecto, la reducción de espesor de la armadura que debe considerarse, a causa de la corrosión, por el contacto del micropilote con el terreno (con

o sin presencia de agua subterránea) será mayor o igual que la reflejada en la tabla 7.

(Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005, p. 16)

**Tabla 7**

*Reducción de espesor de armadura por efecto de la corrosión<sup>1</sup>,  $r_e$  (mm)*

Tipo de terreno	Vida útil requerida al micropilote en años <sup>3</sup>				
	5	25	50	75	100
Suelos naturales sin alterar	0.00	0.30	0.60	0.90	1.20
Suelos naturales contaminados o suelos industriales	0.15	0.75	1.50	2.25	3.00
Suelos naturales agresivos (turberas, ciénagas, etc.)	0.20	1.00	1.75	2.50	3.25
Rellenos no agresivos sin compactar <sup>2</sup>	0.18	0.70	1.20	1.70	2.20
Rellenos agresivos sin compactar (cenizas, escorias, etc.) <sup>2</sup>	0.50	2.00	3.25	4.50	5.75

*Nota.* <sup>1</sup>Según UNE EN 14199. <sup>2</sup>La corrosión es menor en rellenos compactados que en rellenos sin compactar; así, en los compactados, los valores reflejados en esta tabla pueden reducirse hasta la mitad. <sup>3</sup>Los valores dados para 5 y 25 años se basan en mediciones reales, mientras que los demás casos se han obtenido como resultado de extrapolaciones. Fuente: Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005.

### ***Resistencia estructural a flexión***

Para calcular la resistencia estructural del micropilote a flexión, se supondrá que únicamente colabora la armadura tubular del micropilote. En la unión de armaduras se considerará además la capacidad a flexión de dicha unión, si fuera menor que la de la

armadura. El valor de cálculo del momento flector  $M_{Ed}$ , en cada sección, deberá cumplir la condición (Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005, p. 109):

$$M_{c,Rd} \geq M_{Ed} \quad (17)$$

Donde:

$M_{Ed}$ : Momento flector de cálculo, obtenido a partir de acciones mayoradas.

$M_{c,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a flexión. Se determinará de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\text{Si } \frac{d_e - 2r_e}{t - r_e} \leq \frac{16450}{f_y} \quad , \quad M_{c,Rd} = W_{pl} \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot F_{u,f} \quad (18)$$

$$\text{Si } \frac{16450}{f_y} < \frac{d_e - 2r_e}{t - r_e} \leq \frac{21150}{f_y} \quad , \quad M_{c,Rd} = W_{el} \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot F_{u,f} \quad (19)$$

siendo:

$d_e$ : Diámetro exterior nominal de la armadura tubular.

$r_e$ : Reducción de espesor de la armadura por efecto de la corrosión. Deberá tomarse de la tabla 7.

$t$ : Espesor de la armadura tubular.

$f_y$ : Límite elástico del acero de la armadura tubular, expresado en megapascales (MPa), que puede obtenerse de la tabla 4.

$\gamma_a$ : Coeficiente parcial de seguridad para el acero de la armadura tubular. Se tomará un valor de 1.10 ( $\gamma_a = 1.10$ ).

$W_{pl}$ : Módulo plástico de la sección:

$$W_{pl} = \frac{(d_e - 2r_e)^3 - d_i^3}{6} \quad (20)$$

$W_{el}$ : Módulo elástico de la sección:

$$W_{el} = \frac{\pi[(d_e - 2r_e)^4 - d_i^4]}{32(d_e - 2r_e)} \quad (21)$$

$d_i$ : Diámetro interior nominal de la armadura tubular.

$F_{u,f}$ : Coeficiente de minoración del módulo resistente de la armadura tubular en función del tipo de unión. Si no se dispusiera de ensayos específicos sobre las propias uniones a utilizar, se adoptará un valor de 0.5 ( $F_{u,f} = 0.5$ ).

### **Resistencia estructural a cortante**

Para calcular la resistencia estructural del micropilote a cortante, se supondrá que únicamente colabora la armadura tubular del micropilote. El valor de cálculo del esfuerzo cortante  $V_{Ed}$ , en cada sección deberá cumplir la condición (Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005, p. 110):

$$V_{Ed} \leq V_{c,Rd} \quad (22)$$

donde:

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante de cálculo, obtenido a partir de acciones mayoradas.

$V_{c,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a esfuerzo cortante. Se adoptará  $V_{c,Rd} = V_{pl,Rd}$

$V_{pl,Rd}$ : Valor de cálculo de la resistencia plástica de la sección a esfuerzo cortante. Se determinará de acuerdo con la expresión:

$$V_{pl,Rd} = \frac{2A_{Pr}}{\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_y}{\gamma_a} \quad (23)$$

donde:

$f_y$ : Límite elástico del acero de la armadura tubular, que puede obtenerse de la tabla

4.

$\gamma_a$ : Coeficiente parcial de seguridad para el acero de la armadura tubular. Se tomará un valor de uno coma diez ( $\gamma_a = 1,10$ ).

$A_{pr}$ : Sección reducida de la armadura tubular de acero, calculada teniendo en cuenta la reducción de espesor de la armadura por efecto de la corrosión:

$$A_{pr} = \frac{\pi}{4} [(d_e - 2r_e)^2 - d_i^2] \quad (24)$$

siendo:

$d_e$ : Diámetro exterior nominal de la armadura tubular.

$r_e$ : Reducción de espesor de la armadura por efecto de la corrosión. Deberá tomarse de la tabla 7.

$d_i$ : Diámetro interior nominal de la armadura tubular.

### ***Resistencia estructural frente a esfuerzos combinados***

En el caso de que el micropilote esté sometido simultáneamente a esfuerzos axiales, flectores y cortantes, es necesario tener en cuenta la interacción entre esfuerzos para determinar la resistencia estructural de la sección. Se incluye a continuación el caso particular de interacción de esfuerzos de flexión y cortante. En secciones sometidas simultáneamente a esfuerzos de flexión y cortante, la resistencia estructural se reduce. Para valores pequeños del esfuerzo cortante esta reducción se compensa por el endurecimiento del material por deformación y se puede despreciar. Sin embargo, cuando el esfuerzo cortante sea mayor que la mitad de la resistencia plástica a esfuerzo cortante, se deberá considerar su efecto en el valor de la resistencia de cálculo a flexión.

En tales circunstancias, el valor de cálculo de la resistencia a flexión de la sección, teniendo en cuenta el esfuerzo cortante  $M_{v,Rd}$ , se determinará aplicando un factor de reducción,  $\rho$ . Es decir (Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, 2005, p. 111):

$$\text{Si } V_{Ed} \leq 0.5 V_{pl,Rd} \quad , \quad M_{v,Rd} = M_{c,Rd} \quad (25)$$

$$\text{Si } V_{Ed} > 0.5 V_{pl,Rd} \quad , \quad M_{v,Rd} = (1 - \rho) \quad (26)$$

donde:

$M_{v,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a flexión, teniendo en cuenta la interacción del esfuerzo cortante.

$M_{c,Rd}$ : Resistencia de cálculo de la sección a flexión (flexión pura). Se determina conforme a lo especificado en “Resistencia estructural a flexión”.

$\rho$  : Factor de reducción, que se obtiene de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\rho = \left( \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 \quad (27)$$

donde:

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante de cálculo, obtenido a partir de acciones mayoradas.

$V_{pl,Rd}$ : Valor de cálculo de la resistencia plástica de la sección a esfuerzo cortante, que se determinará conforme a lo especificado en “Resistencia estructural a cortante”.

## 1.6. Formulación del problema

### 1.6.1. Problema general

¿De qué manera se puede estabilizar el talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021?

### 1.6.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será la geometría del relleno antropogénico del talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021?
- ¿Qué valores de Factor de Seguridad resultarán del análisis de estabilidad de la condición existente del talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021?
- ¿Qué valores de Factor de Seguridad resultarán del análisis de estabilidad luego de implementar micropilotes para estabilizar el talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021?
- ¿Qué tanto mejora la estabilidad implementando micropilotes en comparación a la condición existente del talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021?

## 1.7. Objetivos

### 1.7.1. *Objetivo general*

Demostrar que la implementación de micropilotes es el sistema de sostenimiento adecuado que estabilizarán el talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021.

### 1.7.2. *Objetivos específicos*

- Inferir la geometría del relleno antropogénico del talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021.
- Calcular los valores de Factor de Seguridad mediante métodos de equilibrio límite de la condición existente del talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021.
- Calcular los valores de Factor de Seguridad mediante métodos de equilibrio límite luego de implementar micropilotes para estabilizar el talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021.
- Comparar en cuánto mejora la estabilidad implementando micropilotes en contraste con la condición existente del talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021.

## **1.8. Hipótesis**

### ***1.8.1. Hipótesis general***

Implementar micropilotes es el sistema de sostenimiento adecuado para estabilizar el talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021.

### ***1.8.2. Hipótesis específicas***

- La geometría del relleno antropogénico cuenta con una potencia mayor a 20 m, está delimitada por la topografía actual y las investigaciones geotécnicas realizadas y es aquella en donde las cárcavas fueron cubiertas luego de la expansión urbana en la zona del talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021.
- Los valores de Factor de Seguridad son menores a los valores mínimos exigidos por la Norma CE.020 en la condición existente del talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021.
- Los valores de Factor de Seguridad son iguales o mayores a los valores mínimos exigidos por la Norma CE.020 luego de implementar micropilotes de 20 cm de diámetro para estabilizar el talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021.
- La implementación de micropilotes incrementa en más del 50% la estabilidad del talud en comparación a la condición existente del talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021.

## CAPÍTULO II. MÉTODO

### 2.1. Tipo de investigación

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que se recolectarán datos que serán medidos numéricamente y posteriormente analizados, lo cual permitirá obtener resultados que confirmen o nieguen las hipótesis planteadas, a fin de determinar el comportamiento de la población estudiada. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). La presente investigación pretende realizar un análisis numérico de la estabilidad del talud de relleno artificial mediante métodos de equilibrio límite.

El tipo de investigación según su propósito es “aplicada” puesto que la intención es proponer un sistema que logre estabilizar un talud de relleno artificial.

Según su manipulación de variable es “no experimental” debido a que no se manipularán deliberadamente las variables, sino que se observarán a estas tal como se presentan naturalmente para posteriormente analizarlas (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

### 2.2. Población y muestra

#### 2.2.1. Población

La población de la investigación es el talud adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla, ubicado en el distrito de Miraflores, Lima. Cuenta con una longitud aproximada de 290 m y se puede apreciar en la figura 26.

#### 2.2.2. Muestra

Se ha considerado un muestreo intencional y se ha definido a la muestra como aquellos tramos del talud conformados por relleno artificial tal y como muestra la figura 27.

**Figura 26**

*Talud adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla*



Fuente: Google Earth ®.

**Figura 27**

*Tramos de talud de relleno artificial*



Fuente: Google Earth ®.

### ***Topografía***

El área de estudio es una zona escarpada, y alcanza una cota de 66.0 m.s.n.m., la inclinación del acantilado de la Costa Verde varía aproximadamente entre 36° y 80° descendiendo hasta una cota promedio de 14.0 m.s.n.m., en la plataforma de la vía correspondiente al circuito de playas, luego vuelve a descender en un talud de 36° hasta el nivel medio del mar.

### ***Geología Local***

El distrito de Miraflores está localizado sobre depósitos aluviales, constituidos por los materiales acarreados por ríos que bajan de la vertiente occidental andina, tapizando el piso de los valles, habiéndose depositado una parte en el trayecto y gran parte a lo largo y ancho de sus abanicos aluviales; así tenemos: aluviales pleistocénicos (más antiguos) y aluviales recientes. El área de estudio se encuentra localizada sobre un depósito aluvial, el cual ha sido depositado durante el Pleistoceno (Q-al); superficialmente se encuentran depósitos de grava arenosa con cantos rodados de forma subredondeada a redondeada. El mapa geológico adjunto, elaborado por INGEMMET (1992) presenta la geología local del área de estudio. Ver Anexo 5.

### ***Sismicidad***

En la zona de estudio es posible la ocurrencia de sismos de intensidad de IX a X grados en la escala de Mercalli Modificada. El Anexo 6 presenta el Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú realizado por Alva Hurtado et al (1984), el cual se basó en mapas de isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y recientes. El distrito de Miraflores se encuentra comprendido en la Zona 4 en la Zonificación Sísmica del Perú con un factor de zona = 0.45. El Anexo 7 presenta el mapa de Zonificación Sísmica del Perú (Norma E- 030, 2019).

### 2.3.Operacionalización de variables

**Tabla 8**
*Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS	UNIDAD
<b>Independiente:</b>				
Relleno artificial	Material depositado por el hombre de forma controlada o no controlada,	Cohesión (C')	-	kN/m <sup>2</sup>
	conformado por material de préstamo, residuo resultante de excavaciones, desmonte, etc.	Ángulo de fricción ( $\phi$ )	Retro análisis con software Slide v.6.004	grados
		Peso unitario ( $\gamma$ )	EMS	kN/m <sup>3</sup>
<b>Dependiente:</b>				
Factor de seguridad	Cociente entre las fuerzas de corte de un talud y las fuerzas necesarias para el equilibrio.	Factor de seguridad estático	Software Slide v.6.004	-
		Factor de seguridad pseudoestático	Software Slide v.6.004	-
Implementación de bermas	Sistema de estabilización que consiste en la construcción de terrazas sucesivas en un talud.	Inclinación del talud	Software AutoCAD	grados
Implementación de micropilotes	Sistema de sostenimiento de taludes con pilotes de diámetro menor a 30 cm que se construyen a partir de una perforación en la que se introduce acero de refuerzo y se inyecta lechada de concreto a presión.	Dimensionamiento	Hoja de cálculo	m
		Capacidad de esfuerzo cortante	Hoja de cálculo	kN

Fuente: Elaboración propia.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección**

### **2.4.1. Técnicas de recolección de datos**

La recolección de datos consistió en utilizar la técnica de observación, mediante la cual se hizo un reconocimiento visual en campo con el fin de determinar las condiciones físicas en las que se encuentra la muestra, además de crear un registro fotográfico.

Así mismo, fue necesario realizar la técnica de recopilación documentaria, la cual consistió en la búsqueda de informes de estudios de mecánica de suelos efectuados lo más cerca posible a la zona de estudio, para ello, la empresa Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C. concedió la autorización para llevar a cabo la recopilación y el tratamiento de la información.

### **2.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos de recolección de datos que serán empleados son los siguientes:

- Informe de Estudio de Mecánica de Suelos: Estos informes serán empleados para extraer información geotécnica como la ubicación de los puntos de investigación, geomorfología y parámetros de resistencia cortante del suelo.
- Imágenes aerográficas: Estas imágenes recopiladas de los años 40 se utilizarán para delimitar las cárcavas existentes en la época.
- Plano topográfico: Este instrumento brindará información topográfica actualizada.
- Perfil estratigráfico: El perfil estratigráfico de los sondajes geotécnicos proporcionará la clasificación SUCS de cada estrato y las profundidades a las que se encuentran.
- Software AutoCAD Civil: Se utilizará este software para extraer información de las secciones transversales en la zona de estudio.
- Software Slide v.6.004: El empleo de este software proporcionará información de la estabilidad de los taludes en función del factor de seguridad.

### 2.4.3. Validez de instrumentos

El instrumento de investigación “software Slide v.6.004” fue validado por cuatro profesionales expertos en geotecnia, a través de una matriz para la evaluación de expertos la cual fue adecuada al instrumento con la finalidad de darle sentido a cada pregunta planteada. La tabla 9 muestra información relacionada a cada profesional.

**Tabla 9**

*Información de profesionales expertos*

Nombre	Cargo	Rubro	Experiencia	Instrumento de investigación
Álvaro Pérez Zúñiga	Ingeniero de proyectos	Consultoría, Asesoría e	10 años	Software Slide v.6.004
Miriam Escalaya Advíncula	Ingeniera de proyectos	Investigación en Ingeniería	10 años	Software Slide v.6.004
Arturo Hernández Guillén	Ingeniero de proyectos	Geotécnica, Geológica, Geofísica y	20 años	Software Slide v.6.004
Jorge Soto Huamán	Ingeniero de proyectos	Sísmica	6 años	Software Slide v.6.004

Fuente: Elaboración propia.

### *V de Aiken – Parámetro de Validez*

El cálculo del índice de V de Aiken, que es un parámetro de validez, se realiza teniendo en consideración lo indicado en la tabla 10.

**Tabla 10**

*Escala de evaluación*

Escala de evaluación	
Muy bueno (Si)	Deficiente (No)
1	0

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 11**

*Cálculo del índice de V de Aiken*

Experto evaluador	Preguntas de la matriz para evaluación							
	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1
Suma	4	4	4	4	4	4	4	4
V de Aiken por pregunta	1	1	1	1	1	1	1	1
V de Aiken general	1							

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla 11, el valor obtenido de la V de Aiken es de 1, por ende, se confirma la validez del instrumento empleado para la obtención del factor de seguridad en el análisis de estabilidad de taludes llevado a cabo en la presente tesis. Estos valores pueden confirmarse en los Anexos 1 al 4.

## 2.5.Procedimiento de tratamiento y análisis de datos

### 2.5.1. Procedimiento de tratamiento

Para el desarrollo de la presente tesis se realizaron los siguientes pasos:

- Paso 1: Recopilar la información.
- Paso 2: Procesar información geotécnica:
  - a) Ubicar sondajes.
  - b) Identificar tipos de suelo.
  - c) Interpretar los resultados.
- Paso 3: Identificar las zonas de relleno antropogénico.
- Paso 4: Elaboración de perfiles estratigráficos:
  - a) Trazar secciones en planta.
  - b) Obtener el perfil longitudinal.
  - c) Proyectar la estratigrafía.
- Paso 5: Analizar la estabilidad del talud actual:
  - a) Determinar parámetros de resistencia al esfuerzo cortante.
  - b) Realizar el análisis de estabilidad global.
  - c) Interpretar los resultados.
- Paso 6: Diseñar sistemas de sostenimiento.
  - a) Realizar el predimensionamiento de cada sistema.
  - b) Realizar el análisis de estabilidad global.
- Paso 7: Comparar técnica y económicamente los sistemas de sostenimiento.

A continuación, se explica a detalle cada paso:

➤ **Paso 1: Recopilación de la información**

Se recopiló información geotécnica y geofísica de estudios de mecánica de suelos realizados dentro del complejo deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla:

- Estudio de mecánica de suelos “Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla, Miraflores, Lima”– 2012.

- Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes “Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla” – 2020.

También se recopiló información geotécnica de estudios realizados en los alrededores:

- Estudio geotécnico del Lugar de la Memoria, Miraflores – 2010.
- Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación del proyecto “Lugar de la Memoria – Restaurante”– 2015.
- Estudio de Suelos y Geotécnico - Creación, Instalación del Puente de la Amistad en la Bajada San Martín del Circuito de la Costa Verde entre el Distrito de Miraflores y San Isidro – Lima – 2018.

➤ **Paso 2: Procesar información geotécnica**

- a) Ubicar los sondajes: De los estudios e informes recopilados se extrajo la ubicación de los sondajes y se elaboró el Plano de Ubicación de Sondajes (PUS – Anexo 9).
- b) Identificar los tipos de suelo: De los sondajes geotécnicos y geofísicos se extrajeron los perfiles estratigráficos e hizo un registro de los tipos de suelo encontrados hasta la profundidad indicada.
- c) Interpretar los resultados: Una vez definidos los tipos de suelo se infirió la profundidad del relleno antropogénico y la cota relativa de cada sondaje.

➤ **Paso 3: Identificar las zonas de relleno antropogénico.**

Utilizando el software Google Earth Pro se superpusieron fotografías aéreas del año 1944 y 2021 de la zona que comprende la muestra. Mediante un análisis visual se delimitó el contorno de las cárcavas trazando una línea continua. Finalmente se exportó la línea al plano de ubicación y se contrastó con la topografía actual.

**Figura 28**

*Superposición de imágenes aéreas de la zona de estudio*



Fuente: Elaboración propia.

➤ **Paso 4: Elaboración de perfiles estratigráficos**

- a) Trazar secciones en planta: Para definir las secciones se utilizó el software AutoCAD primero se ubicaron todos los sondajes recopilados en el plano de planta de la zona de estudio, posteriormente se trazaron líneas transversales a las curvas de nivel, las cuales atravesaron la mayor cantidad de sondajes posible.
- b) Obtener el perfil longitudinal: Haciendo uso del software AutoCAD Civil se creó una superficie a partir de las curvas de nivel, luego se crearon alineamientos sobre las secciones proyectadas y se añadió la superficie creada para obtener el perfil longitudinal.

- c) Proyectar la estratigrafía: Se colocó cada perfil estratigráfico de aquellos sondajes ubicados en las secciones sobre la superficie del perfil creado, finalmente, se realizó una interpolación manual conectando los tipos de suelo encontrados a través de polilíneas.

➤ **Paso 5: Analizar la de estabilidad del talud actual**

Se optó por usar el software Slide versión 6.004 distribuido por la empresa Rocscience. Este software determinó los factores de seguridad de las secciones que fueron importadas desde el software AutoCAD Civil. El análisis se basa en el cálculo de estabilidad de taludes mediante los métodos de equilibrio límite (MEL) que considera distintas superficies potenciales de falla para encontrar el factor de seguridad mínimo para la evaluación del talud.

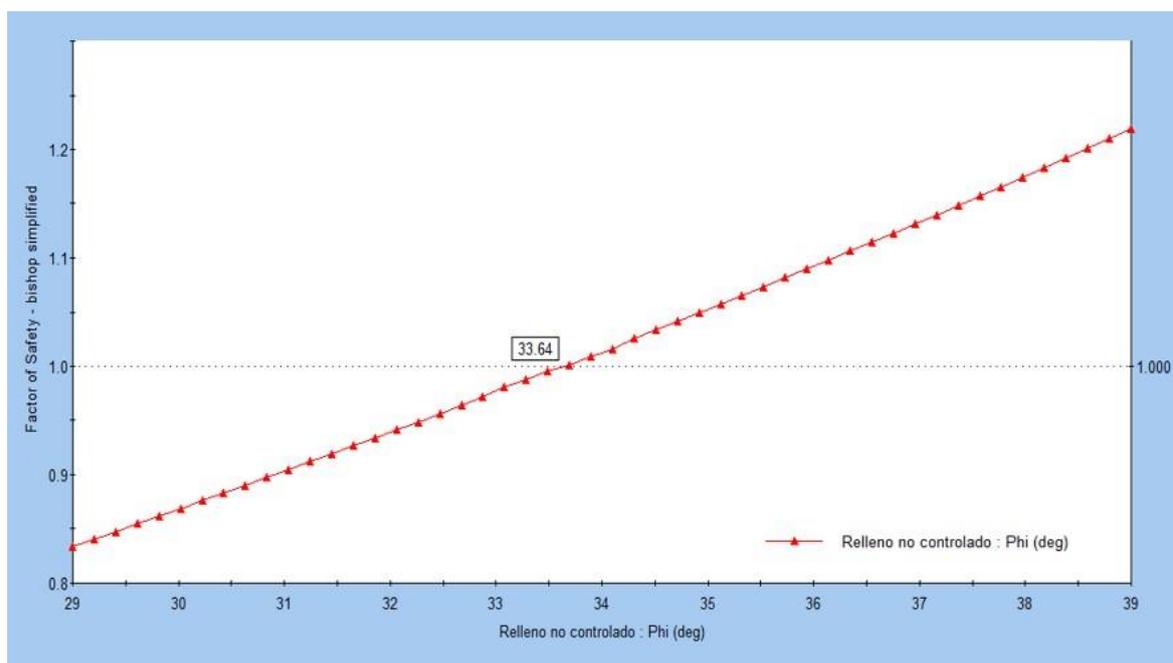
- a) Determinar parámetros de resistencia al esfuerzo cortante: De acuerdo a los ensayos in situ y de laboratorio ejecutados en los estudios de mecánica de suelos que se mencionan en los antecedentes, se ha decidido tomar los valores más conservadores para los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante de los dos tipos de suelo predominante en la zona de estudio:

- Relleno no controlado: De acuerdo a los ensayos de laboratorio que se realizaron en un estudio de mecánica de suelo en años pasados, se adoptó un peso específico ( $\gamma$ ) igual a 19.6 kN/m<sup>3</sup>. Además, debido a que en la zona de estudio se observan grietas en el borde superior del talud, se ha determinado que este se encuentra en un estado de equilibrio límite, y considerando que el talud está conformado por un estrato superior de una gran potencia compuesto por relleno no controlado, se ha optado por proponer de forma conservadora una cohesión ( $C'$ ) igual a 0. Posteriormente, con ayuda del software Slide se realizó un análisis sensitivo para

poder hallar qué valor de ángulo de fricción ( $\phi$ ) le corresponde a un factor de seguridad (FS) igual a 1, el cual es equivalente para el estado de equilibrio límite del talud; obteniendo un valor para  $\phi$  de  $33.64^\circ$ .

## Figura 29

*Obtención del ángulo de fricción del relleno no controlado*



Fuente: Elaboración propia.

- Depósito de grava arenosa: Según el ensayo de Corte Directo In Situ realizado en la corona del talud perteneciente al acantilado de la Costa Verde en el distrito de Miraflores en el año 2001, sobre el depósito de grava arenosa conocido como el Conglomerado de Lima, se obtuvieron los siguientes parámetros de resistencia:  $\gamma$  igual a  $20.6 \text{ kN/m}^2$ ,  $C'$  igual a  $54 \text{ kN/m}^2$  y  $\phi$  de  $40^\circ$ .

El Cuadro 1 muestra el resumen de parámetros de resistencia al esfuerzo cortante de los tipos de suelo en el lugar de estudio.

**Tabla 12**

*Parámetros de resistencia al esfuerzo cortante*

Tipo de suelo	Parámetros de resistencia cortante		
	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	C' (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)
Relleno no controlado	19.6	0	33.64
Depósito de grava arenosa	20.6	54	40

Fuente: Elaboración propia.

- b) Realizar el análisis de estabilidad global: Para realizar el análisis global de estabilidad del talud actual se creó un modelo a partir de la sección estratigráfica y los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante de los suelos, utilizando el software Slide se aplicaron las metodologías de equilibrio límite de Bishop Simplificado y Morgenstern - Price y se analizó la condición de estabilidad estática y pseudoestática, cuyos valores de factor de seguridad mínimos requeridos por la Norma CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes son 1.5 y 1.25 respectivamente. Para el análisis pseudoestático se tomó en cuenta un coeficiente sísmico de 0.225g, el cual equivale a una aceleración máxima de 0.45g. Este valor es obtenido considerando un periodo de retorno de 475 años y con un nivel de riesgo del 10% para un periodo de vida útil de 50 años.
- c) Interpretar los resultados: En base a los valores de factor de seguridad obtenidos se definieron como secciones críticas aquellas que no satisficieron las condiciones de estabilidad establecidas, incluso si existen zonas que se encuentren en un estado de equilibrio límite.

➤ **Paso 6: Diseñar sistemas de sostenimiento**

- a) Realizar el predimensionamiento de cada sistema: Utilizando modelos teóricos se definieron las dimensiones, parámetros de resistencia y geometría de los componentes de cada sistema de sostenimiento.
- b) Realizar el análisis de estabilidad global: Se corroboró la estabilidad introduciendo la nueva geometría del talud y elementos de sostenimiento al software para realizar un nuevo análisis de estabilidad global.

➤ **Paso 7: Comparar en cuánto mejora la estabilidad**

Con los valores de factor de seguridad hallados a partir del análisis estático y pseudoestático de estabilidad, se construyeron gráficos y tablas que evidenciaron el incremento del factor de seguridad del talud con bermas y micropilotes, respecto al talud en condiciones actuales.

### 2.5.2. *Análisis estadístico de los datos*

El análisis estadístico de datos se llevará a cabo a través de hojas de cálculo para el predimensionamiento de elementos de sostenimiento, software de ingeniería para la elaboración de planos y de modelamiento geotécnico para la obtención de factores de seguridad.

- Microsoft Excel.
- AutoCAD.
- AutoCAD Civil 3D.
- Slide v.6.004.

## **2.6.Aspectos éticos**

La presente tesis se desarrolló salvaguardando la propiedad intelectual de los autores en la información expuesta en cada capítulo. Se utilizó citas del autor y el año de publicación, además se precisaron fuentes bibliográficas según lo establecido en la Norma APA Séptima Edición. La información y data adquirida para complementar este trabajo de investigación fue solicitada a través de una carta de autorización a las entidades autoras de estos.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1 Resultados del objetivo específico 1

#### 3.1.1 Sondajes en campo y profundidad del relleno antropogénico

Bajo el nivel de terreno se encuentran rellenos no controlados conformados por restos de plástico, vidrio, trozos de caucho, asfalto, telas, cascote de ladrillo, concreto armado y grava pobremente gradada con arena limosa. Por debajo de este relleno se observa un depósito gravoso conocido como Conglomerado de Lima, que contiene finos no plásticos en baja proporción, con densidad medianamente densa a densa y ligeramente húmedo. Las tablas 13, 14 y 15 presentan los sondajes realizados en campo de los Estudios de Mecánica de Suelos en los años 2012, 2018 y 2020 respectivamente, así como la profundidad del relleno antropogénico encontrado.

**Tabla 13**

*Sondajes ejecutados y profundidad del relleno antropogénico en el EMS – 2012*

Maggie Martinelli Consultores S.R.L. - 2012			
Sondaje	Código	Profundidad alcanzada (m)	Profundidad de relleno (m)
Calicata	C-1	7.00	0.80
	C-2	8.50	1.30
	C-3	8.50	2.10
	C-4	3.20	>3.20
	C-5	3.00	>3.00
	C-6	7.80	1.90
	C-7	7.20	0.60
	C-8	7.00	0.50
	C-9	7.20	1.80
	C-10	8.00	1.50

Fuente: Elaboración propia.

*Continuación de la Tabla 13*

Sondaje	Código	Profundidad alcanzada (m)	Profundidad de relleno (m)
Calicata	C-11	7.00	>7.00
	C-12	7.00	>7.00
	C-13	3.20	>3.20
Perforación Diamantina	P-1	10.45	5.00
	P-2	25.45	22.00
	P-3	17.45	13.80

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 14**

*Sondajes ejecutados y profundidad del relleno antropogénico en el EMS – 2018*

Jack López Ingenieros S.A.C. - 2018

Sondaje	Código	Profundidad alcanzada (m)	Profundidad de relleno (m)
Perforación Diamantina	P-1	25.20	1.00
	P-2	30.00	0.00

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 15**

*Sondajes ejecutados y profundidad del relleno antropogénico en el EMS - 2020*

Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C. - 2020

Sondaje	Código	Profundidad alcanzada (m)	Profundidad de relleno (m)
Calicata	C-1	10.00	2.10
	C-2	10.00	1.70
	C-3	10.00	3.60
	C-4	10.00	1.70
	C-5	10.00	>10.00

Fuente: Elaboración propia.

*Continuación de la Tabla 15*

Sondaje	Código	Profundidad alcanzada (m)	Profundidad de relleno (m)
Calicata	C-6	9.50	1.60
	C-7	7.00	>7.00
	C-8	10.00	5.20
	C-9	10.00	2.40
	C-10	5.00	1.40
	C-11	5.00	1.60
	C-12	5.00	1.70
	C-13	4.50	4.50
MASW-2D	M2D-1	30.00	30.00
	M2D-2	30.00	>30.00
	M2D-3	30.00	>30.00
	M2D-4	30.00	>30.00
	M2D-5	30.00	>30.00

Fuente: Elaboración propia.

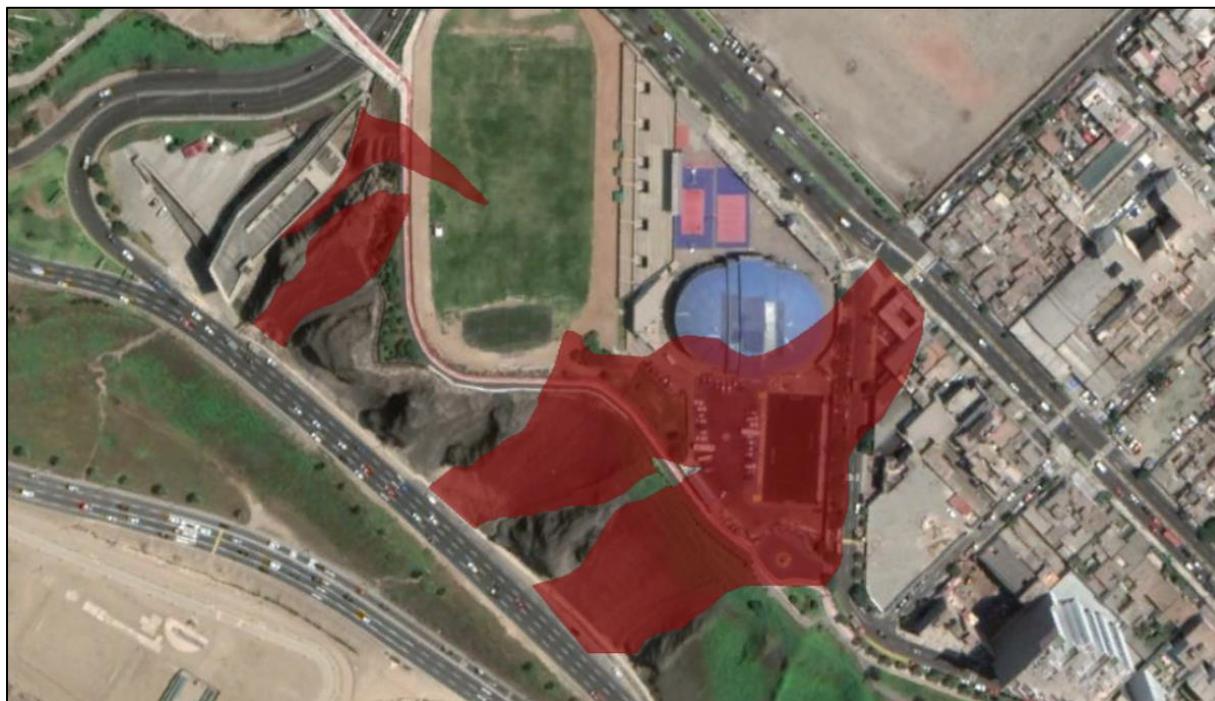
El Anexo 09 Plano de Ubicación de Sondajes (PUS-01), muestra la ubicación de cada sondaje.

### **3.1.2 Secciones estratigráficas**

El relleno antropogénico depositado cubre un área aproximada de 18,426 m<sup>2</sup>, la cual puede apreciarse de color rojo en la figura 30. La tabla 16 indica la profundidad de relleno antropogénico y las figuras 31, 32 y 33 muestran los perfiles estratigráficos de cada sección.

**Figura 30**

*Zona de relleno antropogénico depositado*



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 16**

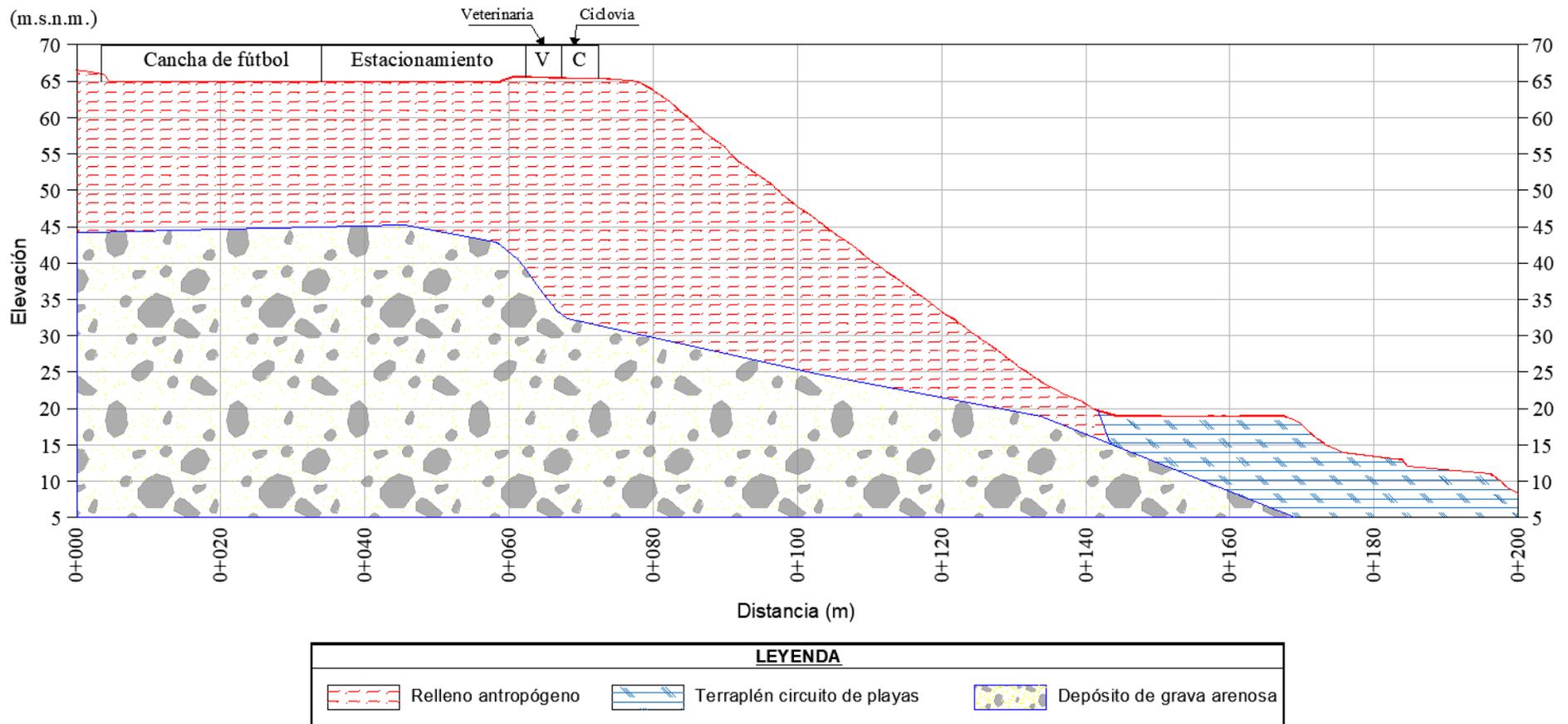
*Profundidad de relleno antropogénico en cada sección*

Sección	Profundidad de relleno antropogénico (m)
1	19.80 - 34.70
2	2.25 - 36.60
3	1.20 - 12.70

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 31**

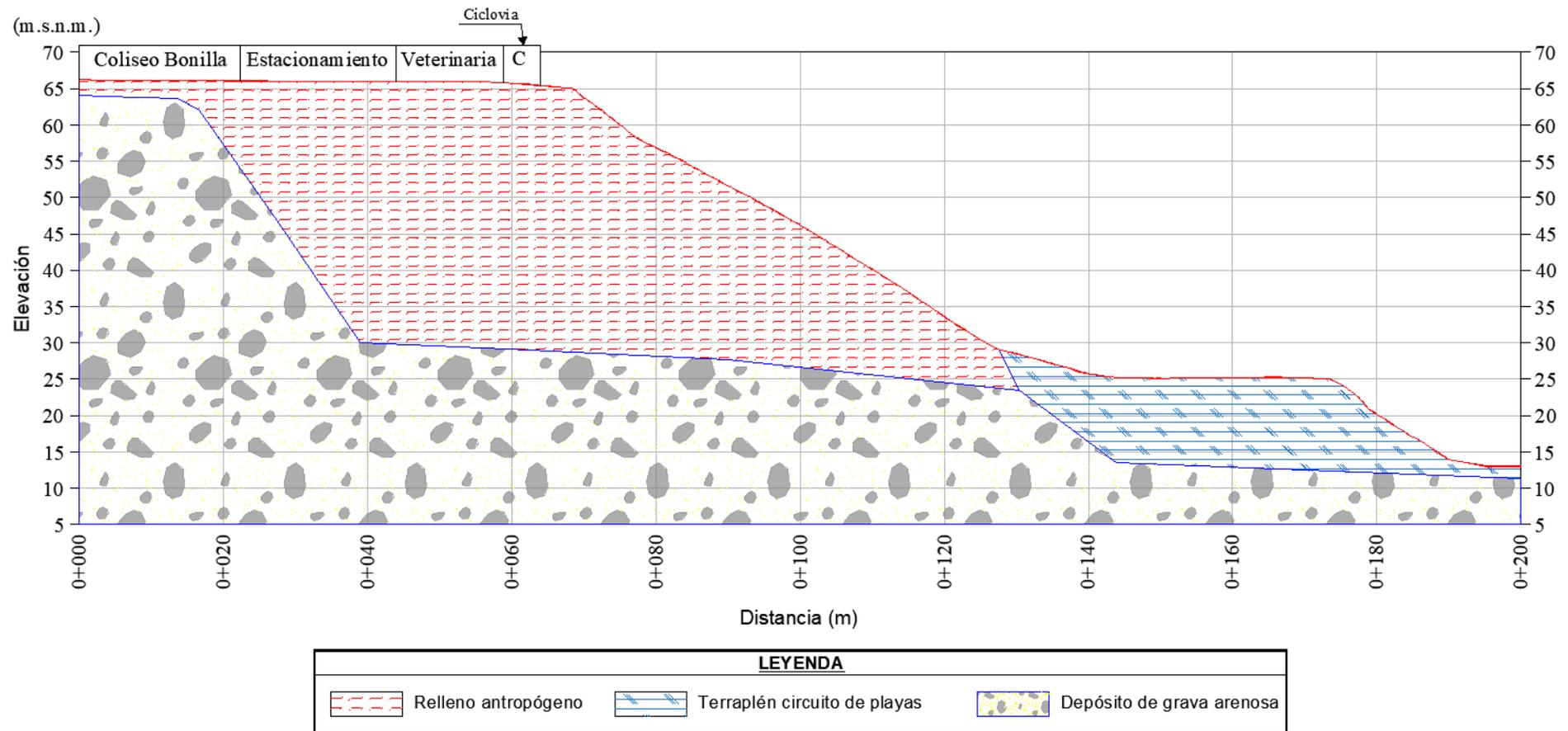
*Perfil estratigráfico de la sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 32**

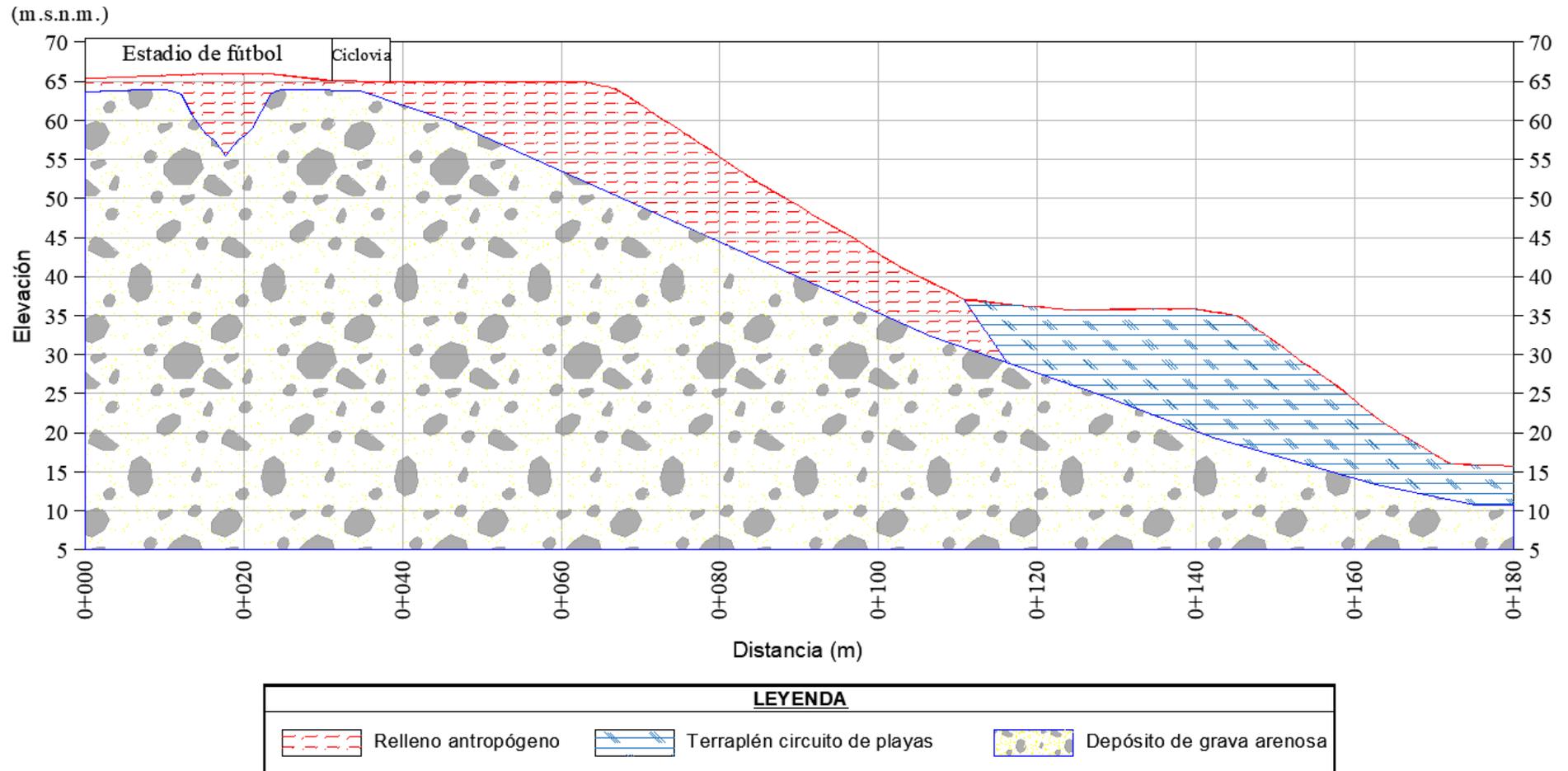
*Perfil estratigráfico de la sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 33**

*Perfil estratigráfico de la sección 3*



Fuente: Elaboración propia

## 3.2 Resultados del objetivo específico 2

### 3.2.1 *Análisis de Estabilidad de Taludes*

#### *Análisis de estabilidad estático – Condición actual*

La tabla 17 muestra los valores de factor de seguridad luego de realizar el análisis de estabilidad global para la condición estática aplicando el método de equilibrio límite mediante la metodología de Bishop Simplificado (BS) y Morgenstern - Price (MP). Las figuras 34-39 muestran las superficies de falla obtenidas del análisis de estabilidad estático con el programa Slide v.6.004.

**Tabla 17**

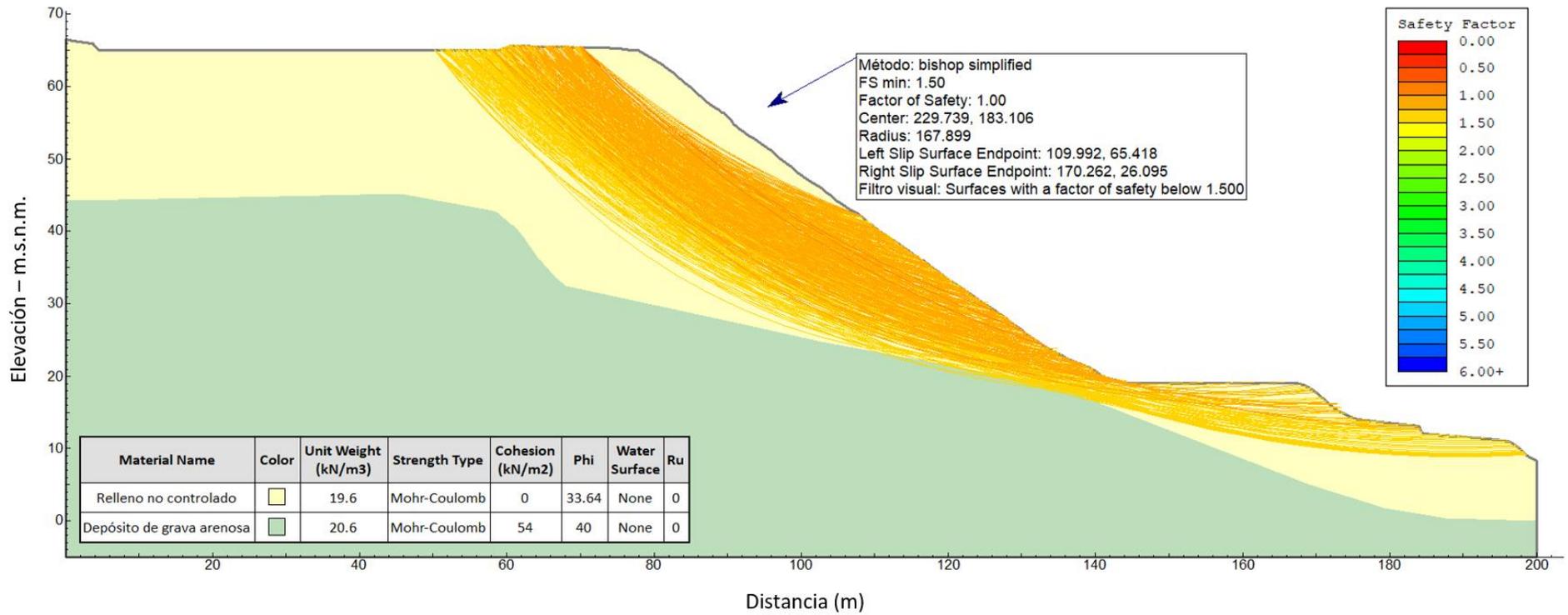
*Valores de factor de seguridad del análisis estático – Condición actual*

Sección	Factor de Seguridad	
	BS	MP
1	1.00	0.99
2	1.24	1.24
3	1.16	1.16

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 34**

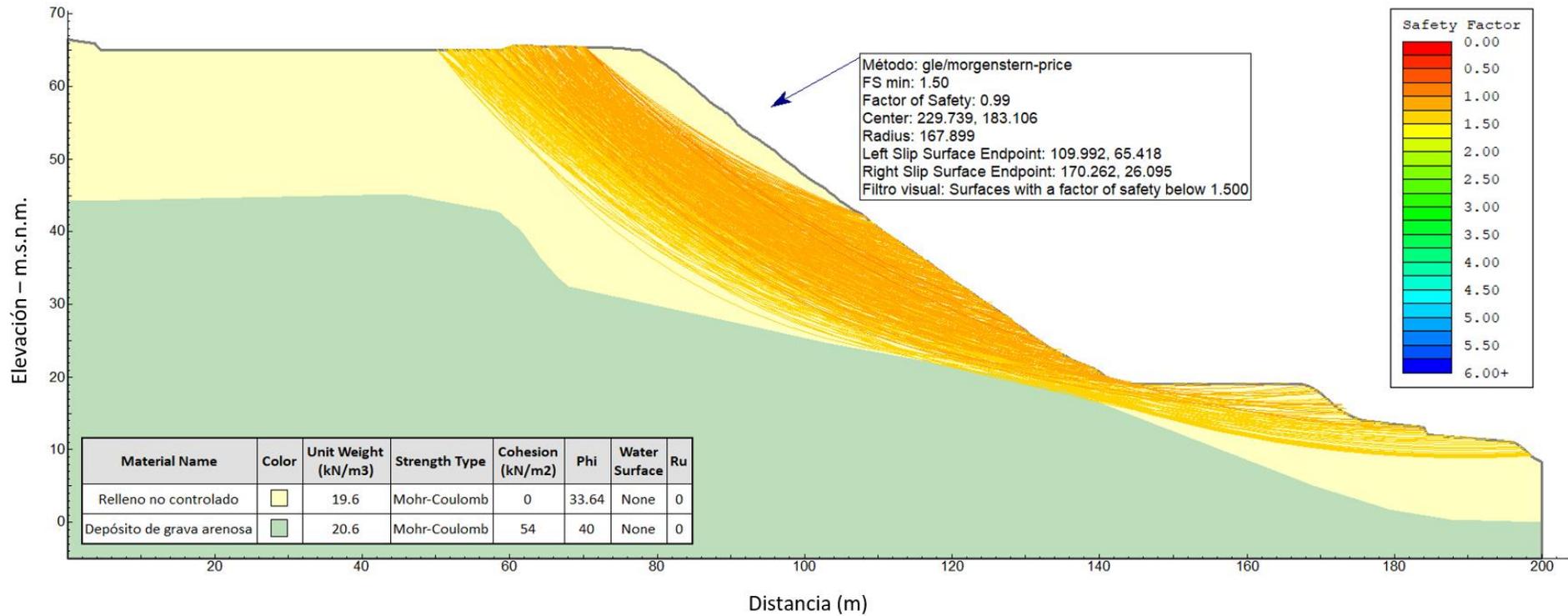
*Análisis de estabilidad estático por el método de Bishop Simplificado - Condición actual - Sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 35**

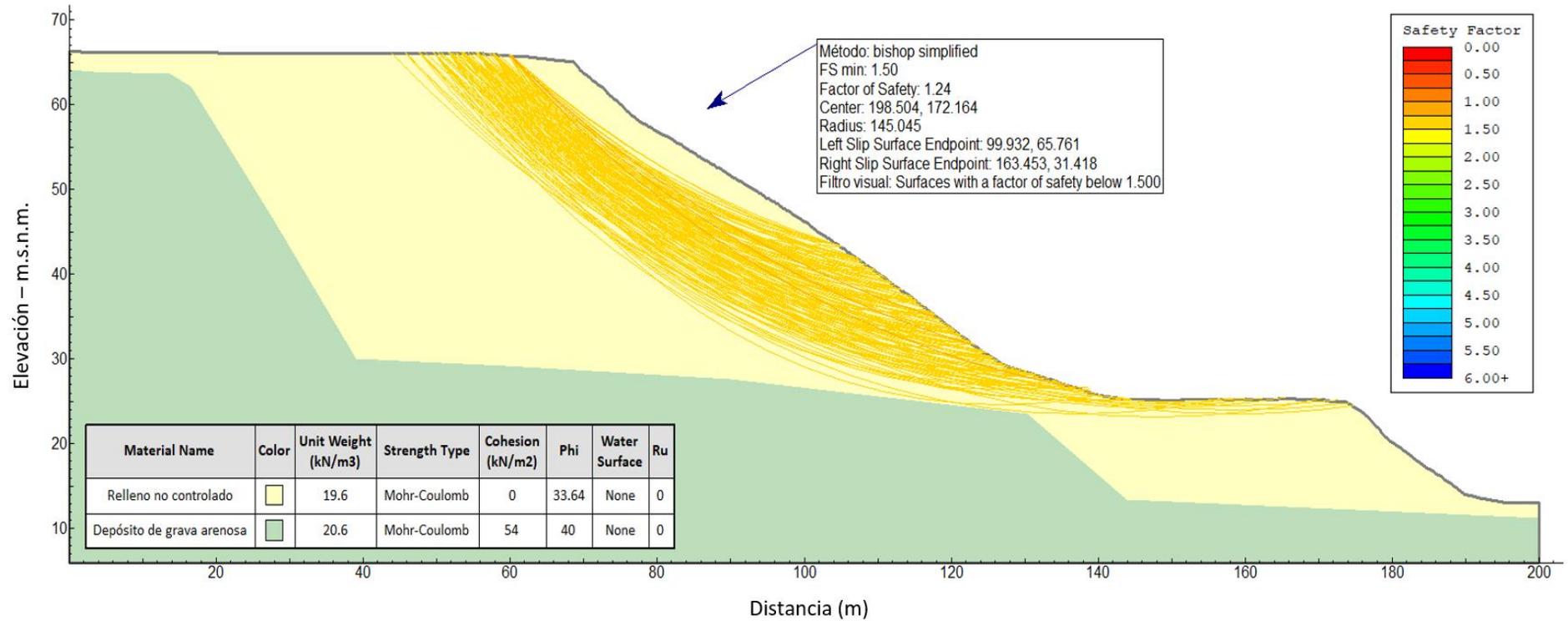
*Análisis de estabilidad estático por el método de Morgenstern-Price - Condición actual - Sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 36**

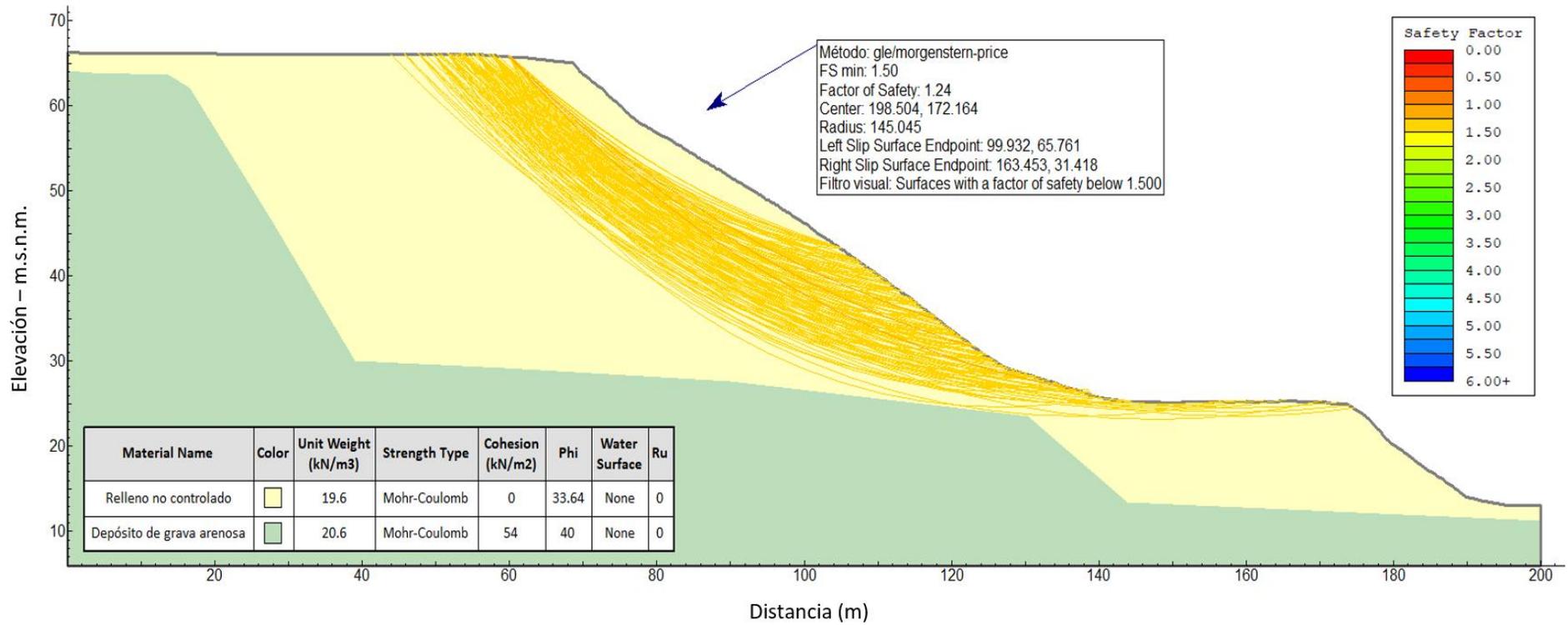
*Análisis de estabilidad estático por el método de Bishop Simplificado - Condición actual - Sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 37**

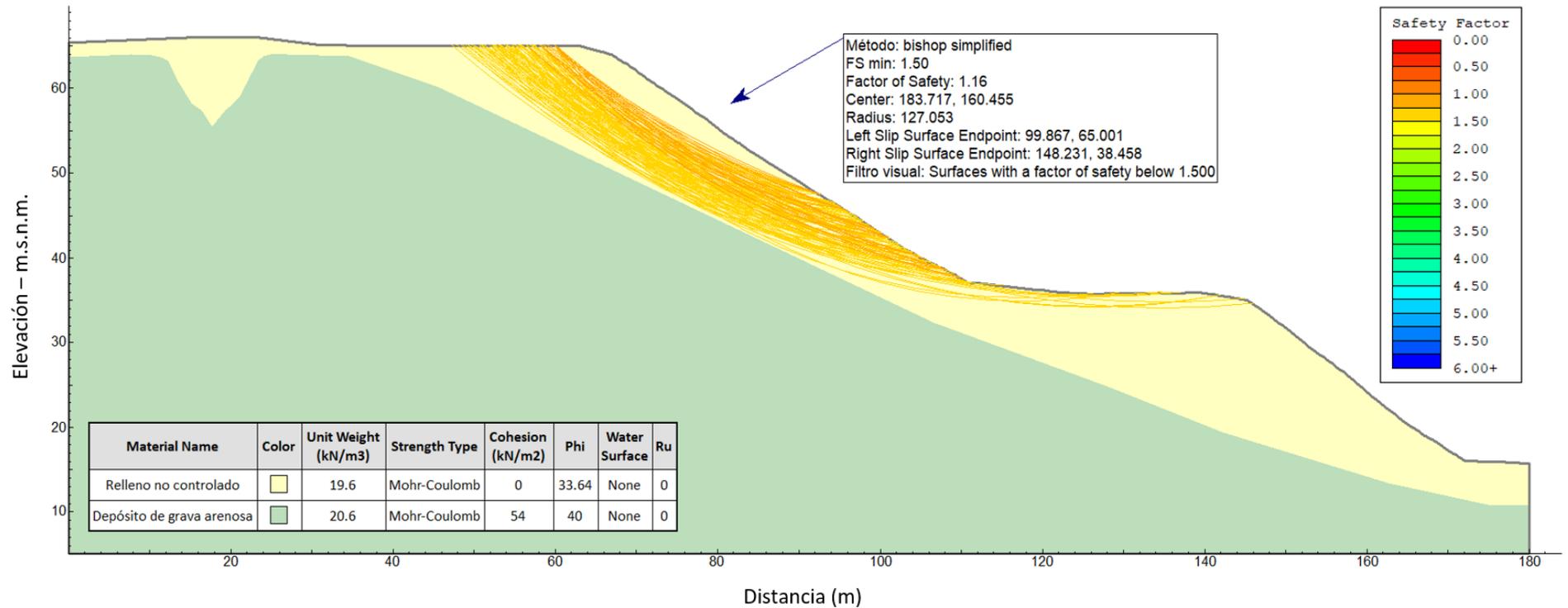
*Análisis de estabilidad estático por el método de Morgenstern-Price - Condición actual - Sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 38**

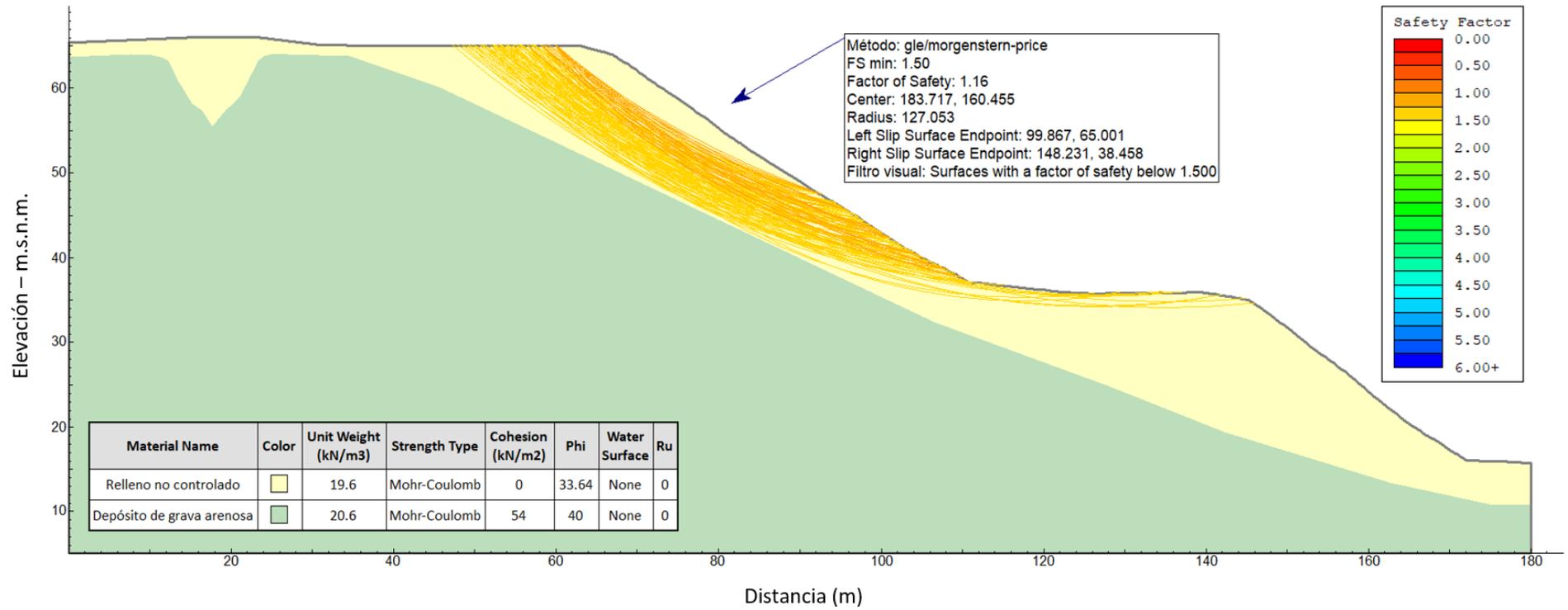
*Análisis de estabilidad estático por el método de Bishop Simplificado - Condición actual - Sección 3*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 39**

*Análisis de estabilidad estático por el método de Morgenstern-Price - Condición actual - Sección 3*



Fuente: Elaboración propia.

### *Análisis de estabilidad pseudoestático – Condición actual*

La tabla 18 muestra los valores de factor de seguridad luego de realizar el análisis de estabilidad global para la condición pseudoestática aplicando el método de equilibrio límite mediante la metodología de Bishop Simplificado (BS) y Morgenstern - Price (MP). Las figuras 40-45 muestran las superficies de falla obtenidas del análisis de estabilidad pseudoestático con el programa Slide v.6.004.

**Tabla 18**

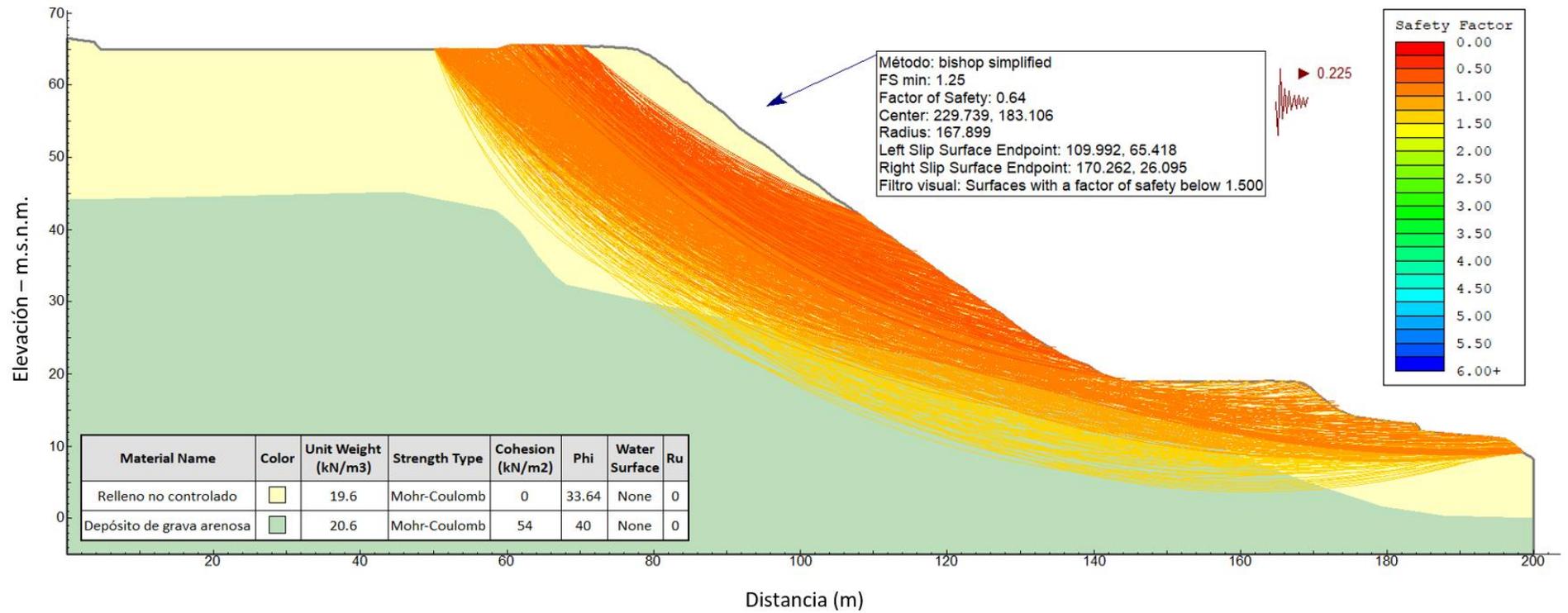
*Valores de factor de seguridad del análisis pseudoestático – Condición actual*

Sección	Factor de Seguridad	
	BS	MP
1	0.64	0.64
2	0.78	0.78
3	0.74	0.73

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 40**

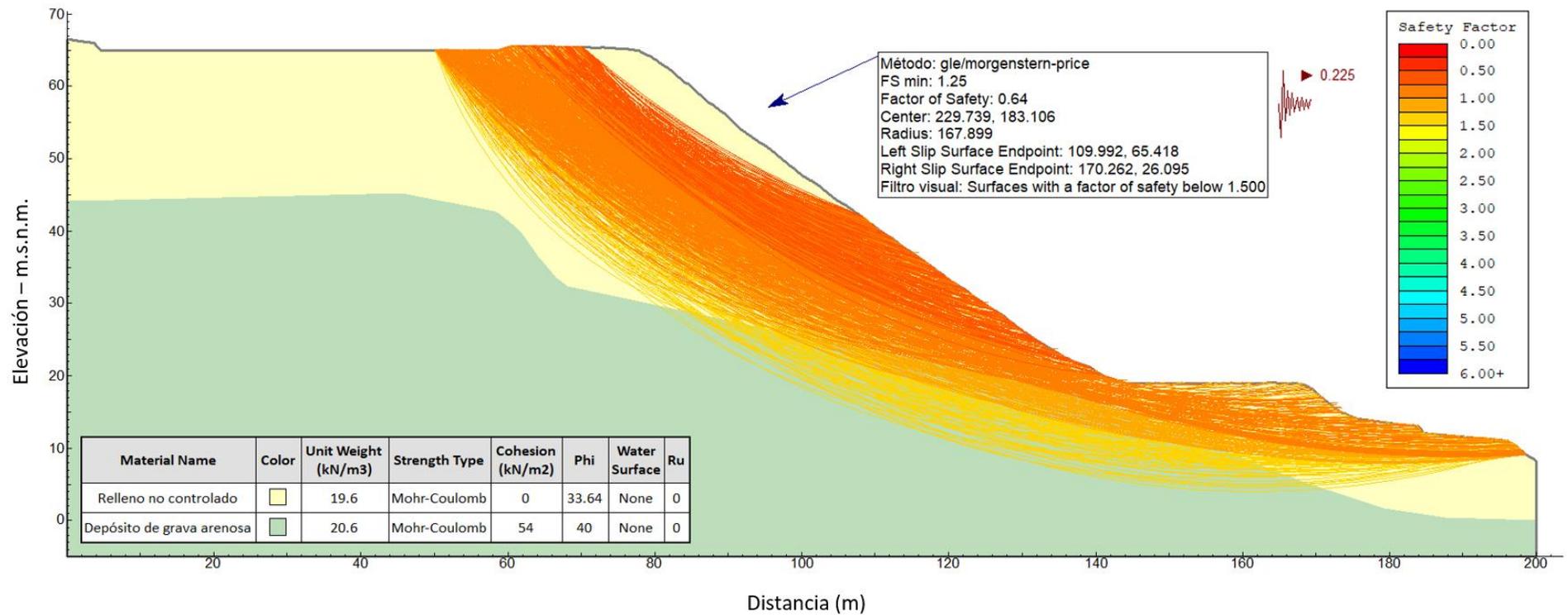
*Análisis de estabilidad pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Condición actual - Sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 41**

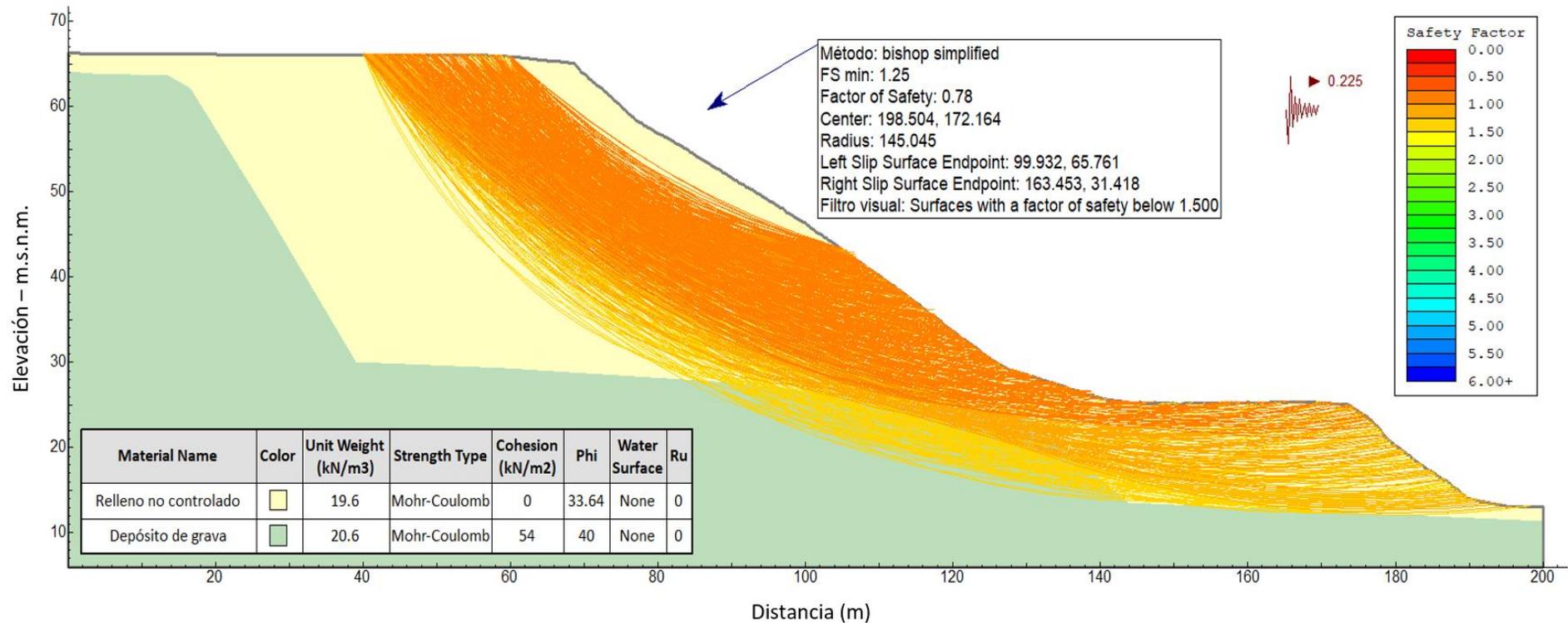
*Análisis de estabilidad pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Condición actual - Sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 42**

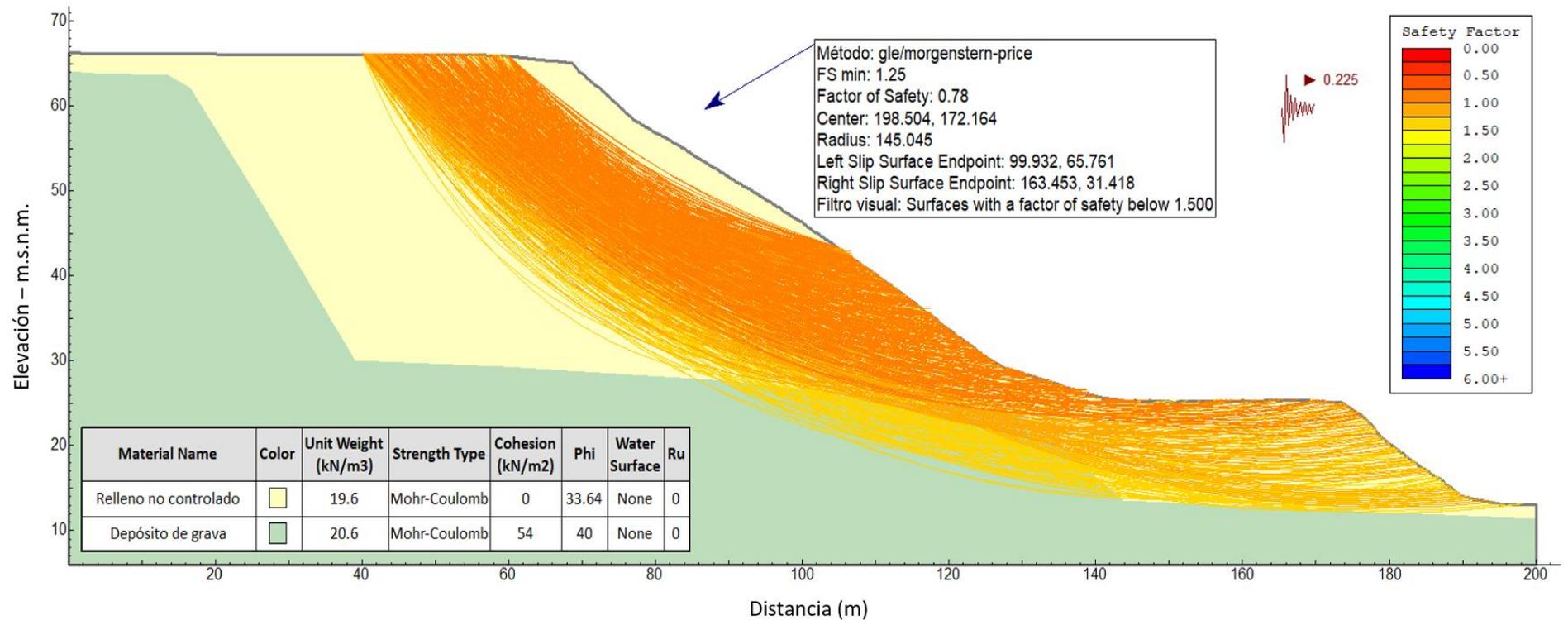
*Análisis de estabilidad pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Condición actual - Sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 43**

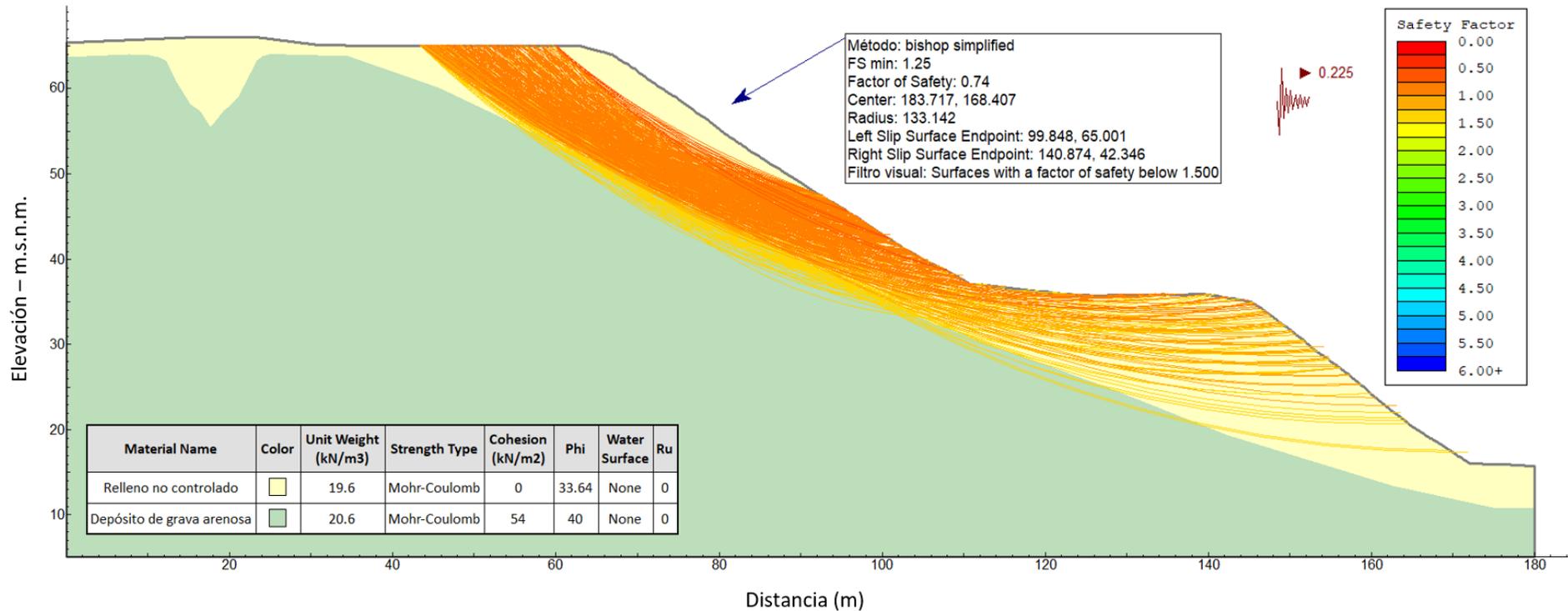
*Análisis de estabilidad pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Condición actual - Sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 44**

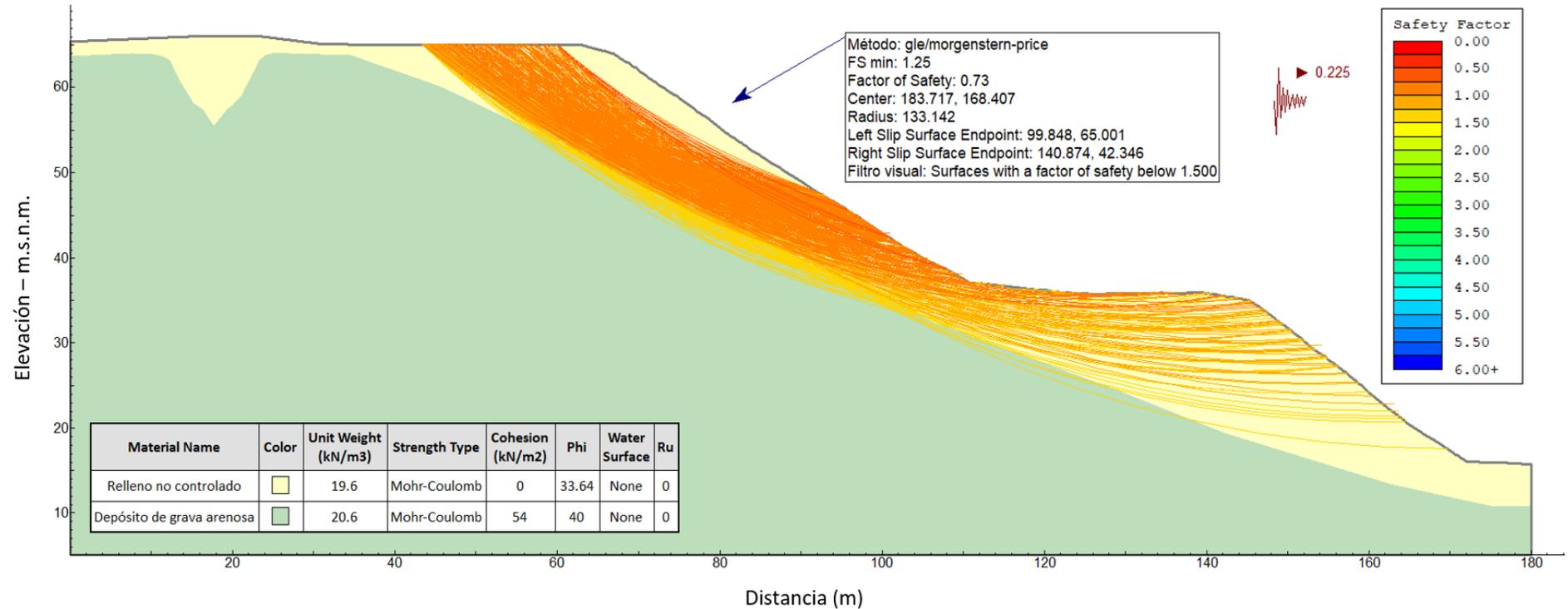
*Análisis de estabilidad pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Condición actual - Sección 3*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 45**

*Análisis de estabilidad pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Condición actual - Sección 3*



Fuente: Elaboración propia.

### 3.3 Resultados del objetivo específico 3

#### 3.3.1 Bermas

##### *Estabilidad Global – Análisis Estático*

La tabla 19 muestra los valores de factor de seguridad luego de realizar el análisis de estabilidad global para la condición estática aplicando el método de equilibrio límite mediante la metodología de Bishop Simplificado (BS) y Morgenstern - Price (MP). Las figuras 46-51 muestran las superficies de falla obtenidas del análisis de estabilidad estático con bermas en el programa Slide v.6.004.

**Tabla 19**

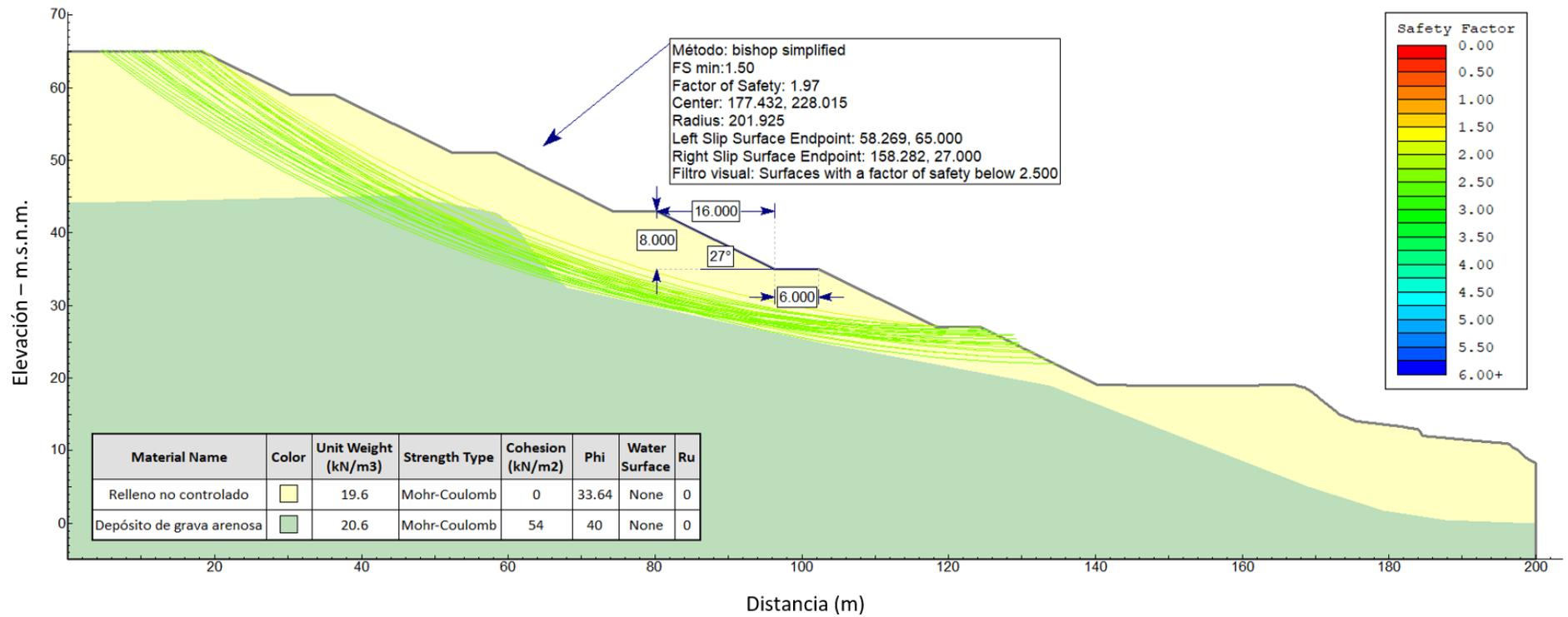
*Valores de factor de seguridad del análisis estático – Estabilidad global en bermas*

Sección	Factor de Seguridad	
	BS	MP
1	1.97	1.97
2	2.14	2.14
3	2.28	2.28

Fuente: Elaboración propia

**Figura 46**

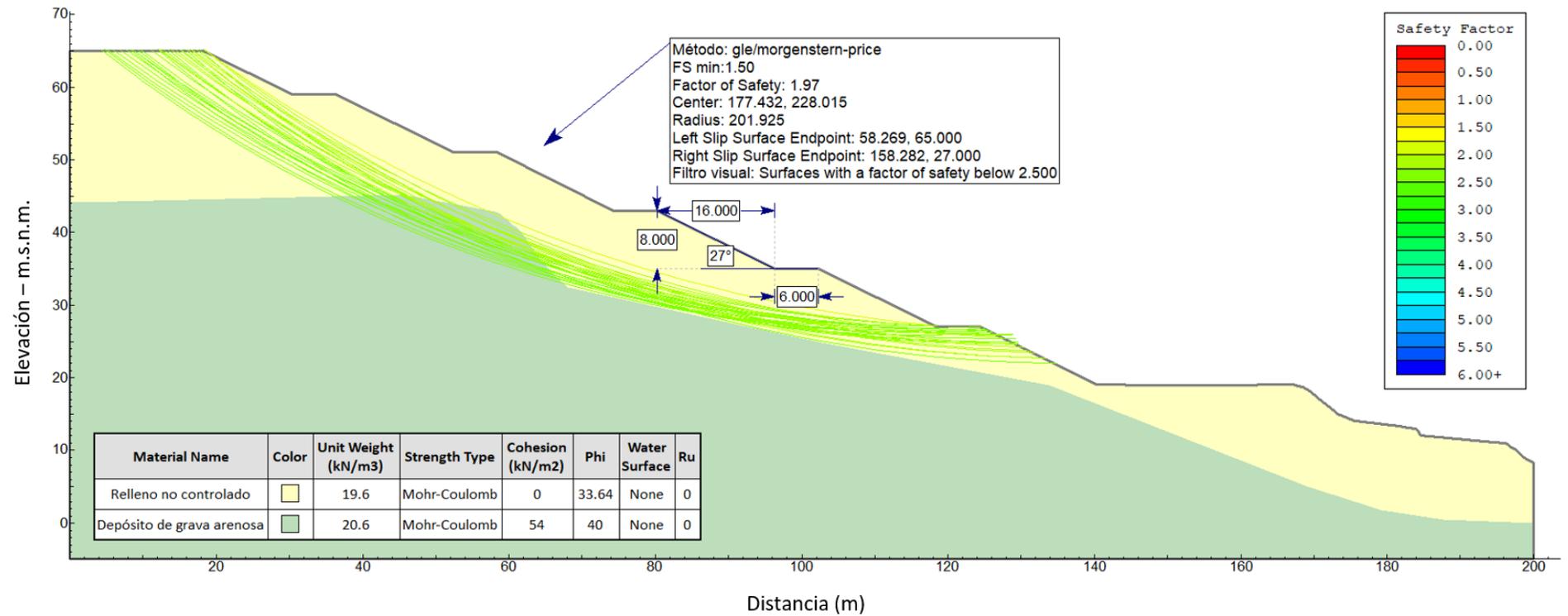
*Estabilidad global en talud con bermas - análisis estático por el método de Bishop Simplificado - Sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 47**

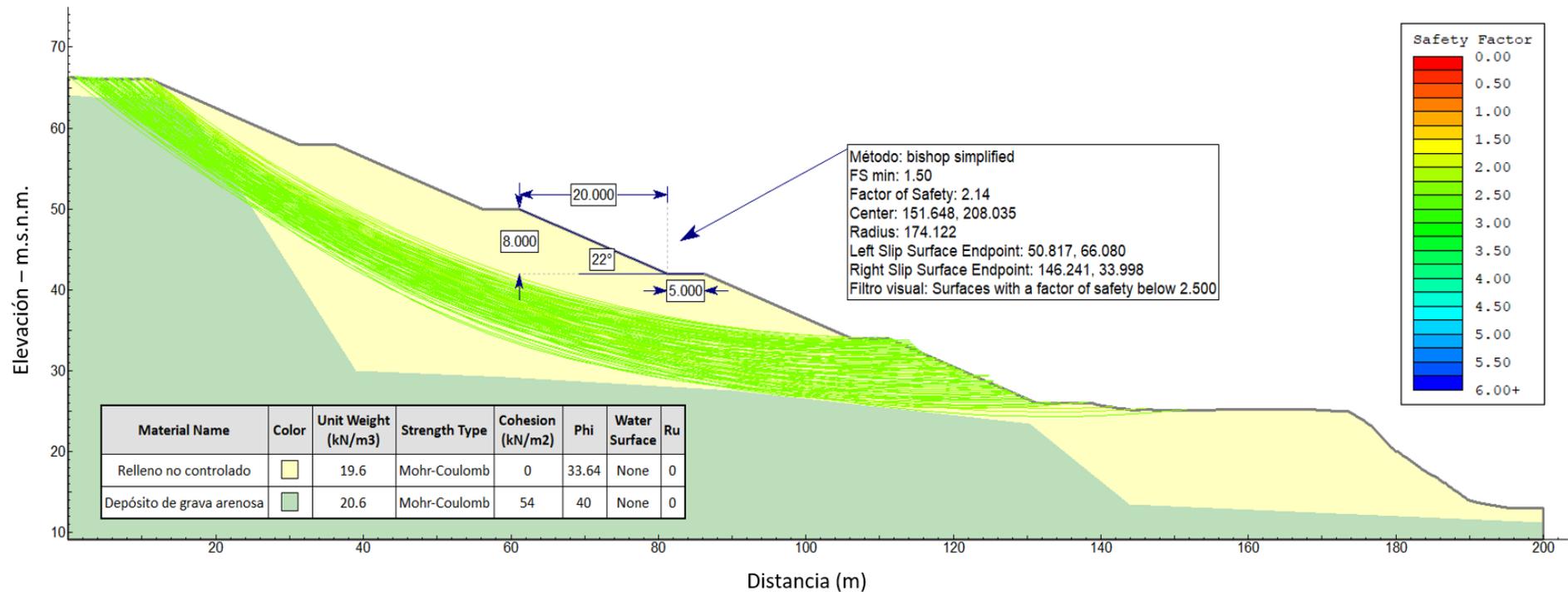
*Estabilidad global en talud con bermas - análisis estático por el método de Morgenstern-Price - Sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 48**

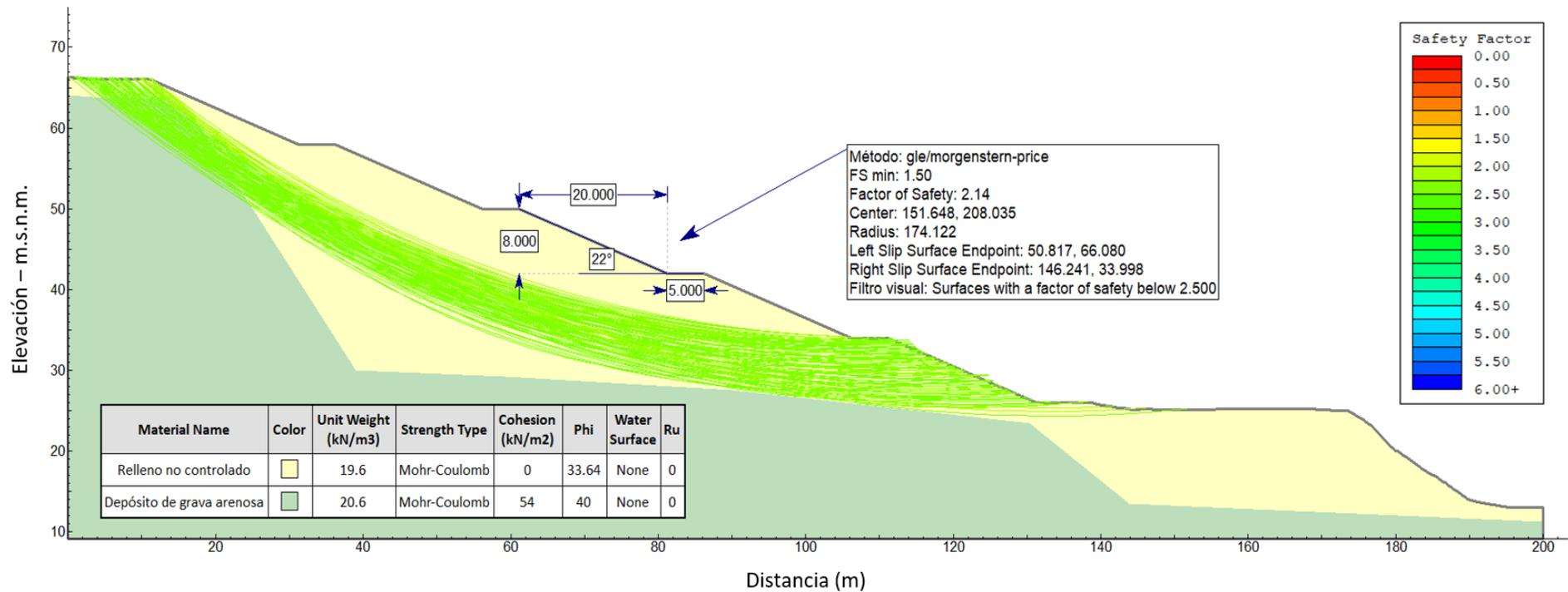
*Estabilidad global en talud con bermas - análisis estático por el método de Bishop Simplificado - Sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 49**

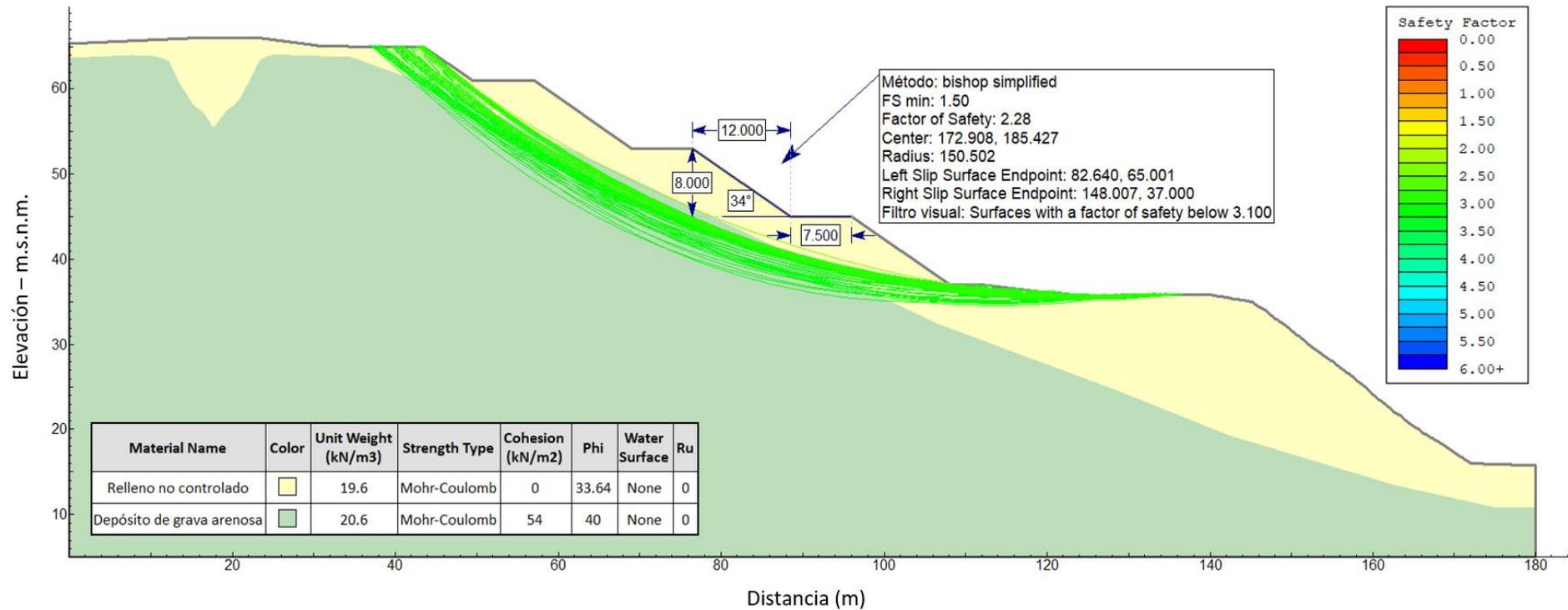
*Estabilidad global en talud con bermas - análisis estático por el método de Morgenstern-Price - Sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 50**

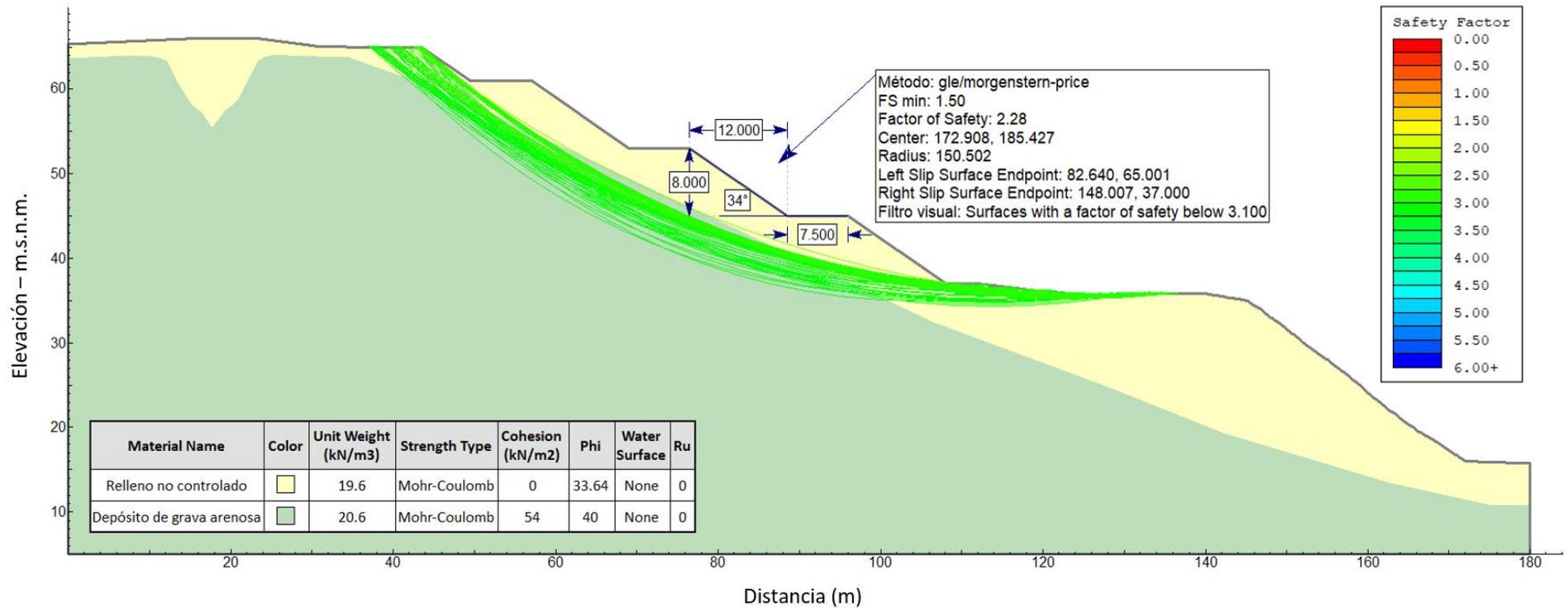
*Estabilidad global en talud con bermas - análisis estático por el método de Bishop Simplificado - Sección 3*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 51**

*Estabilidad global en talud con bermas - análisis estático por el método de Morgenstern-Price - Sección 3*



Fuente: Elaboración propia.

### ***Estabilidad Global – Análisis Pseudoestático***

La tabla 20 muestra los valores de factor de seguridad luego de realizar el análisis de estabilidad global para la condición pseudoestática aplicando el método de equilibrio límite mediante la metodología de Bishop Simplificado (BS) y Morgenstern - Price (MP). Las figuras 52-57 muestran las superficies de falla obtenidas del análisis de estabilidad pseudoestático con bermas en el programa Slide v.6.004.

**Tabla 20**

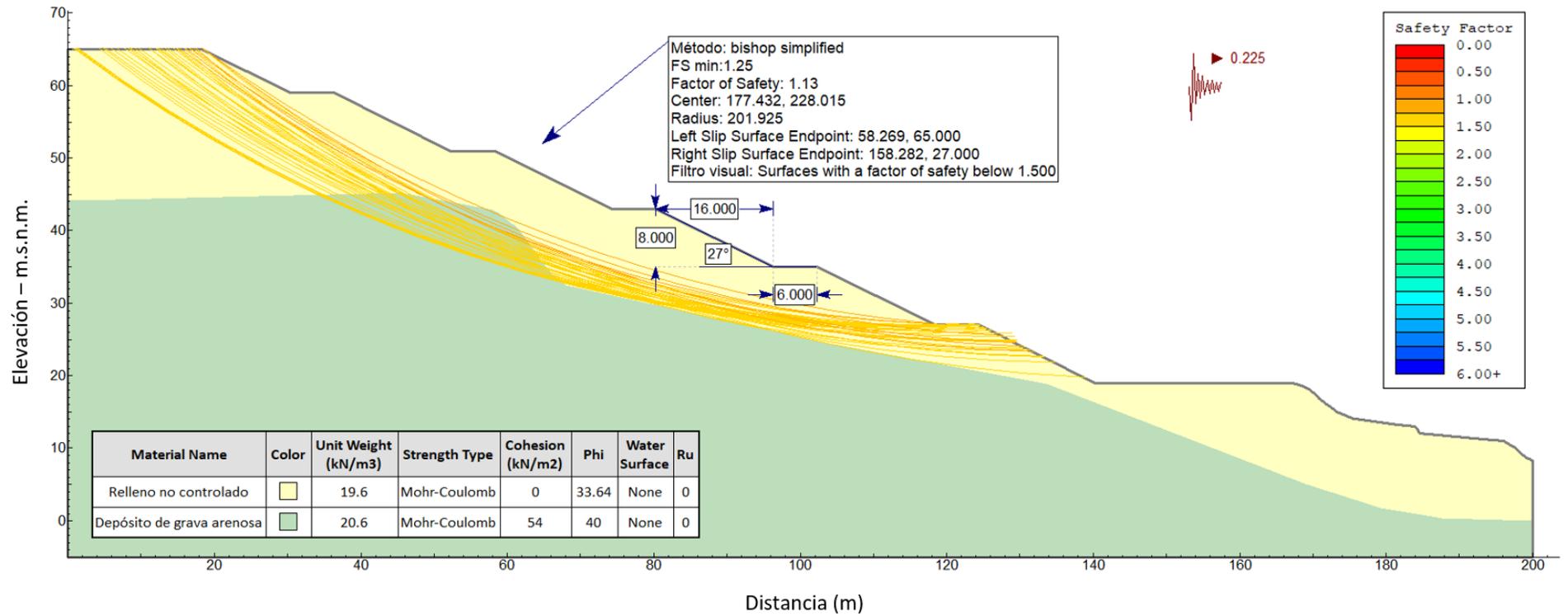
*Valores de factor de seguridad del análisis pseudoestático – Estabilidad global en bermas*

Sección	Factor de Seguridad	
	BS	MP
1	1.13	1.13
2	1.18	1.18
3	1.36	1.40

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 52**

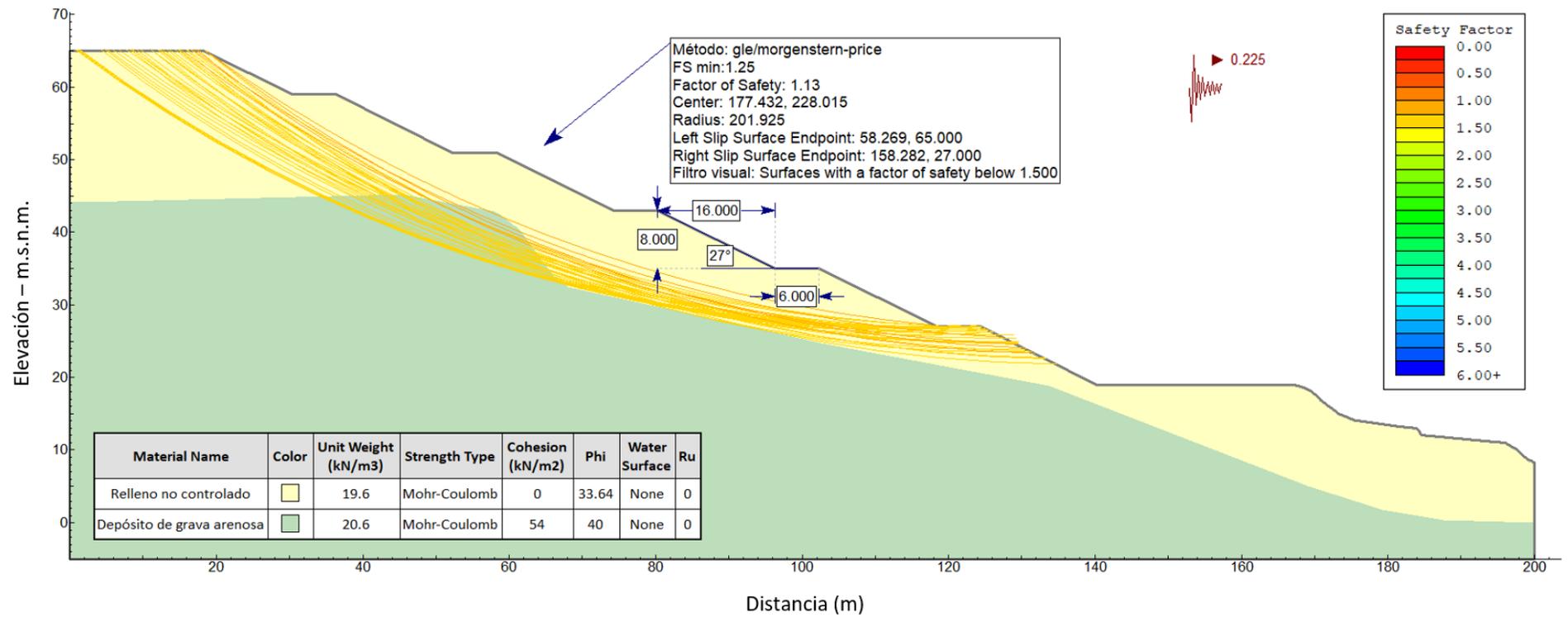
*Estabilidad global en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 53**

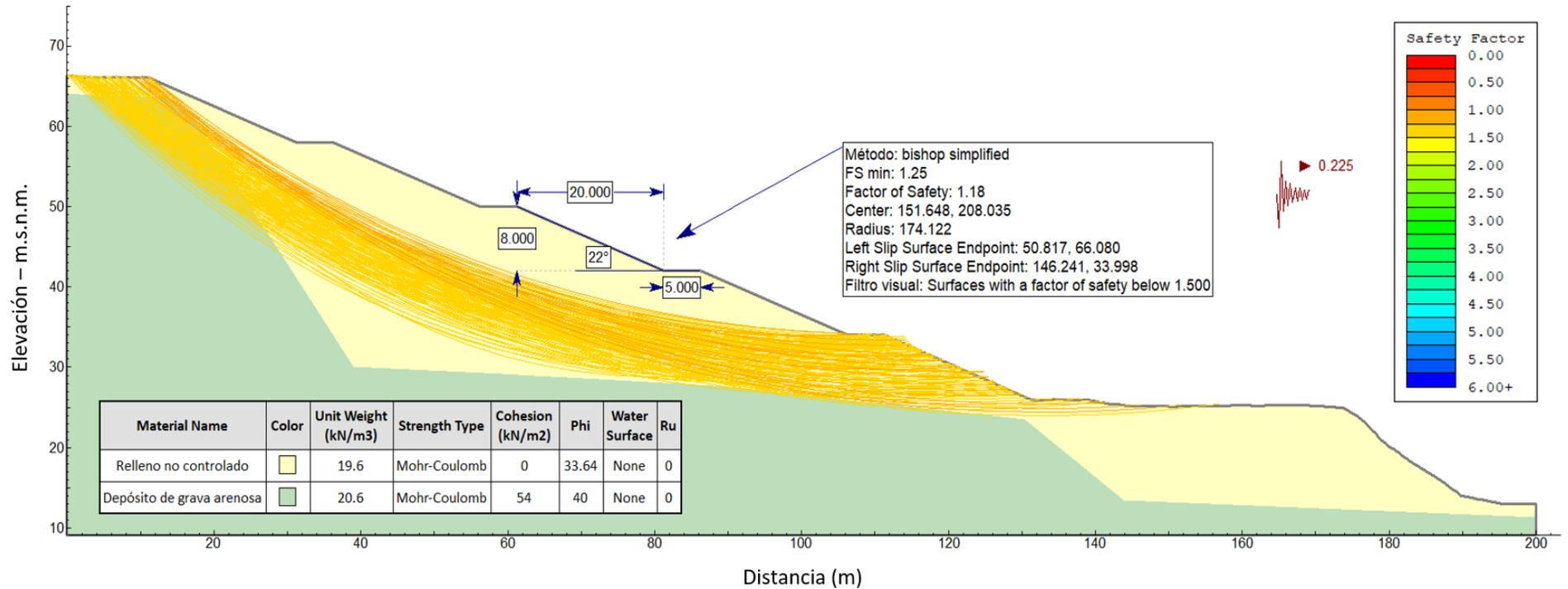
*Estabilidad global en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 54**

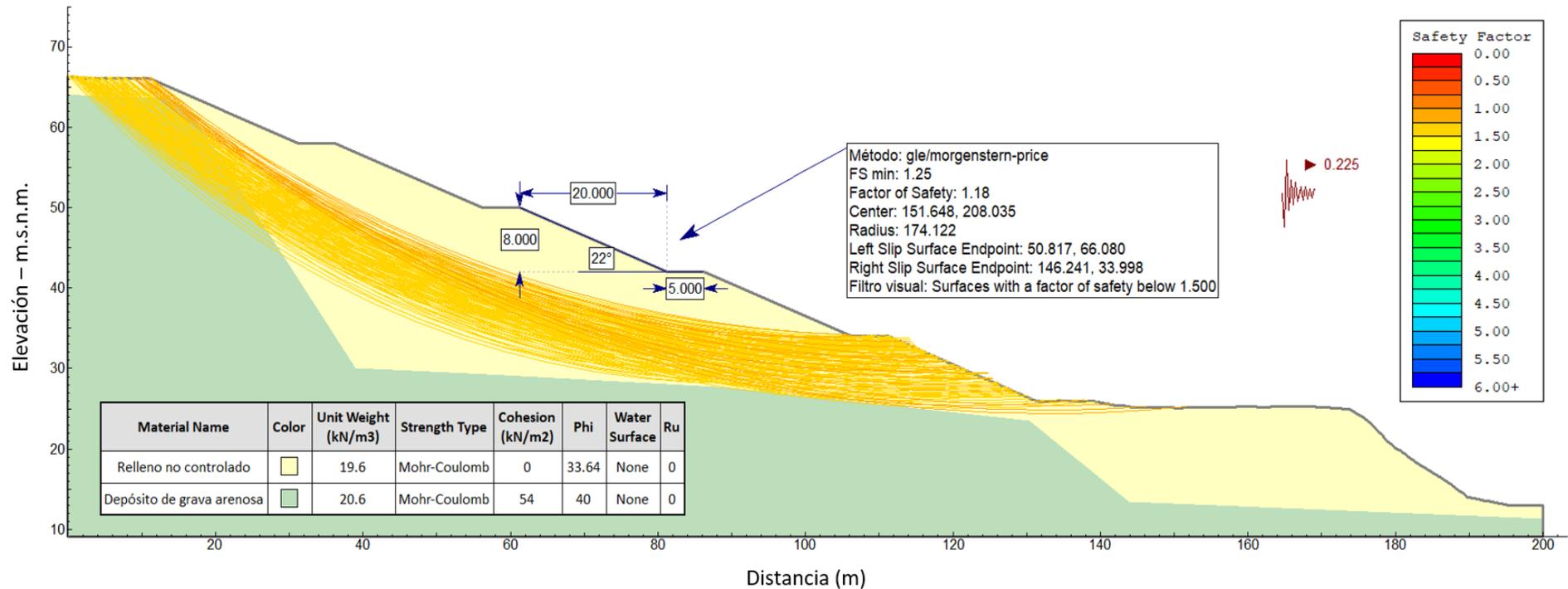
*Estabilidad global en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 55**

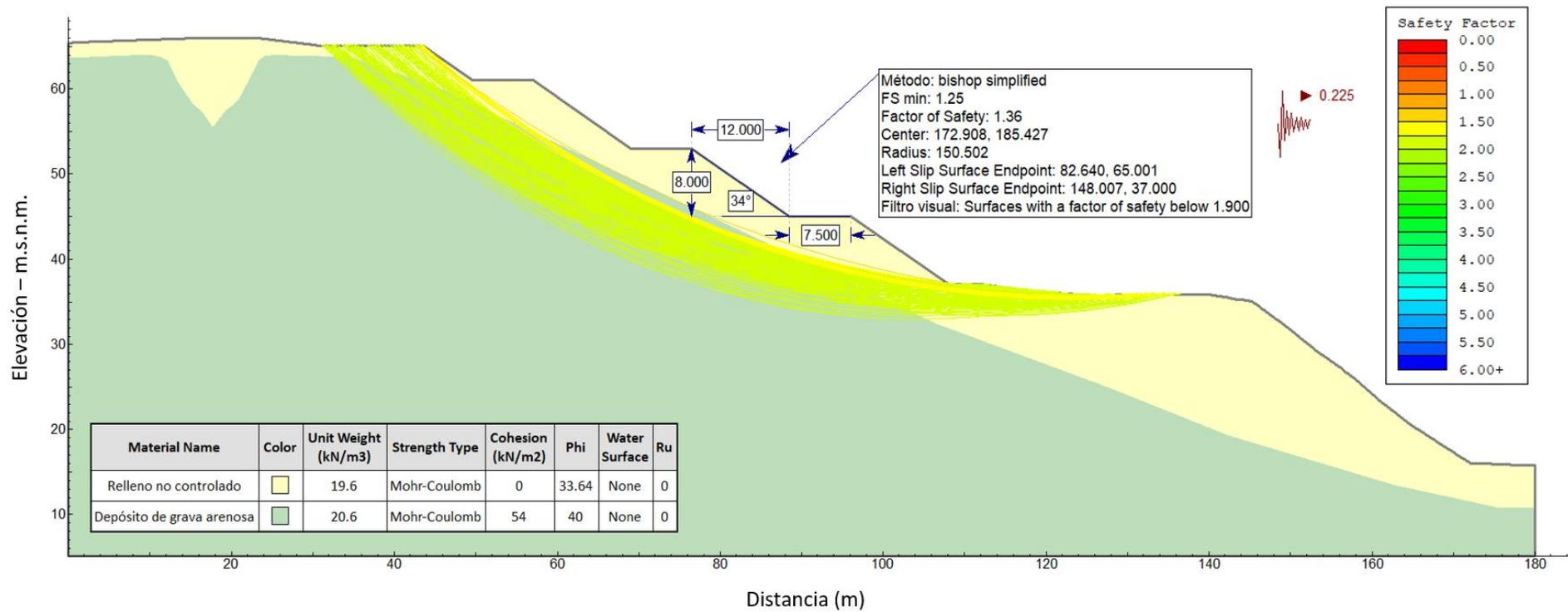
*Estabilidad global en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 56**

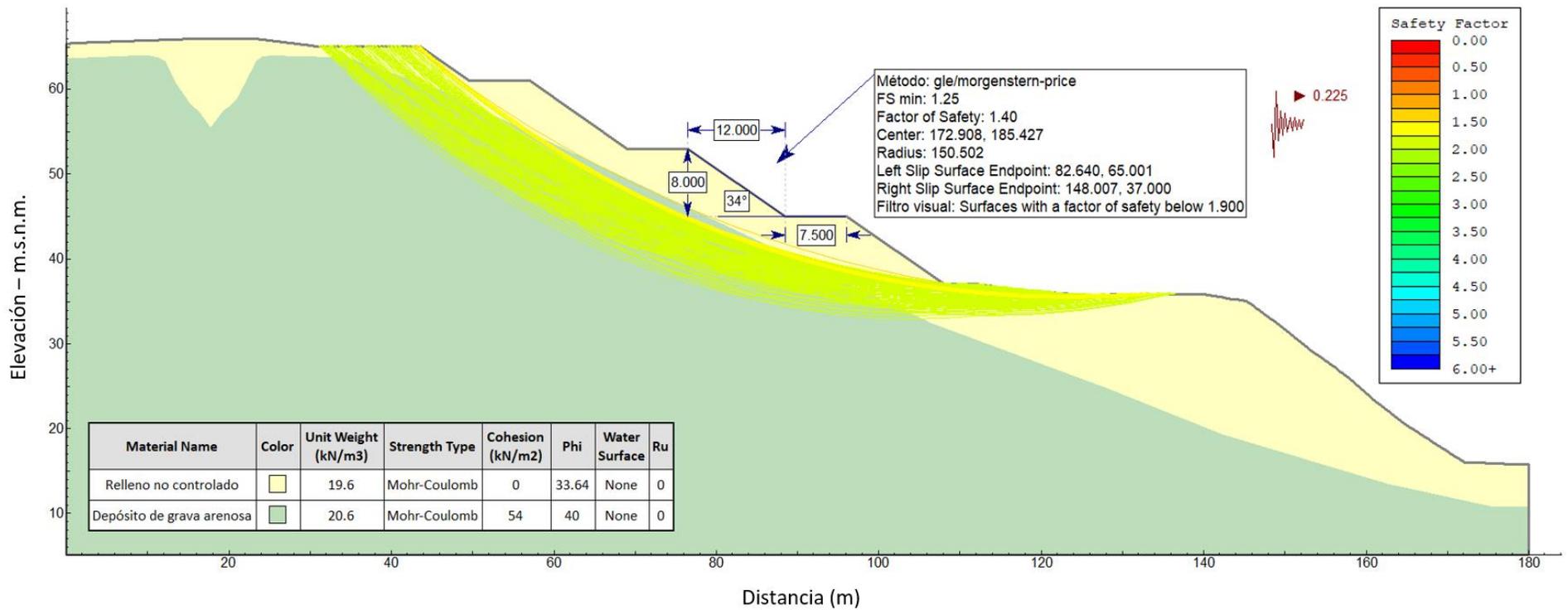
*Estabilidad global en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Sección 3*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 57**

*Estabilidad global en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Sección 3*



Fuente: Elaboración propia.

### ***Estabilidad Local – Análisis Estático***

La tabla 21 muestra los valores de factor de seguridad luego de realizar el análisis de estabilidad local para la condición estática aplicando el método de equilibrio límite mediante la metodología de Bishop Simplificado (BS) y Morgenstern - Price (MP). Las figuras 58-63 muestran las superficies de falla obtenidas del análisis de estabilidad estático con bermas en el programa Slide v.6.004.

**Tabla 21**

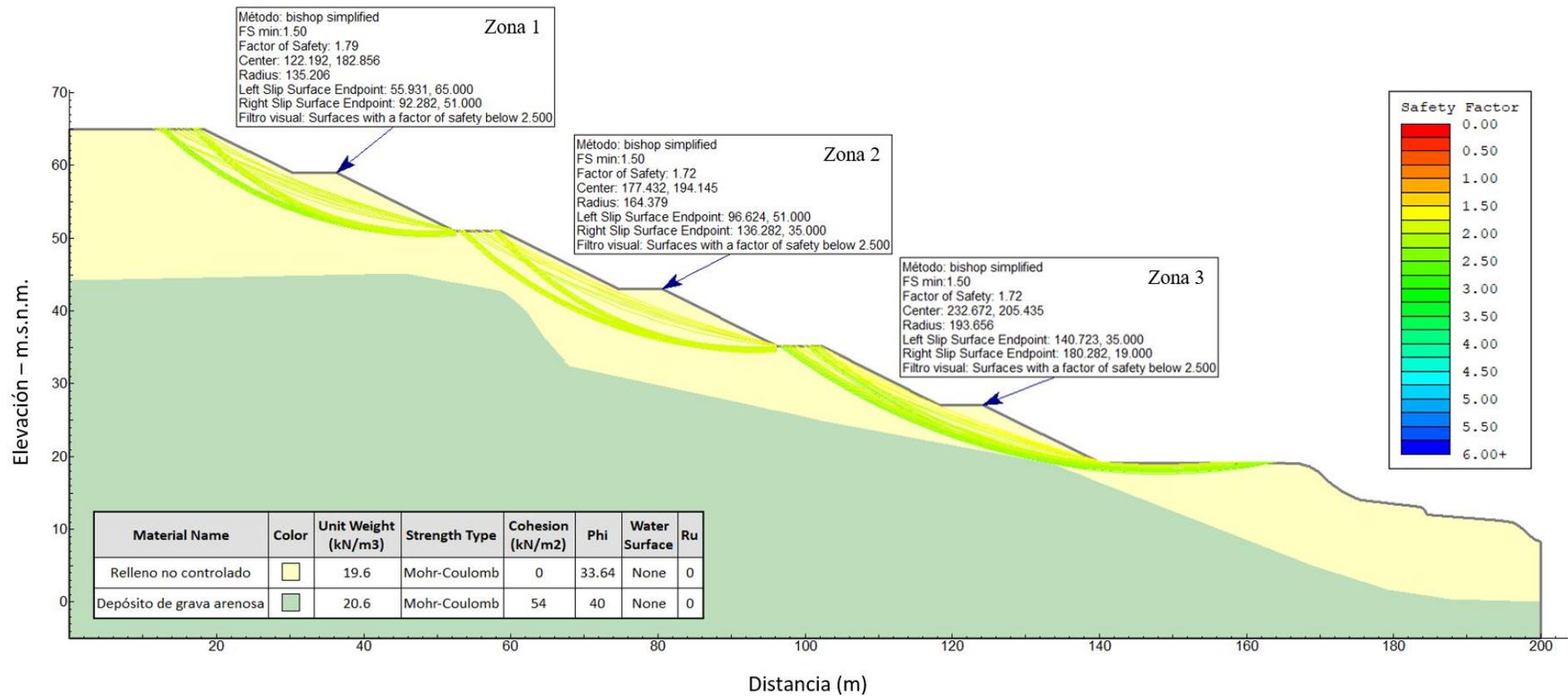
*Valores de factor de seguridad del análisis estático – Estabilidad local en bermas*

Sección	Factor de Seguridad					
	Zona 1		Zona 2		Zona 3	
	BS	MP	BS	MP	BS	MP
1	1.79	1.79	1.72	1.72	1.72	1.72
2	2.00	2.00	1.99	1.99	-	-
3	1.61	1.61	1.51	1.50	-	-

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 58**

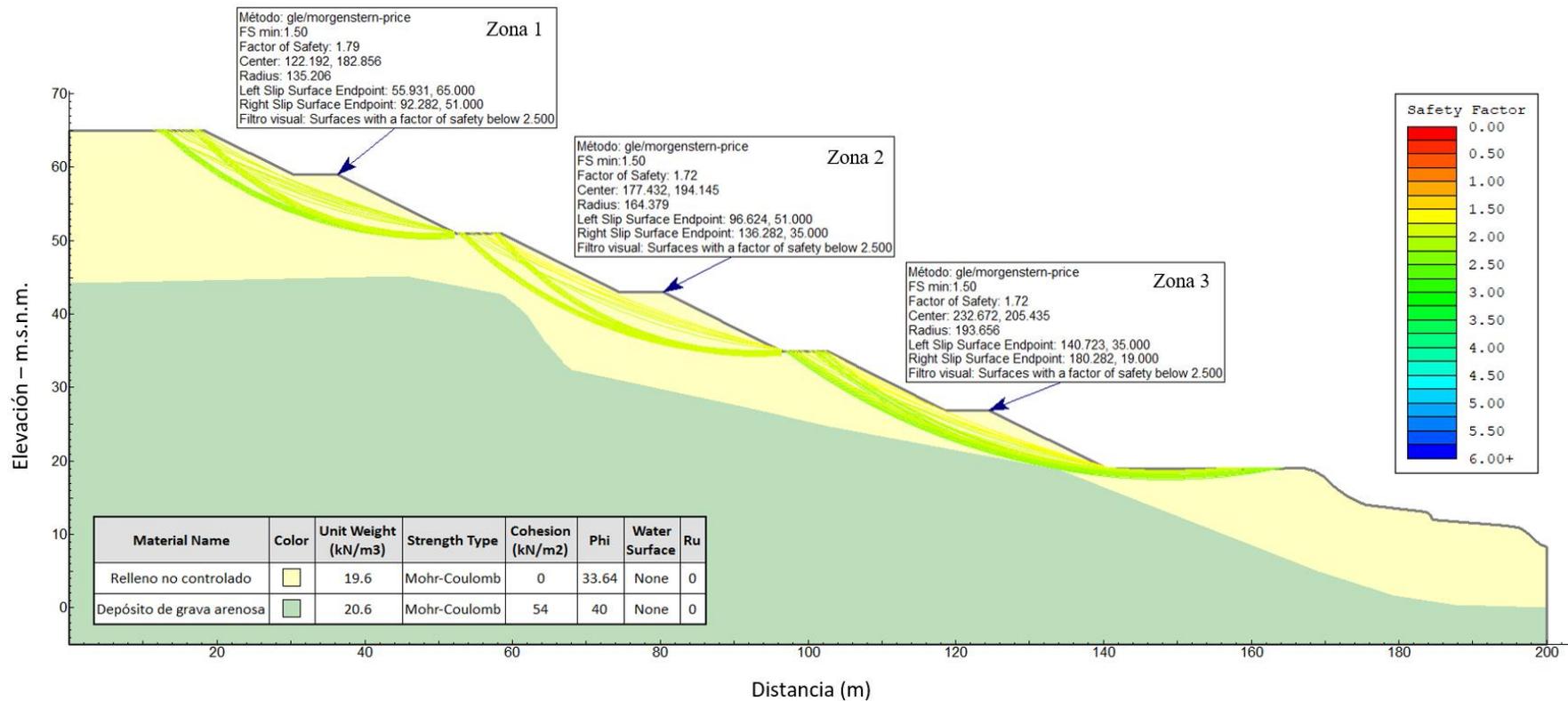
*Estabilidad local en talud con bermas - análisis estático por el método de Bishop Simplificado - Sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 59**

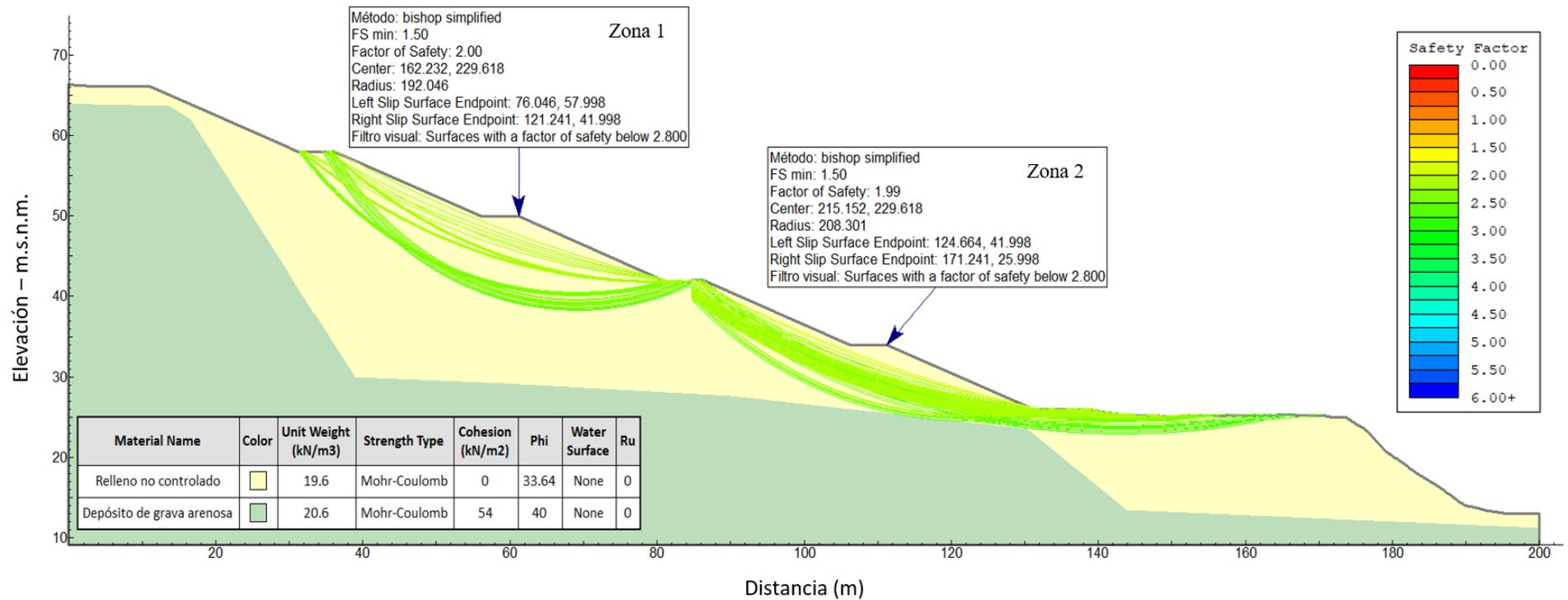
*Estabilidad local en talud con bermas - análisis estático por el método de Morgenstern-Price - Sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 60**

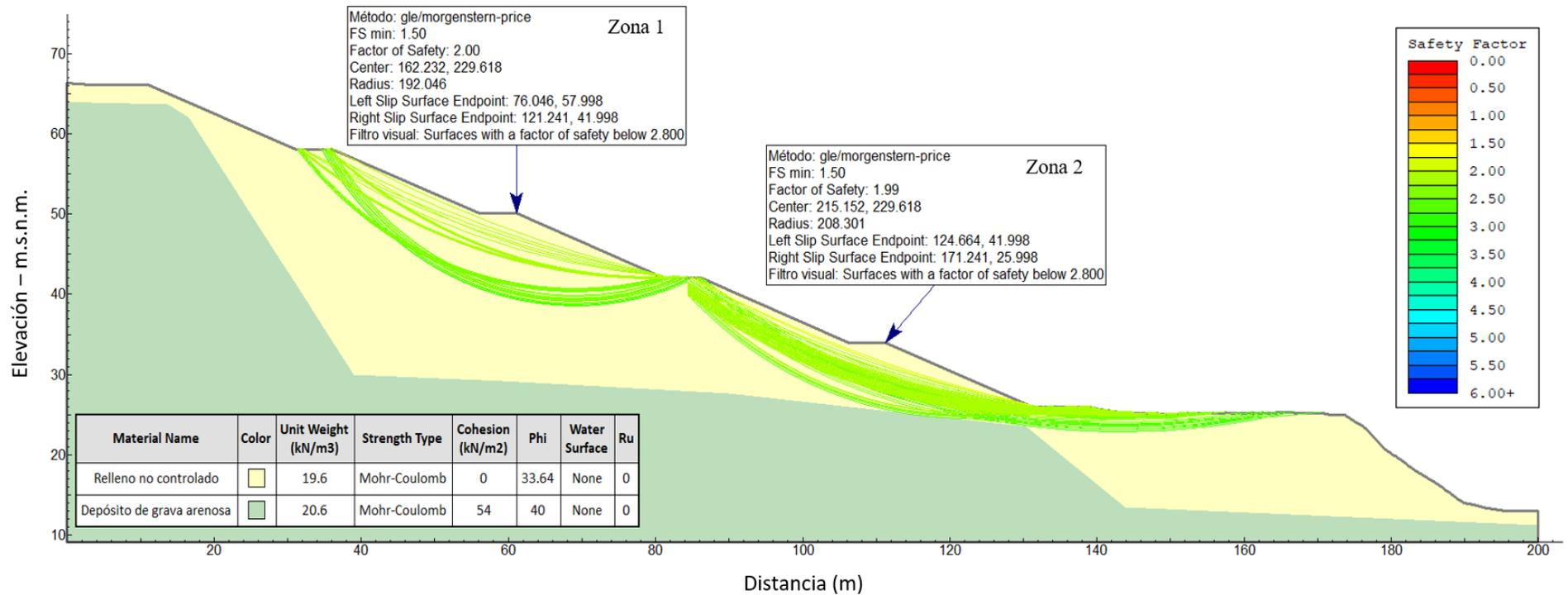
*Estabilidad local en talud con bermas - análisis estático por el método de Bishop Simplificado - Sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 61**

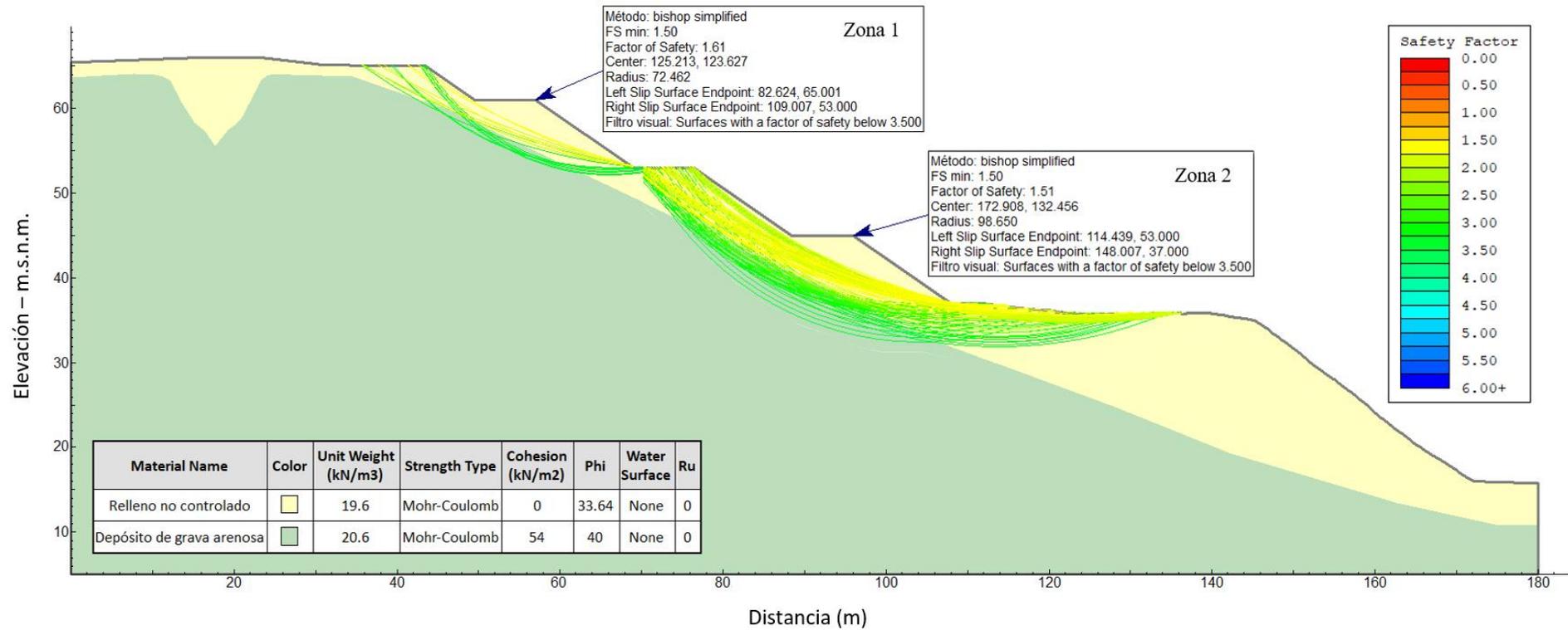
*Estabilidad local en talud con bermas - análisis estático por el método de Morgenstern-Price - Sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 62**

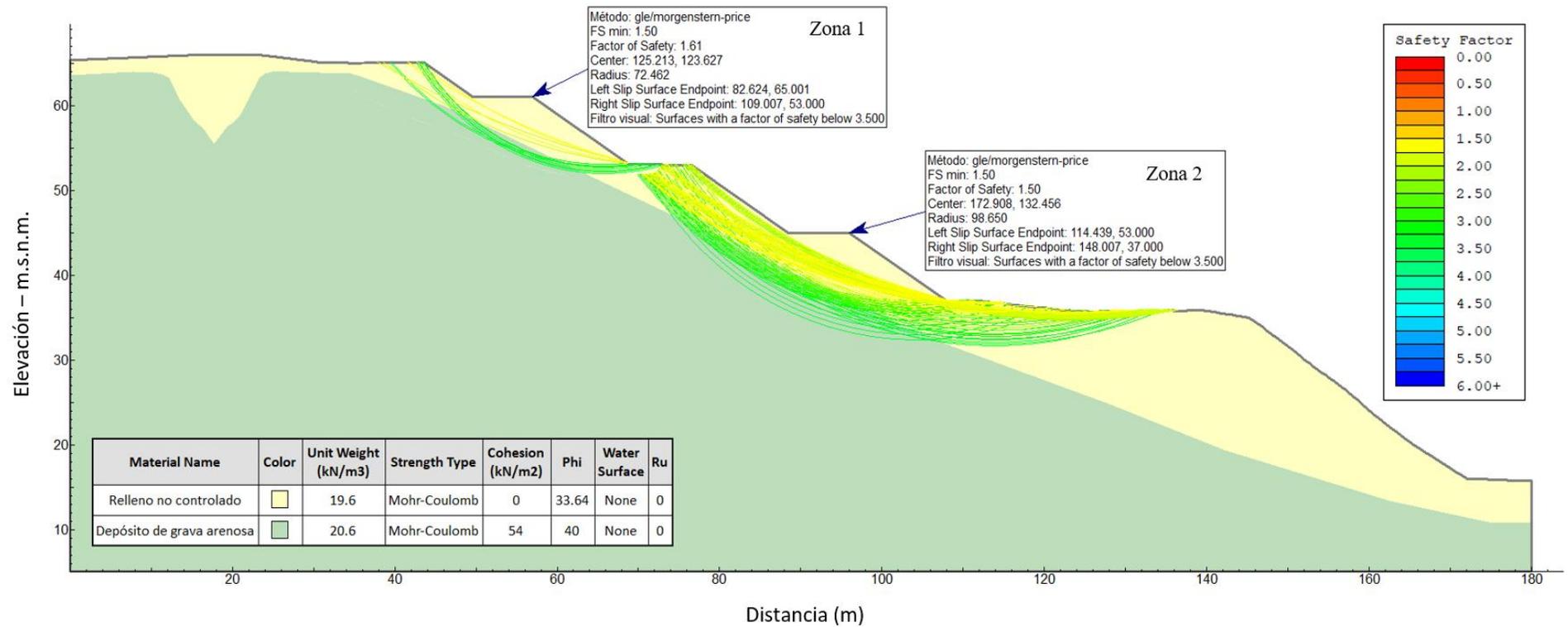
*Estabilidad local en talud con bermas - análisis estático por el método de Bishop Simplificado - Sección 3*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 63**

*Estabilidad local en talud con bermas - análisis estático por el método de Morgenstern-Price - Sección 3*



Fuente: Elaboración propia.

### ***Estabilidad Local – Análisis Pseudoestático***

La tabla 22 muestra los valores de factor de seguridad luego de realizar el análisis de estabilidad local para la condición pseudoestática aplicando el método de equilibrio límite mediante la metodología de Bishop Simplificado (BS) y Morgenstern - Price (MP). Las figuras 64-69 muestran las superficies de falla obtenidas del análisis de estabilidad pseudoestático con bermas en el programa Slide v.6.004.

**Tabla 22**

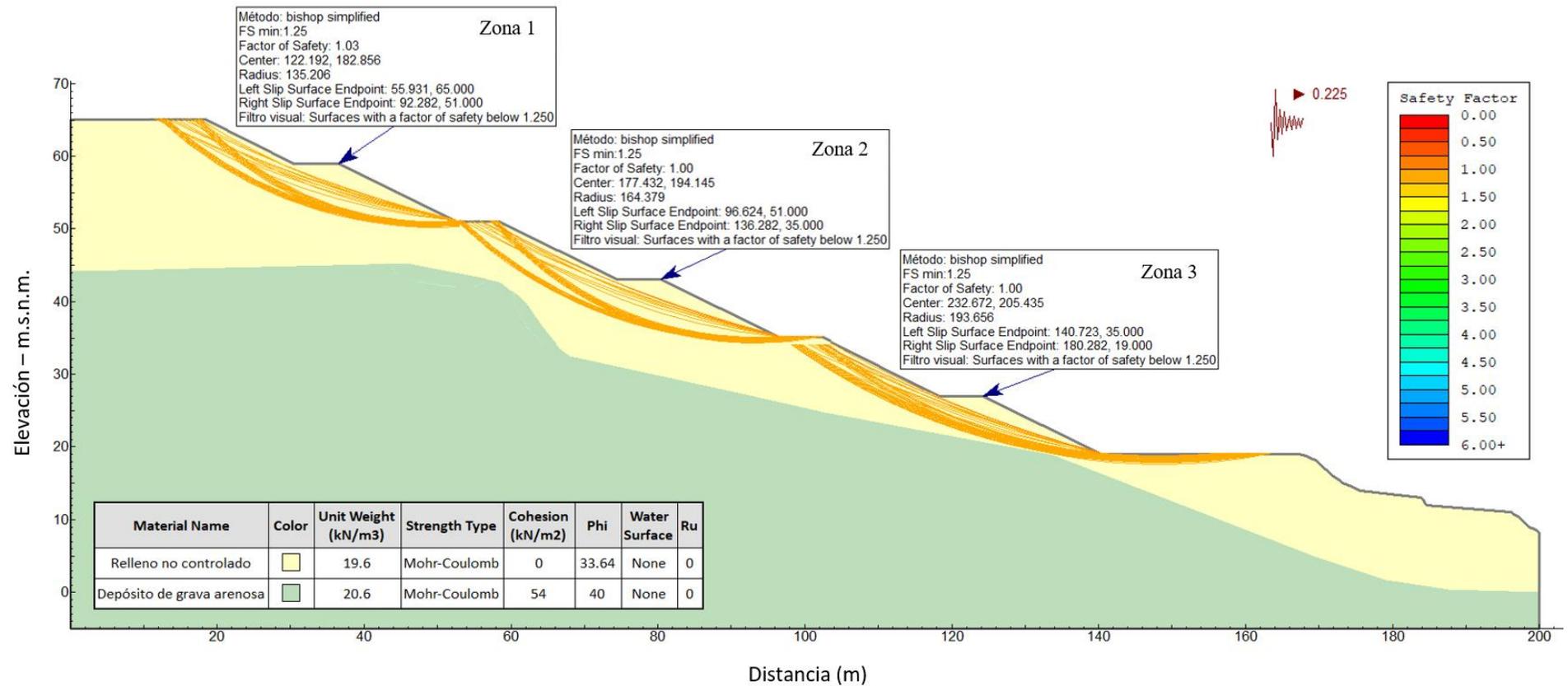
*Valores de factor de seguridad del análisis pseudoestático – Estabilidad local en bermas*

Sección	Factor de Seguridad					
	Zona 1		Zona 2		Zona 3	
	BS	MP	BS	MP	BS	MP
1	1.03	1.03	1.00	1.00	1.00	0.99
2	1.11	1.11	1.10	1.10	-	-
3	0.96	0.96	0.91	0.91	-	-

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 64**

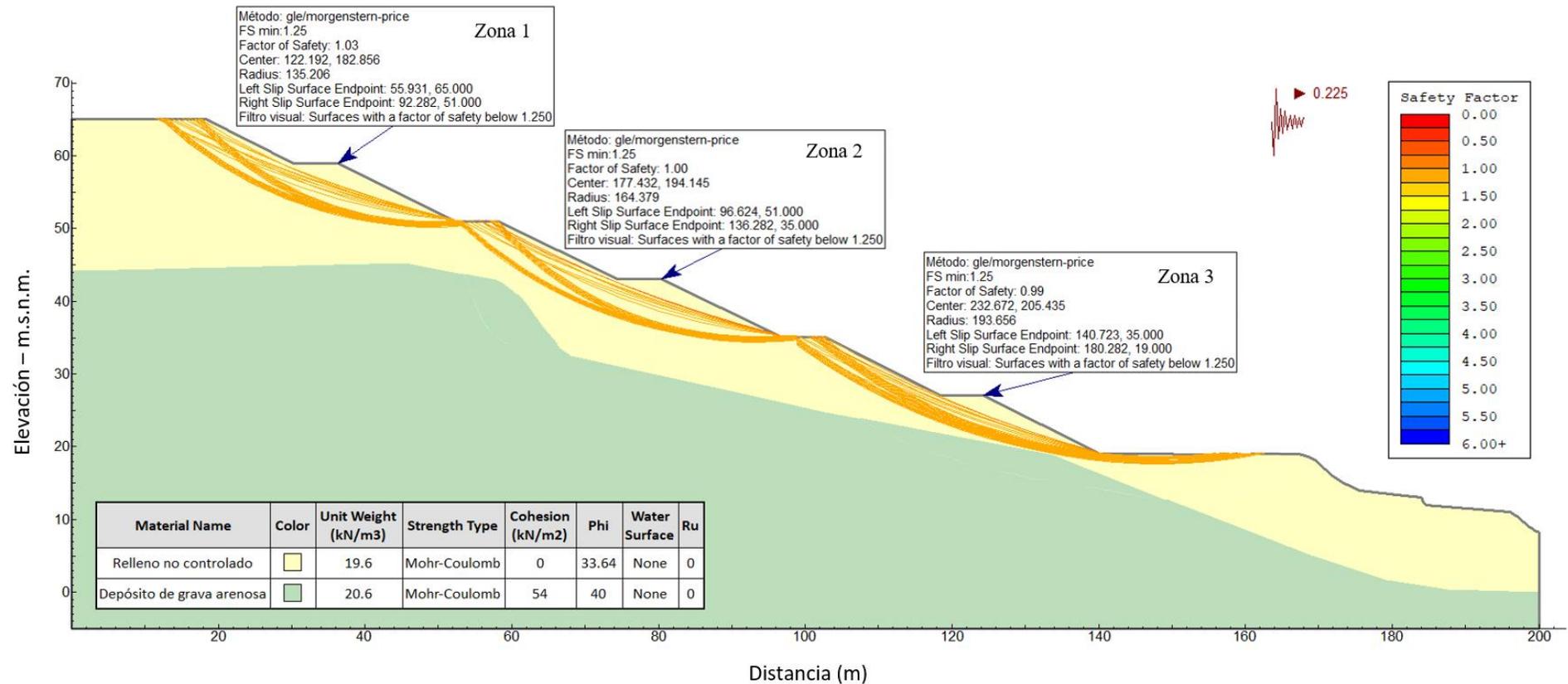
*Estabilidad local en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 65**

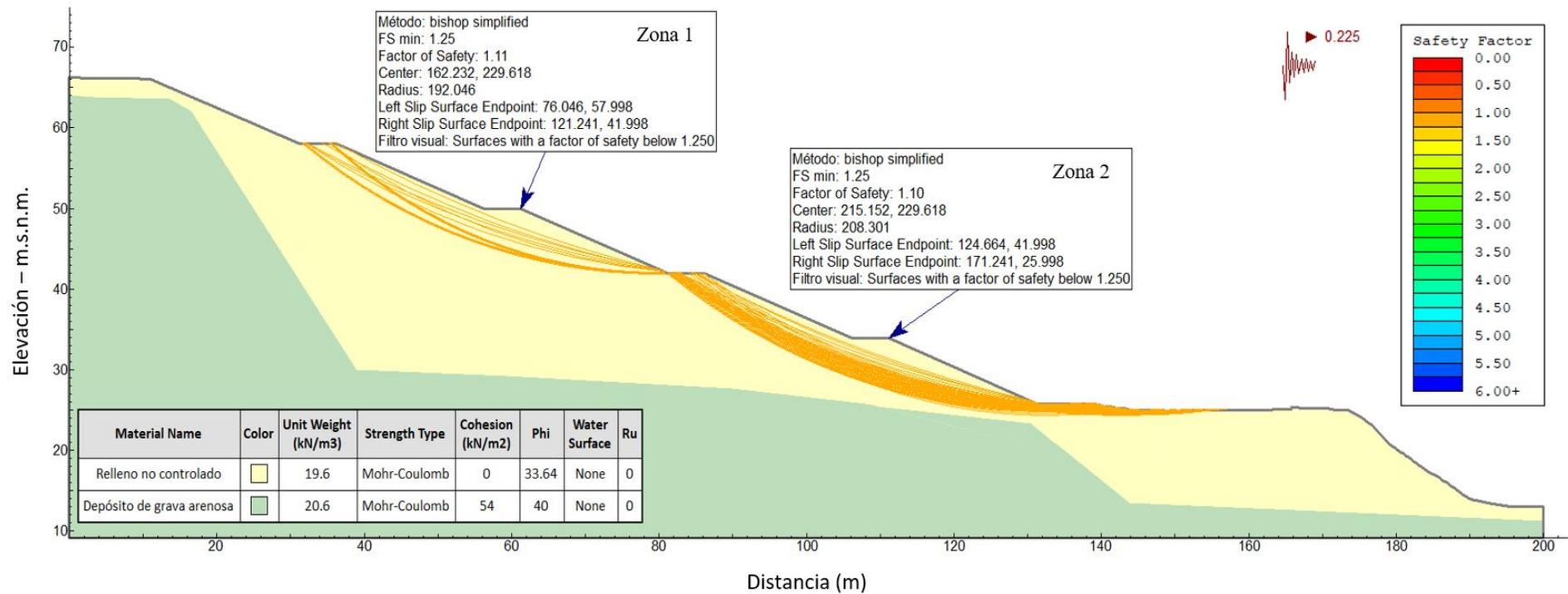
*Estabilidad local en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 66**

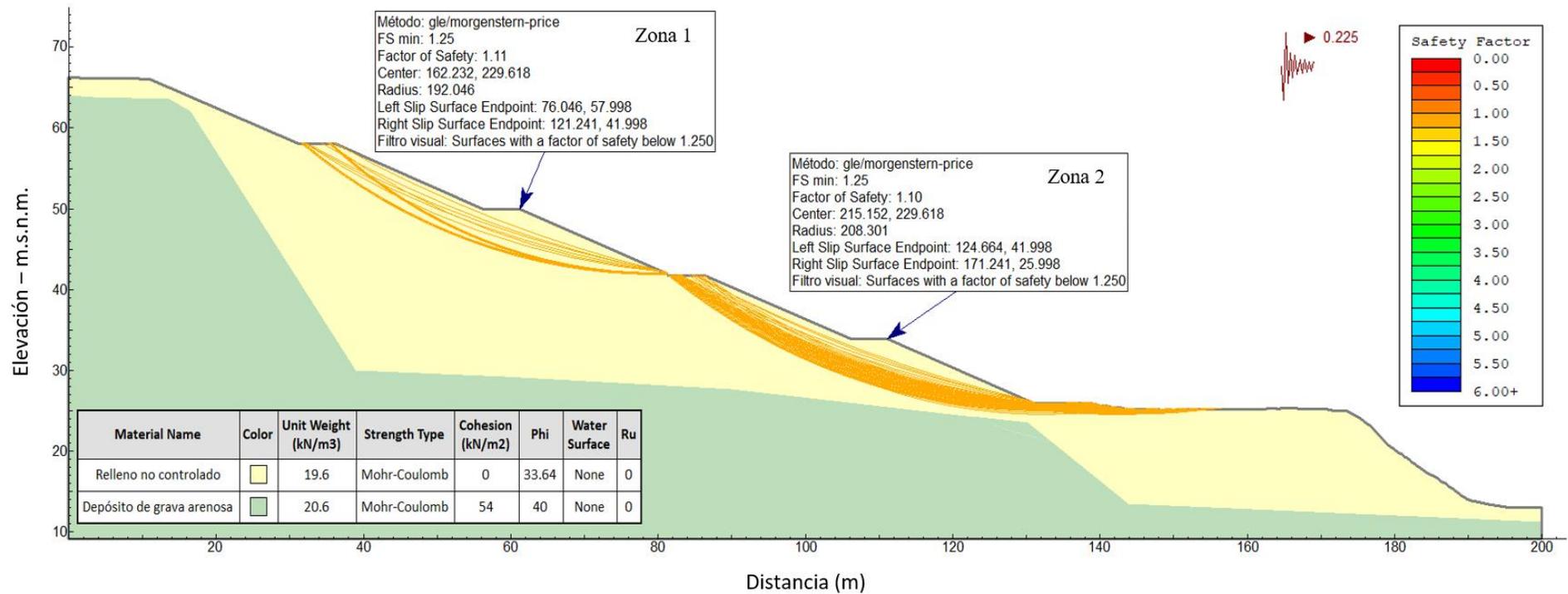
*Estabilidad local en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 67**

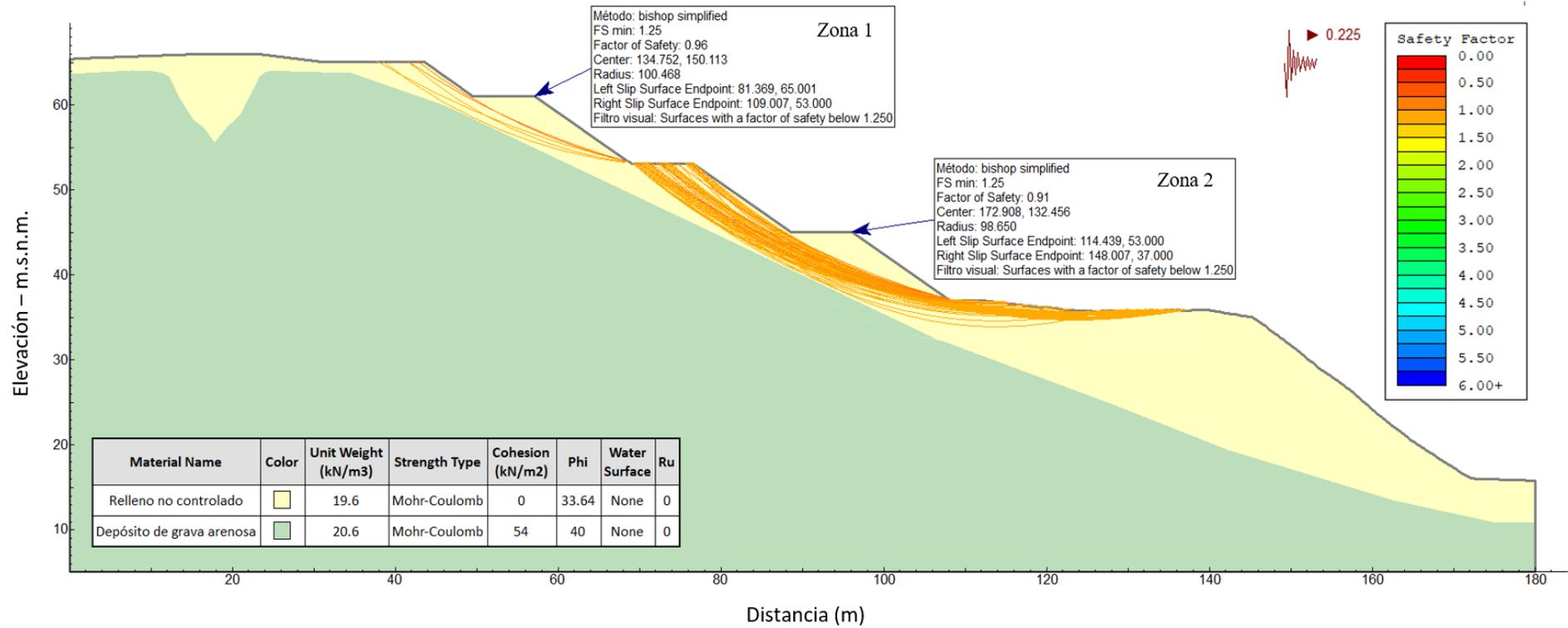
*Estabilidad local en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 68**

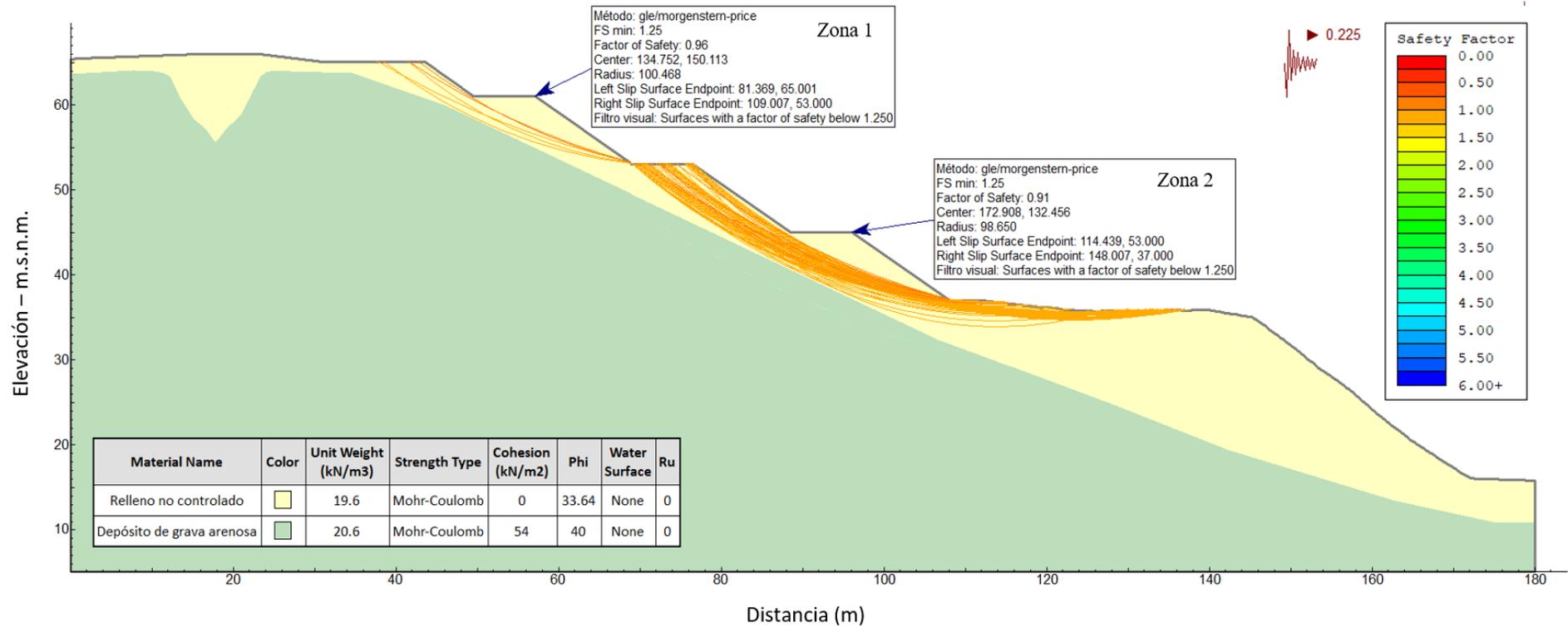
*Estabilidad local en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Sección 3*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 69**

*Estabilidad local en talud con bermas - análisis pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Sección 3*



Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2 *Diseño de micropilotes*

#### *Análisis de estabilidad estático – Talud con micropilotes*

La tabla 23 muestra los valores de factor de seguridad luego de realizar el análisis de estabilidad para la condición estática aplicando el método de equilibrio límite mediante la metodología de Bishop Simplificado (BS) y Morgenstern - Price (MP). Las figuras 70-75 muestran las superficies de falla obtenidas del análisis de estabilidad estático con el programa Slide v.6.004.

**Tabla 23**

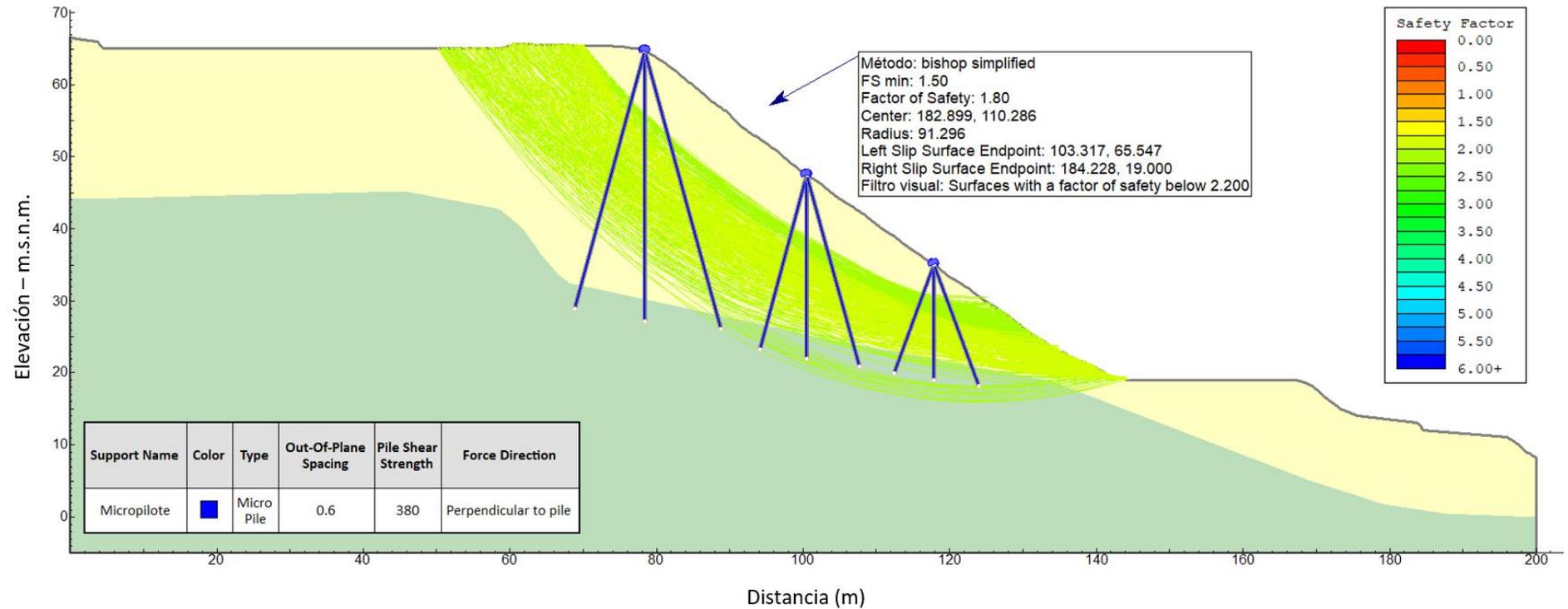
*Valores de factor de seguridad del análisis estático – Talud con micropilotes*

Sección	Factor de Seguridad	
	BS	MP
1	1.80	2.01
2	1.87	1.97
3	1.84	1.83

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 70**

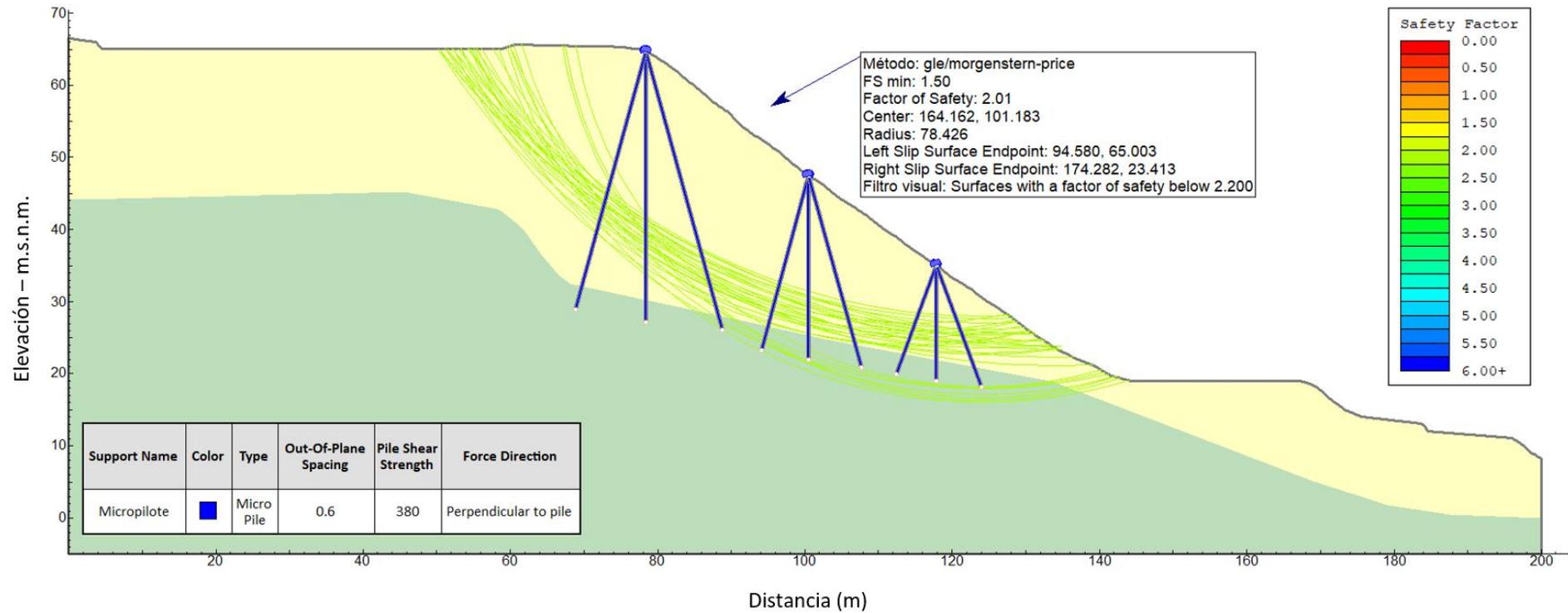
*Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis estático por el método de Bishop Simplificado - Sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 71**

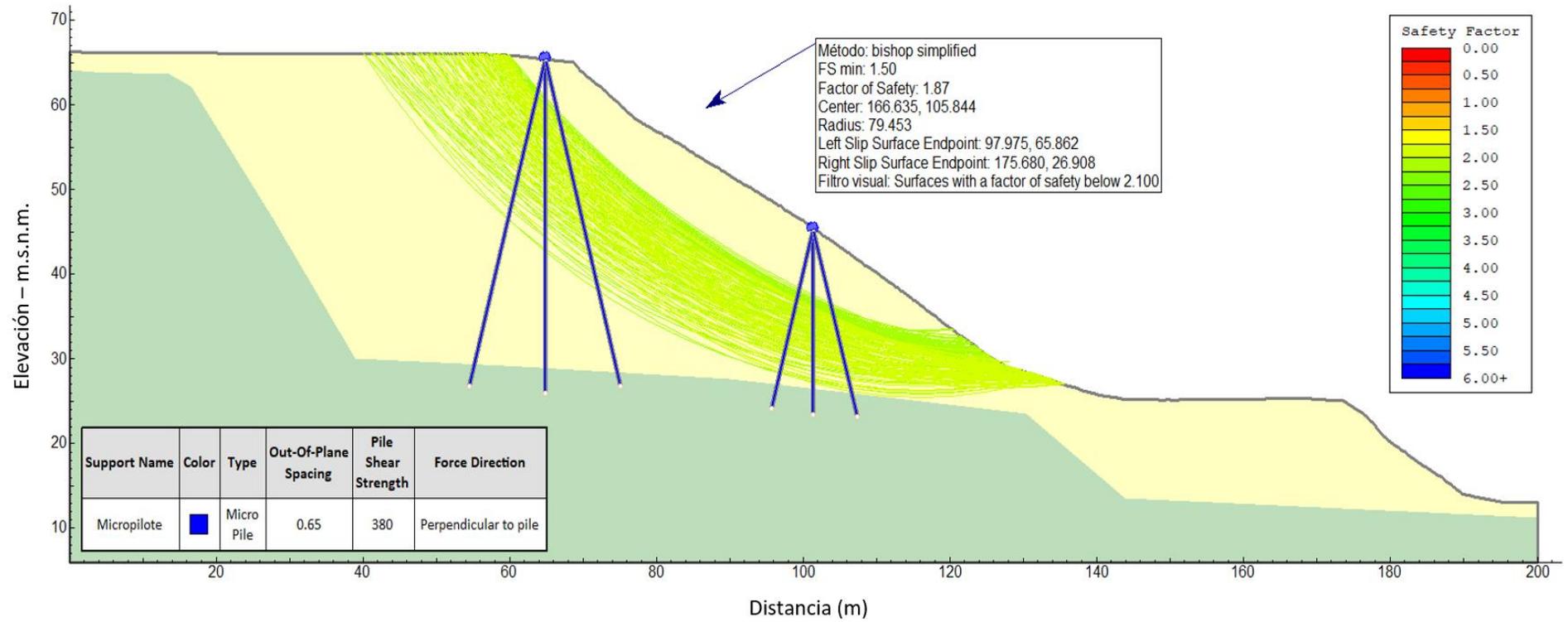
*Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis estático por el método de Morgenstern-Price - Sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 72**

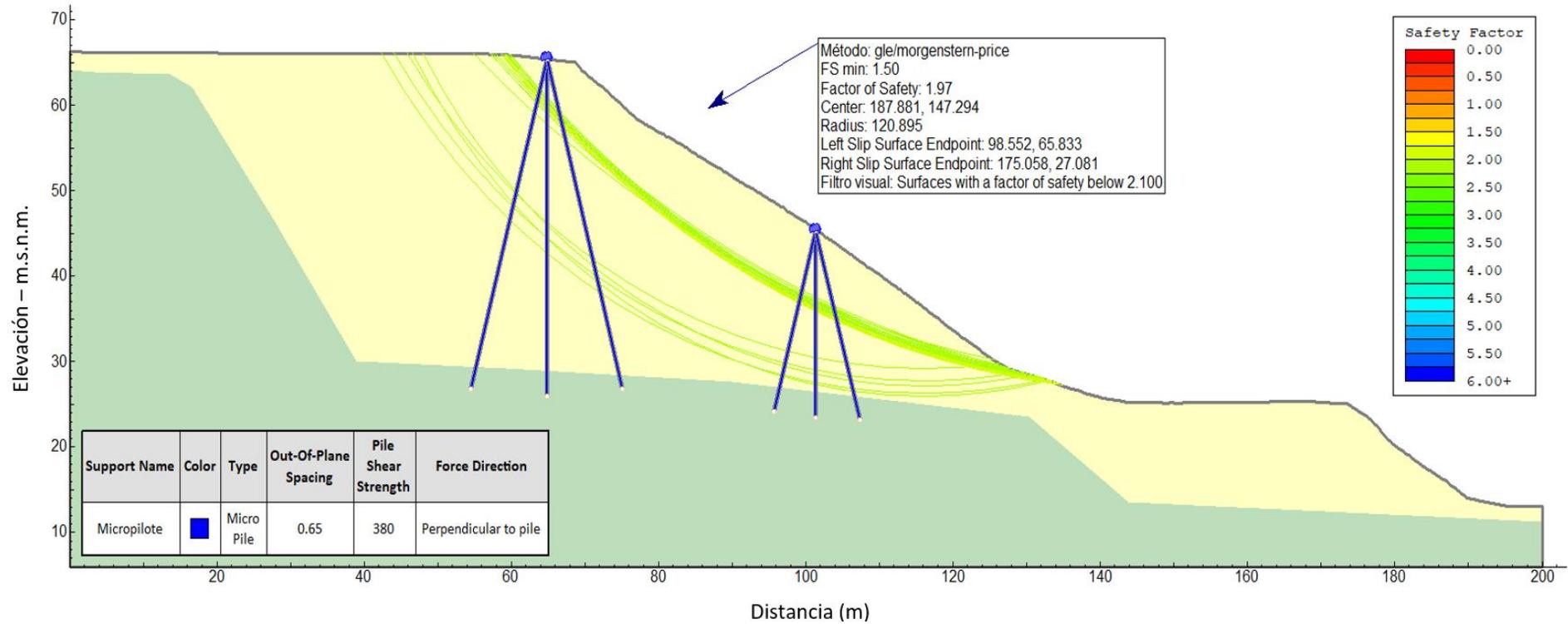
*Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis estático por el método de Bishop Simplificado - Sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 73**

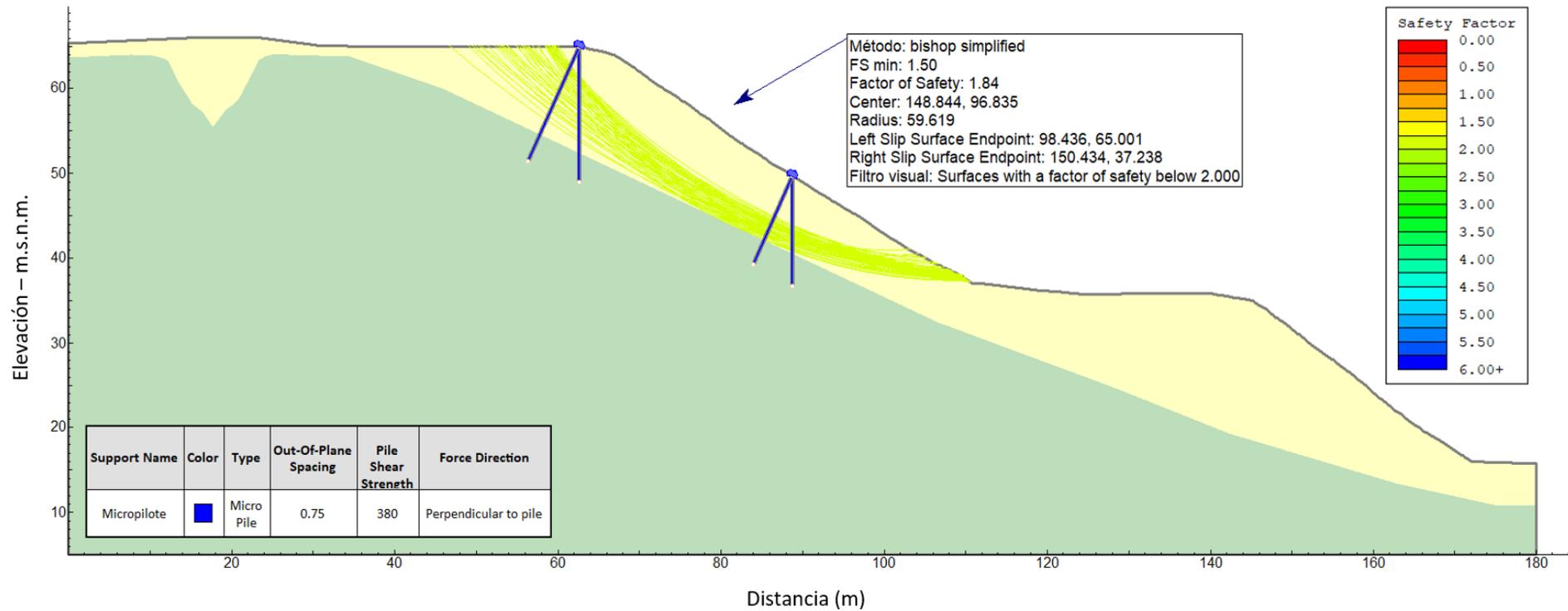
*Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis estático por el método de Morgenstern-Price - Sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 74**

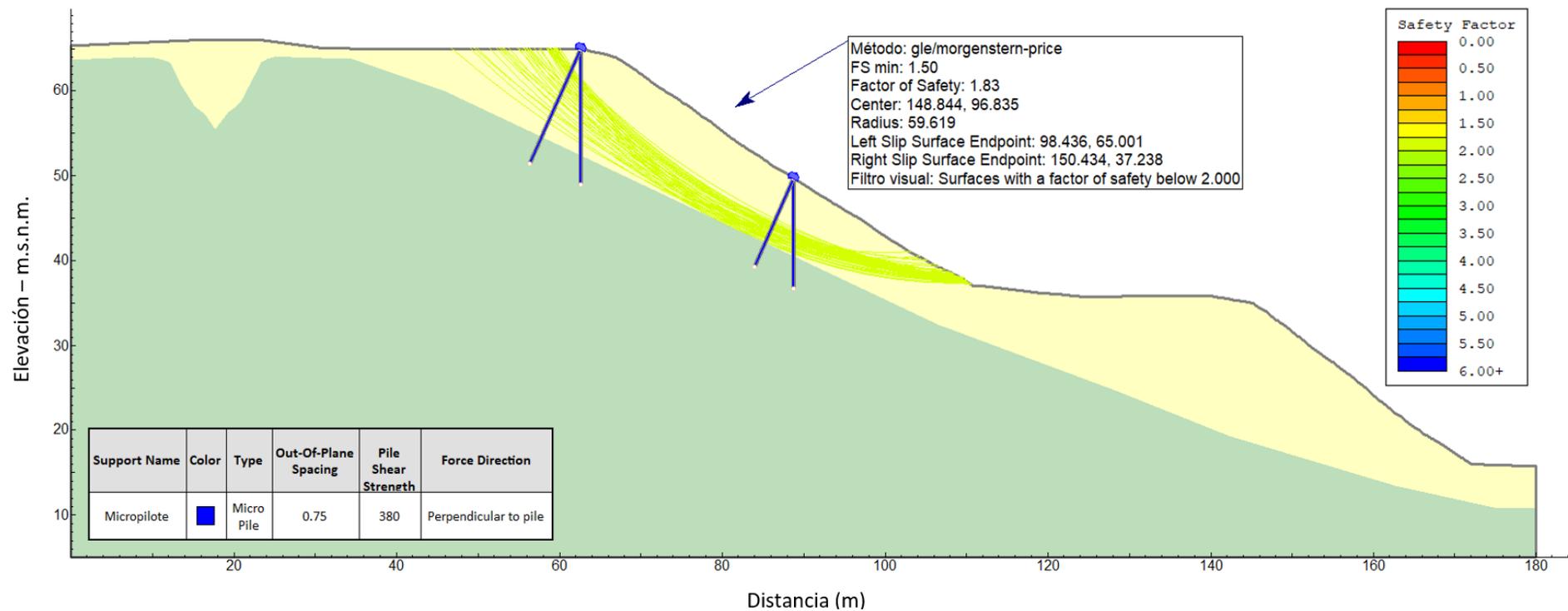
*Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis estático por el método de Bishop Simplificado - Sección 3*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 75**

*Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis estático por el método de Morgenstern-Price - Sección 3*



Fuente: Elaboración propia.

***Análisis de estabilidad pseudoestático – Talud con micropilotes***

La tabla 24 muestra los valores de factor de seguridad luego de realizar el análisis de estabilidad para la condición pseudoestática aplicando el método de equilibrio límite mediante la metodología de Bishop Simplificado (BS) y Morgenstern - Price (MP). Las figuras 76-81 muestran las superficies de falla obtenidas del análisis de estabilidad pseudoestático con el programa Slide v.6.004.

**Tabla 24**

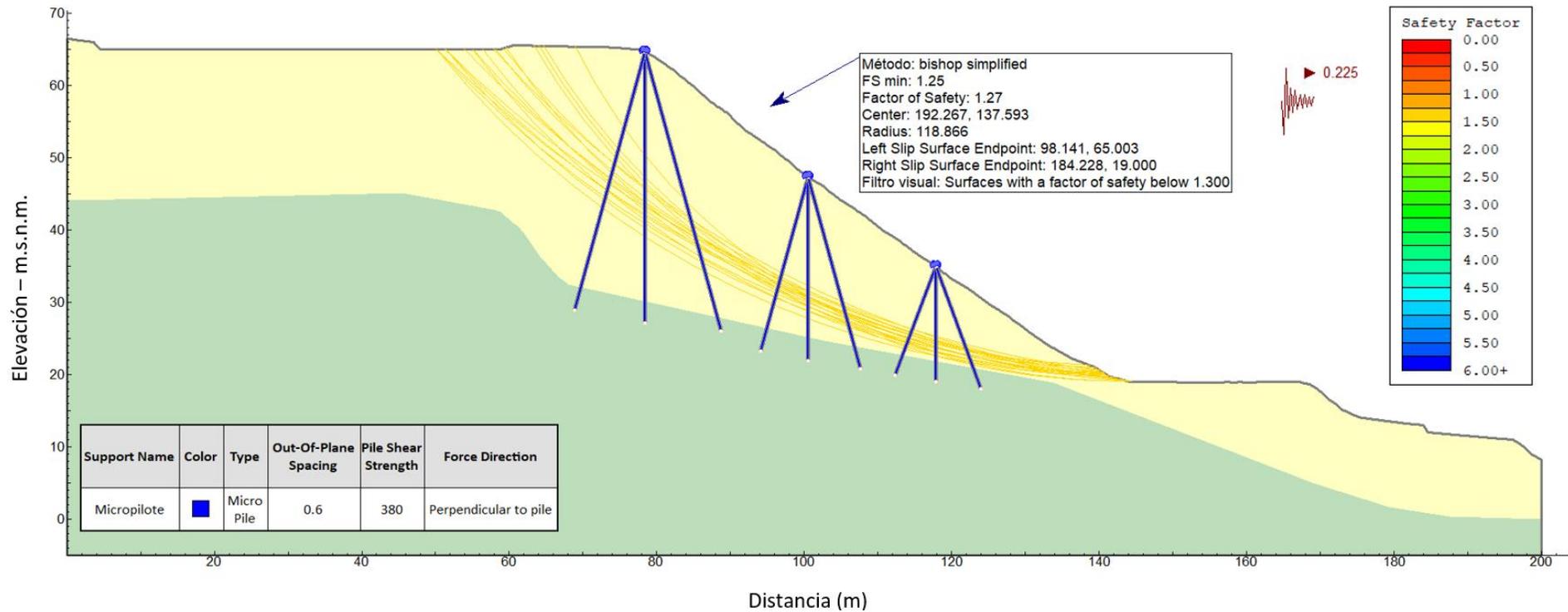
*Valores de factor de seguridad del análisis pseudoestático – Talud con micropilotes*

Sección	Factor de Seguridad	
	BS	MP
1	1.27	1.28
2	1.26	1.27
3	1.26	1.30

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 76**

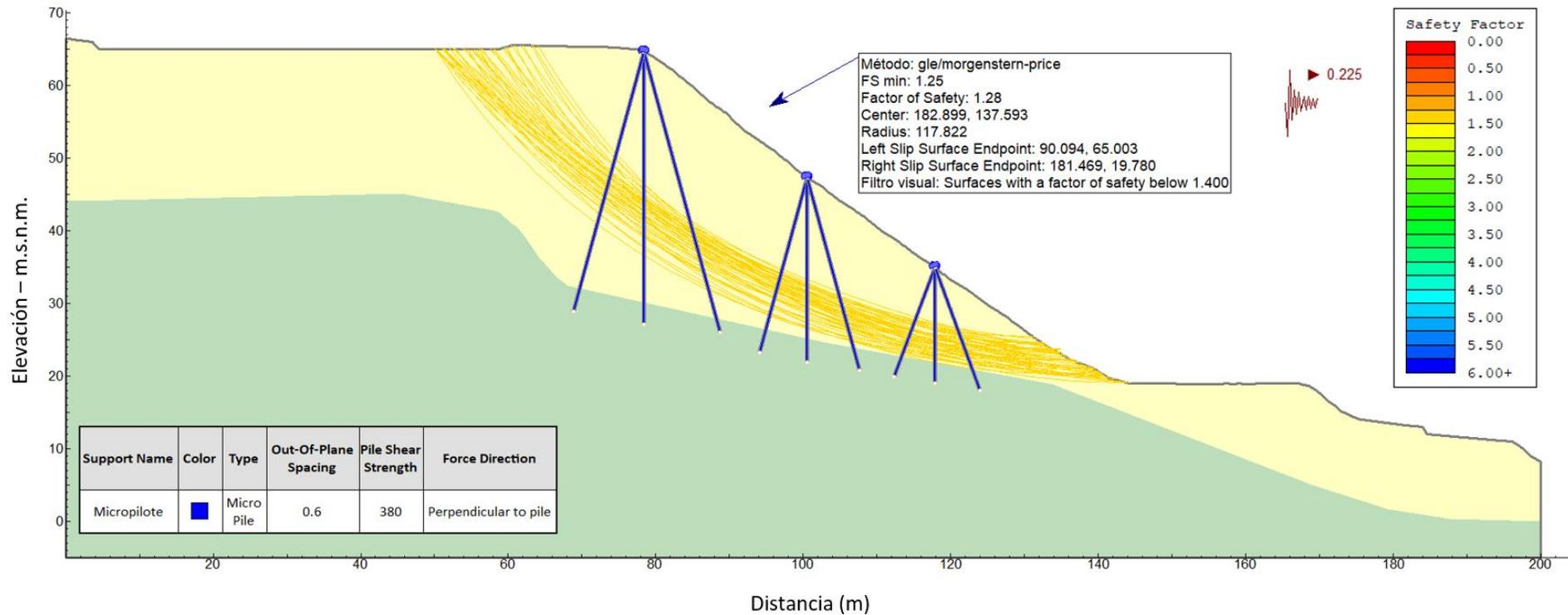
*Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 77**

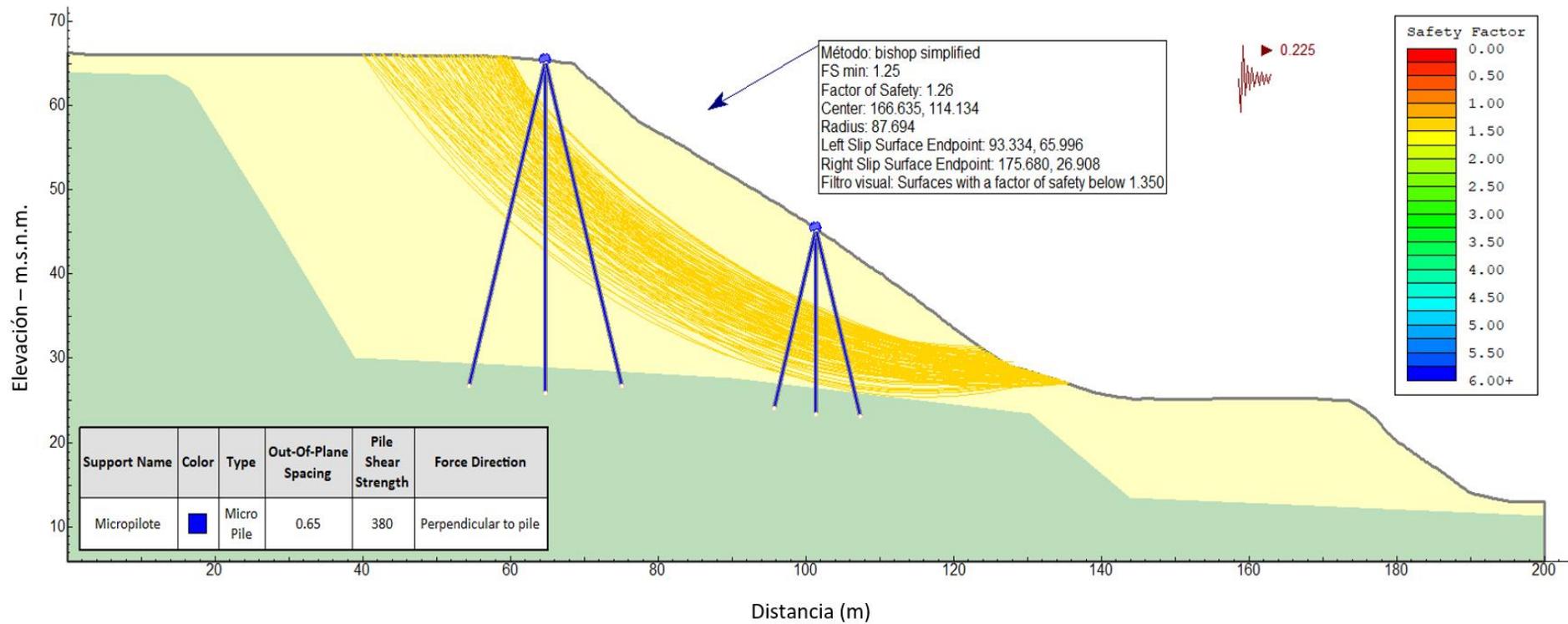
*Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 78**

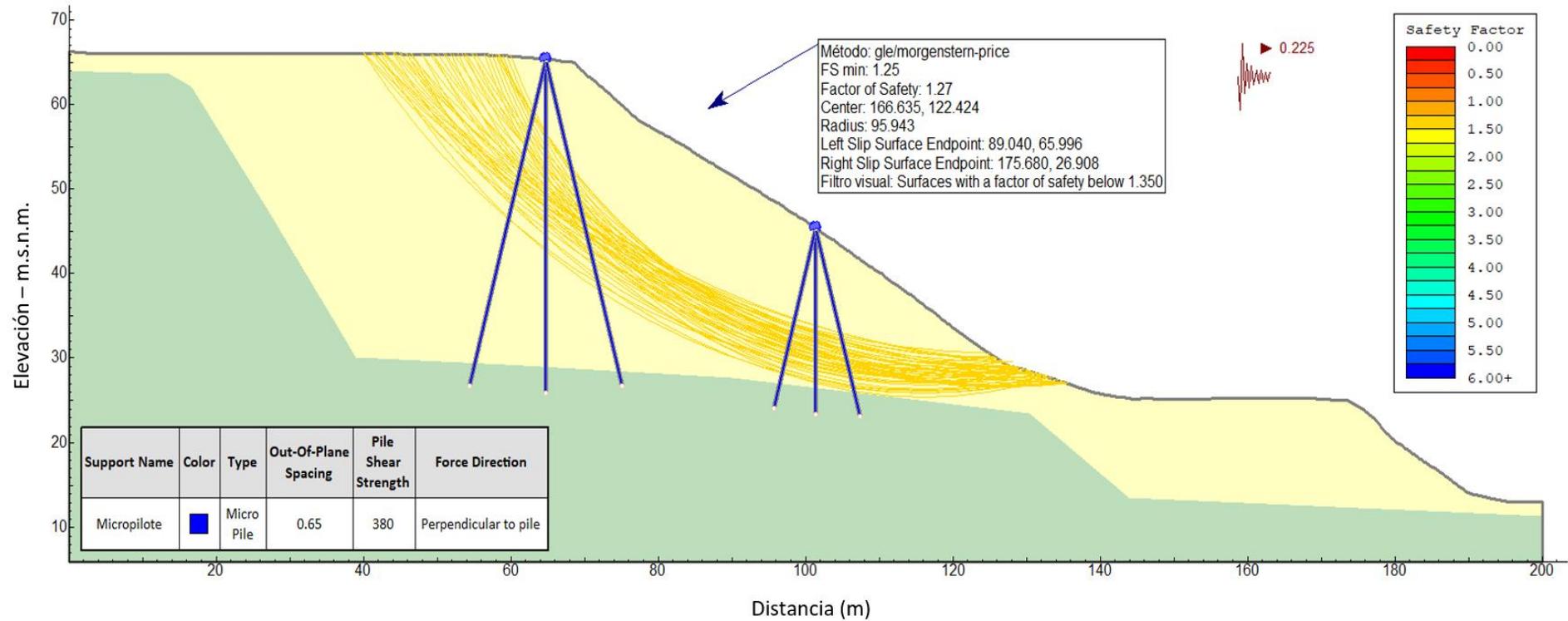
*Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 79**

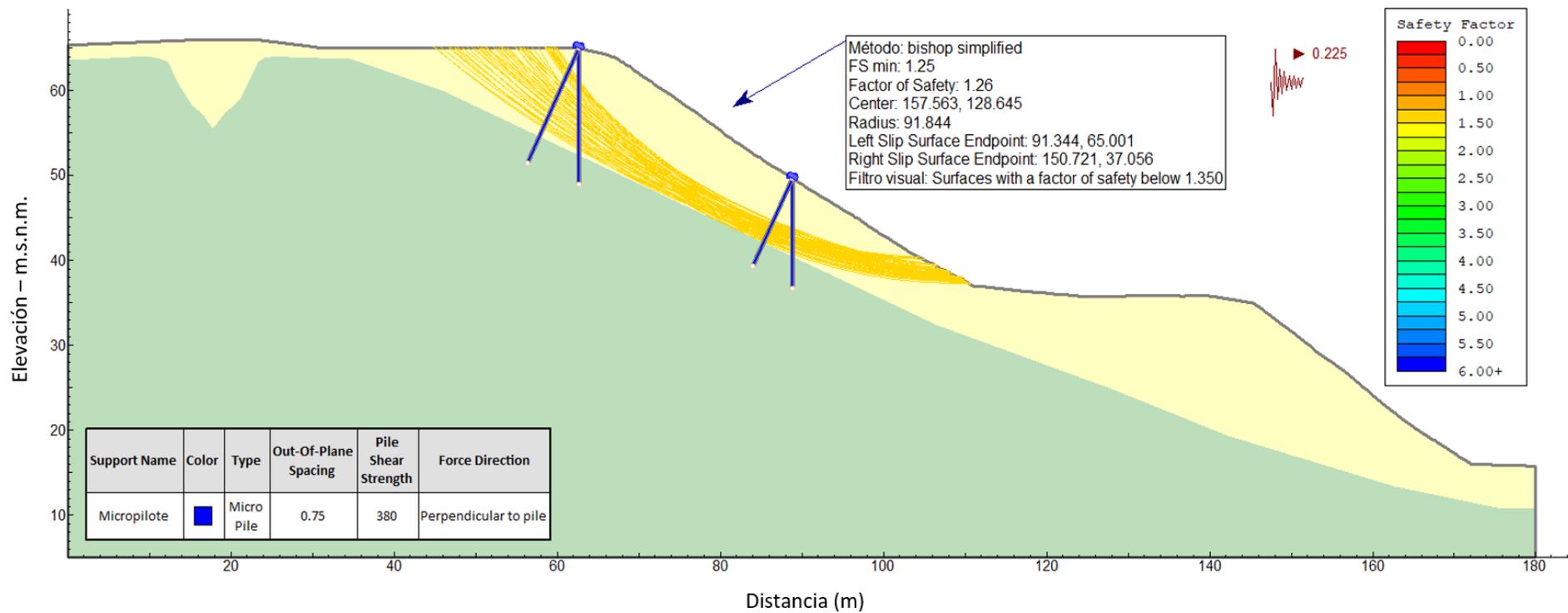
*Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 80**

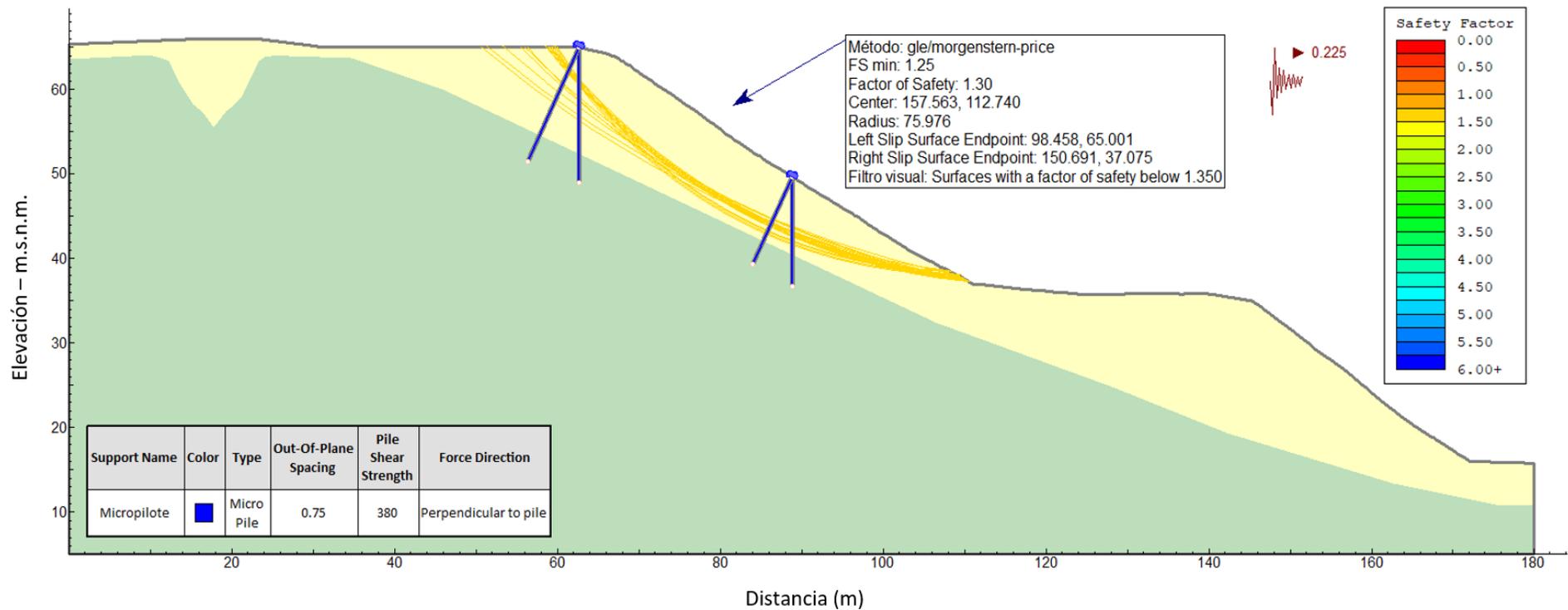
*Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis pseudoestático por el método de Bishop Simplificado - Sección 3*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 81**

*Estabilidad global en talud con micropilotes - análisis pseudoestático por el método de Morgenstern-Price - Sección 3*



Fuente: Elaboración propia.

### *Diseño estructural de micropilotes*

En el diseño estructural de micropilotes con armadura tubular se ha evaluado la capacidad resistente a flexión y cortante para los diámetros comerciales de refuerzo tubular. La tabla 25 muestra los valores de estos esfuerzos correspondientes a cada medida de tubería.

**Tabla 25**

#### *Diseño estructural de micropilotes de diámetros comerciales*

$\varnothing$ exterior	Espesor	$\varnothing$ interior	Sección reducida	Módulo plástico	Resistencia a flexión	Resistencia cortante
de (mm)	t (mm)	di (mm)	$A_{pr}$ (cm <sup>2</sup> )	$W_{p\ell}$ (cm <sup>3</sup> )	$M_{c,Rd}$ (T.m)	$V_{c,Rd}$ (KN)
60.30	6.00	48.30	9.11	15.62	0.30	127.85
73.00	6.00	61.00	11.26	23.86	0.46	158.08
88.90	7.00	74.90	16.35	42.39	0.83	229.40
88.90	9.00	70.90	20.93	53.02	1.03	293.68
101.60	9.00	83.60	24.28	71.30	1.39	340.72
114.30	7.00	100.30	21.45	72.95	1.42	301.07
114.30	9.00	96.30	27.63	92.28	1.80	387.75
127.00	9.00	109.00	30.98	115.97	2.26	434.78
139.70	9.00	121.70	34.33	142.38	2.77	481.82

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados del análisis de la estabilidad de taludes con micropilotes y del diseño estructural, se presenta los resultados del cálculo de la resistencia estructural a flexión, cortante y esfuerzos combinados para una tubería de 20 cm de diámetro.

**Tabla 26**

*Parámetros de armadura tubular de micropilote de 20 cm de diámetro*

Ø micropilote (mm)	Armadura tubular						
	Ø exterior de (mm)	Espesor t (mm)	Ø interior di (mm)	Reducción	Límite	Coeficiente parcial de seguridad $\gamma_a$	Coeficiente de minoración $F_{u,f}$
				por corrosión re (mm)	elástico $f_y$ (MPa)		
200.00	127.00	9.00	109.00	0.60	420.00	1.10	0.50

Fuente: Elaboración propia.

### **Resistencia estructural a flexión**

El cálculo de la resistencia estructural del micropilote a flexión  $M_{c,Rd}$ , es determinado por la siguiente expresión:

$$\frac{d_e - 2r_e}{t - r_e} \leq \frac{16450}{f_y} \quad , \quad M_{c,Rd} = W_{p\ell} \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot F_{u,f}$$

$$\frac{16450}{f_y} < \frac{d_e - 2r_e}{t - r_e} \leq \frac{21150}{f_y} \quad , \quad M_{c,Rd} = W_{e\ell} \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot F_{u,f}$$

Reemplazando:

$$\frac{127 - 2 \cdot 0.6}{9 - 0.6} \leq \frac{16450}{420}$$

$$14.98 \leq 39.17$$

Entonces:

$$W_{p\ell} = \frac{(d_e - 2r_e)^3 - d_i^3}{6}$$

$$W_{p\ell} = \frac{(127 - 2 \cdot 0.6)^3 - 109^3}{6} = 115,972.75 \text{ mm}^3 = 115.97 \text{ cm}^3$$

$$M_{c,Rd} = 115.97 \cdot \frac{420}{1.1} \cdot 0.5 = 22,140.25 \text{ MPa} \cdot \text{cm}^3 = 2.26 \text{ T} \cdot \text{m}$$

### **Resistencia estructural a cortante**

El cálculo de la resistencia estructural del micropilote a cortante  $V_{c,Rd}$ , es determinado por la siguiente expresión:

$$V_{c,Rd} = V_{p,Rd} = \frac{2 \cdot A_{pr}}{\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_y}{\gamma_a}$$

$$A_{pr} = \frac{\pi}{4} [(d_e - 2r_e)^2 - d_i^2]$$

Reemplazando:

$$A_{pr} = \frac{\pi}{4} [(127 - 2 \cdot 0.6)^2 - 109^2] = 3,098.11 \text{ mm}^2 = 30.98 \text{ cm}^2$$

Entonces:

$$V_{c,Rd} = \frac{2 \cdot 30.98}{\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{420}{1.1} = 4,347.84 \text{ cm}^2 \cdot \text{MPa} = 434.78 \text{ KN}$$

## **3.4 Resultados del objetivo específico 4**

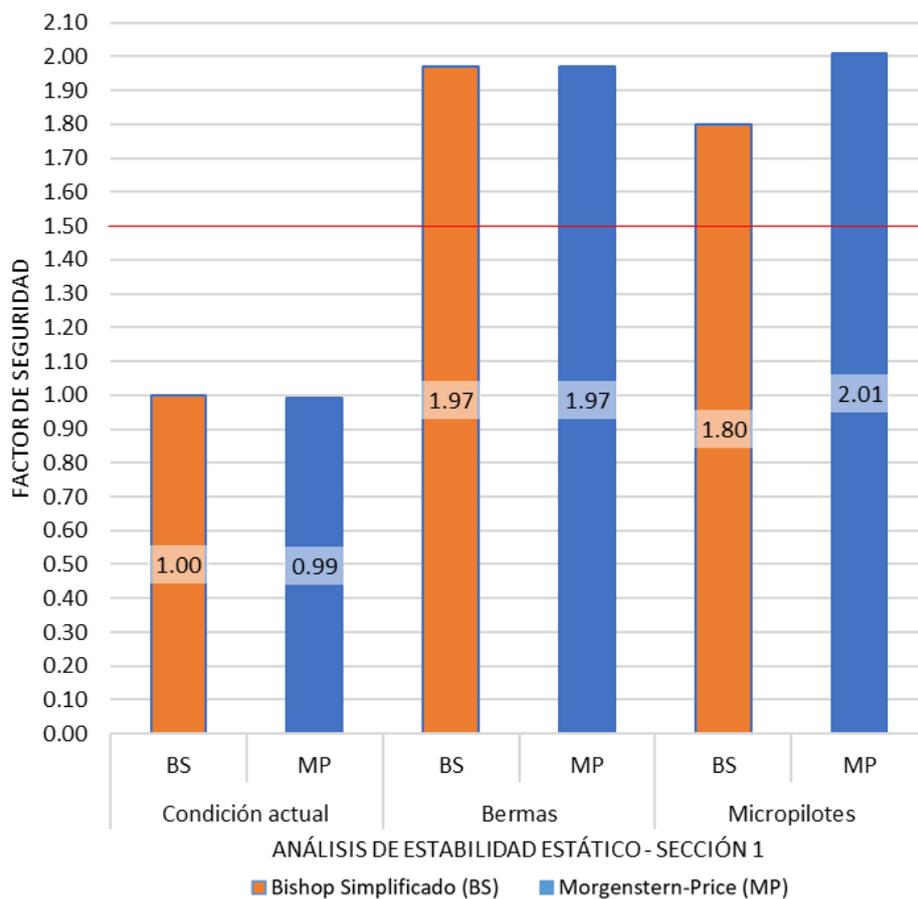
### **3.4.1 Sección 1**

La Figura 82 muestra los valores de factor de seguridad luego de realizar el análisis estático de la estabilidad del talud en la sección 1, aplicando el método de equilibrio límite mediante la metodología de Bishop Simplificado (BS) y Morgenstern - Price (MP) para la condición actual, construcción de bermas e implementación de micropilotes. También, se observa el factor de seguridad mínimo requerido por la Norma CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes marcado con una línea roja.

La tabla 27 muestra que la construcción de bermas incrementa en 97% (BS) y 99% (MP) al factor de seguridad respecto al obtenido en la condición actual del talud. Así mismo, la implementación de micropilotes incrementa en 80% (BS) y 103% (MP) al factor de seguridad.

**Figura 82**

*Factores de seguridad del análisis estabilidad estático en la sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 27**

*Incremento del factor de seguridad del análisis estático en la sección 1*

Sistema de sostenimiento	Método	
	BS	MP
Bermas	97%	99%
Micropilotes	80%	103%

Fuente: Elaboración propia.

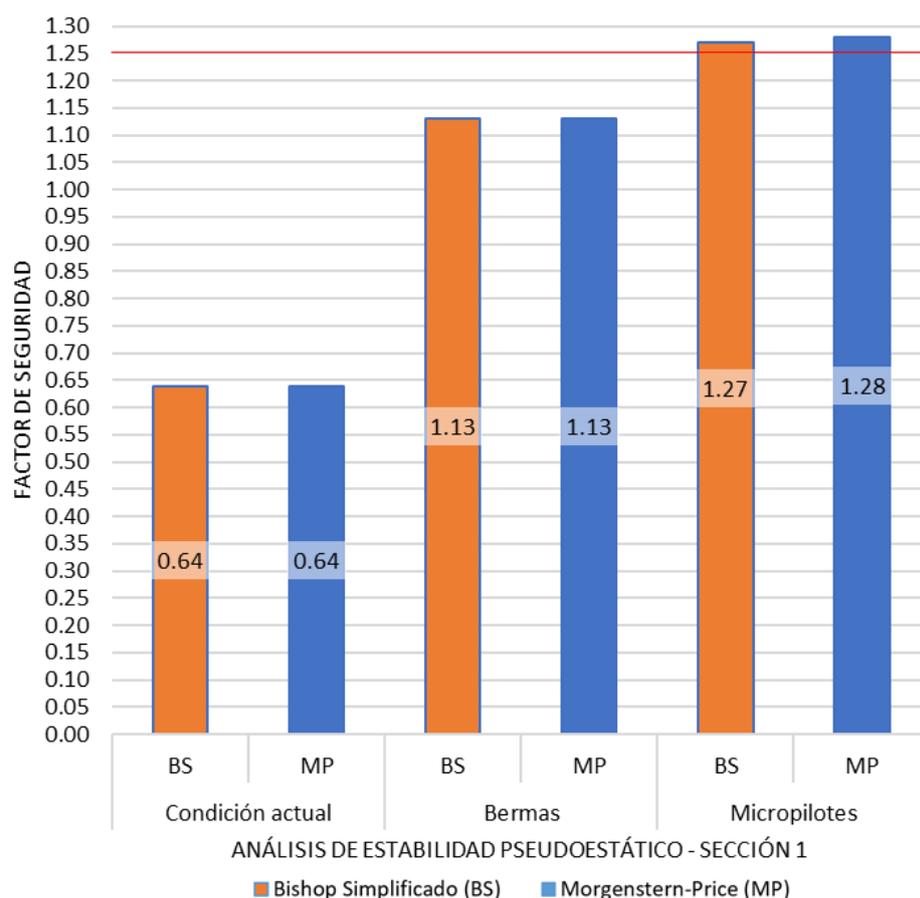
La Figura 83 muestra los valores de factor de seguridad luego de realizar el análisis pseudoestático de la estabilidad del talud en la sección 1, aplicando el método de equilibrio

límite mediante la metodología de Bishop Simplificado (BS) y Morgenstern - Price (MP) para la condición actual, construcción de bermas e implementación de micropilotes. También, se observa el factor de seguridad mínimo requerido por la Norma CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes marcado con una línea roja.

La tabla 28 muestra que la construcción de bermas incrementa en 77% (BS y MP) al factor de seguridad respecto al obtenido en la condición actual del talud. Así mismo, la implementación de micropilotes incrementa en 98% (BS) y 100% (MP) al factor de seguridad.

**Figura 83**

*Factores de seguridad del análisis estabilidad pseudoestático en la sección 1*



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 28**

*Incremento del factor de seguridad del análisis pseudoestático en la sección 1*

Sistema de sostenimiento	Método	
	BS	MP
Bermas	77%	77%
Micropilotes	98%	100%

Fuente: Elaboración propia.

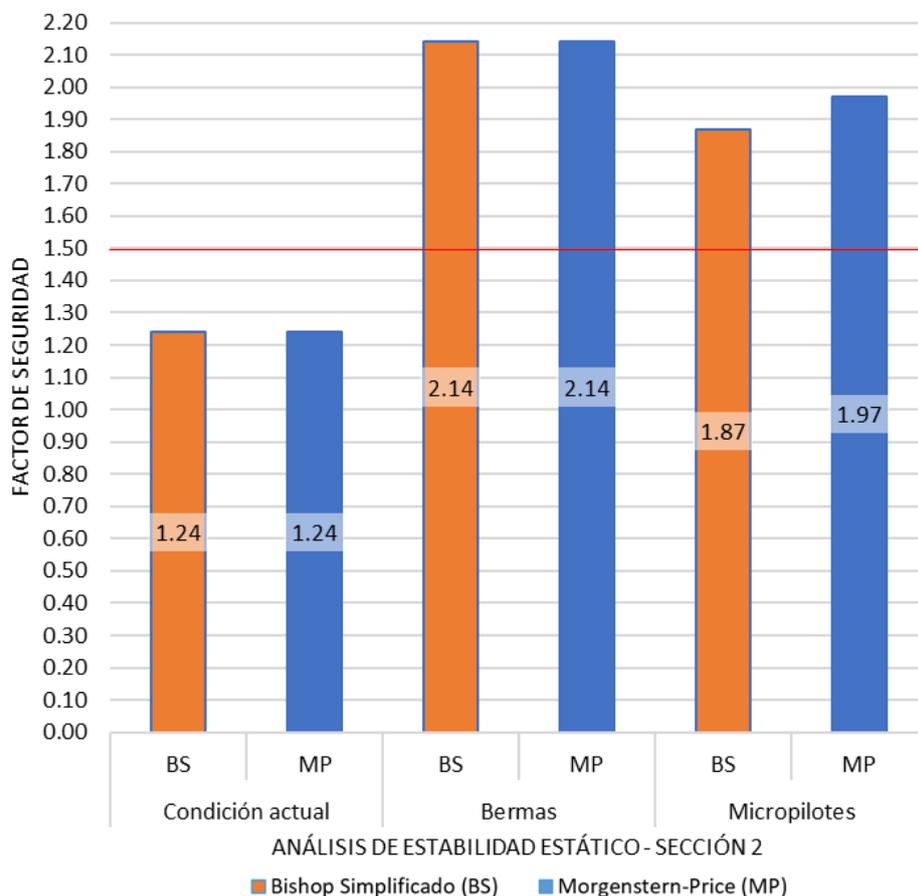
### 3.4.2 Sección 2

La Figura 84 muestra los valores de factor de seguridad luego de realizar el análisis estático de la estabilidad del talud en la sección 2, aplicando el método de equilibrio límite mediante la metodología de Bishop Simplificado (BS) y Morgenstern - Price (MP) para la condición actual, construcción de bermas e implementación de micropilotes. También, se observa el factor de seguridad mínimo requerido por la Norma CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes marcado con una línea roja.

La tabla 29 muestra que la construcción de bermas incrementa en 73% (BS y MP) al factor de seguridad respecto al obtenido en la condición actual del talud. Así mismo, la implementación de micropilotes incrementa en 51% (BS) y 59% (MP) al factor de seguridad.

**Figura 84**

*Factores de seguridad del análisis estabilidad estático en la sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 29**

*Factores de seguridad del análisis estabilidad estático en la sección 2*

Sistema de sostenimiento	Método	
	BS	MP
Bermas	73%	73%
Micropilotes	51%	59%

Fuente: Elaboración propia.

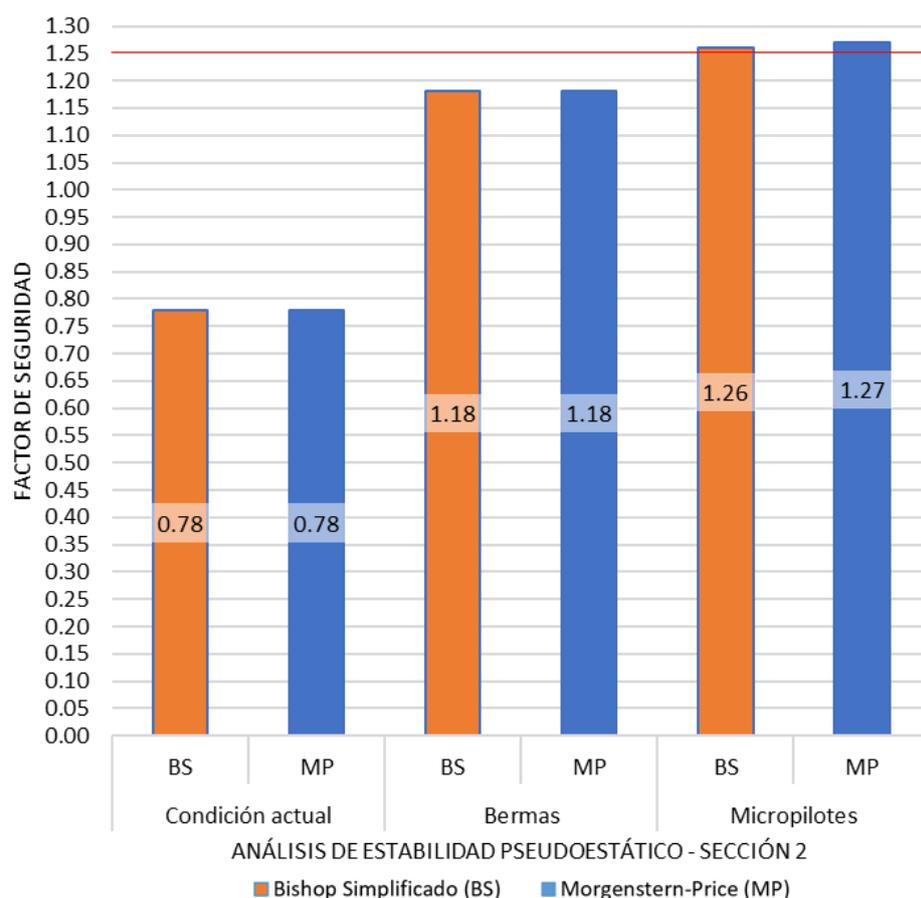
La Figura 85 muestra los valores de factor de seguridad luego de realizar el análisis pseudoestático de la estabilidad del talud en la sección 2, aplicando el método de equilibrio

límite mediante la metodología de Bishop Simplificado (BS) y Morgenstern - Price (MP) para la condición actual, construcción de bermas e implementación de micropilotes. También, se observa el factor de seguridad mínimo requerido por la Norma CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes marcado con una línea roja.

La tabla 30 muestra que la construcción de bermas incrementa en 51% (BS y MP) al factor de seguridad respecto al obtenido en la condición actual del talud. Así mismo, la implementación de micropilotes incrementa en 62% (BS) y 63% (MP) al factor de seguridad.

**Figura 85**

*Factores de seguridad del análisis estabilidad pseudoestático en la sección 2*



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 30**

*Incremento del factor de seguridad del análisis pseudoestático en la sección 2*

Sistema de sostenimiento	Método	
	BS	MP
Bermas	51%	51%
Micropilotes	62%	63%

Fuente: Elaboración propia.

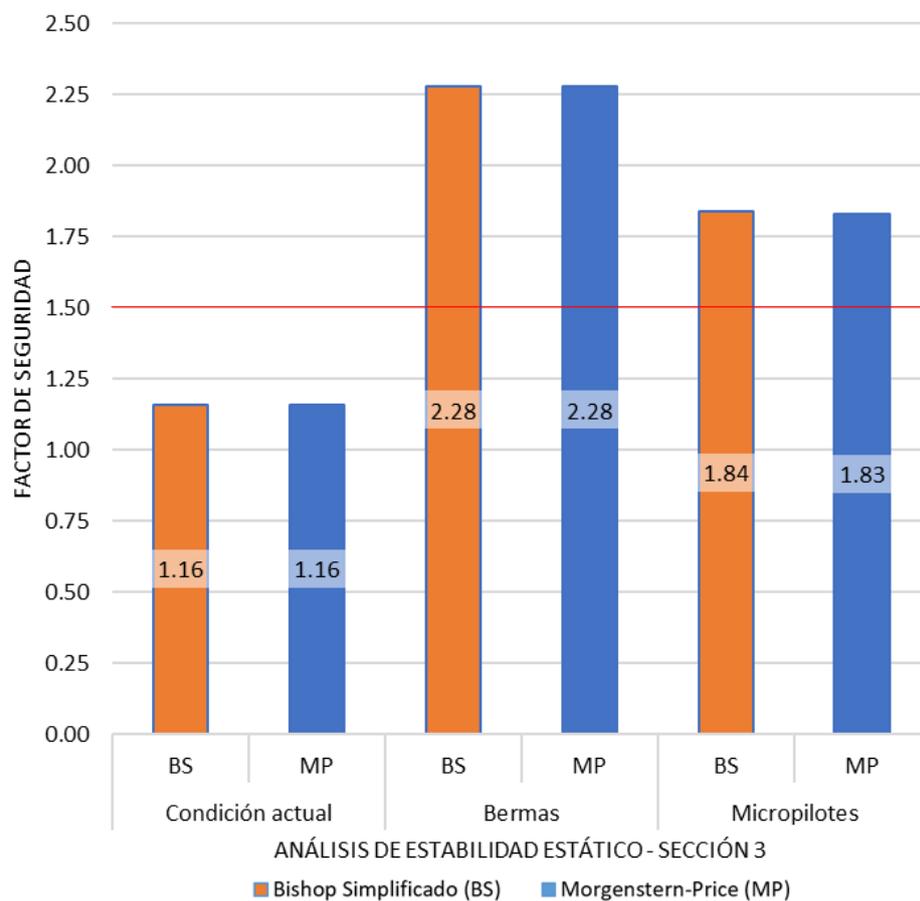
### 3.4.3 Sección 3

La Figura 86 muestra los valores de factor de seguridad luego de realizar el análisis estático de la estabilidad del talud en la sección 3, aplicando el método de equilibrio límite mediante la metodología de Bishop Simplificado (BS) y Morgenstern - Price (MP) para la condición actual, construcción de bermas e implementación de micropilotes. También, se observa el factor de seguridad mínimo requerido por la Norma CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes marcado con una línea roja.

La tabla 31 muestra que la construcción de bermas incrementa en 97% (BS y MP) al factor de seguridad respecto al obtenido en la condición actual del talud. Así mismo, la implementación de micropilotes incrementa en 59% (BS) y 58% (MP) al factor de seguridad.

**Figura 86**

*Factores de seguridad del análisis estabilidad estático en la sección 3*



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 31**

*Factores de seguridad del análisis estabilidad estático en la sección 3*

Sistema de sostenimiento	Método	
	BS	MP
Bermas	97%	97%
Micropilotes	59%	58%

Fuente: Elaboración propia.

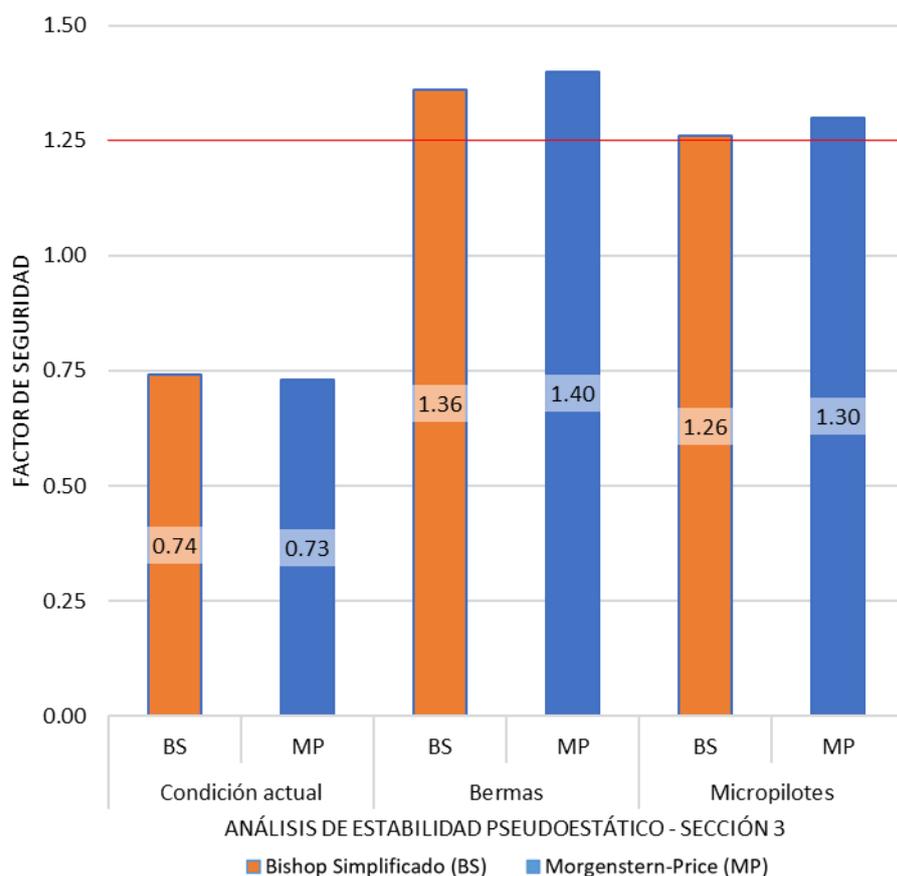
La Figura 87 muestra los valores de factor de seguridad luego de realizar el análisis pseudoestático de la estabilidad del talud en la sección 3, aplicando el método de equilibrio

límite mediante la metodología de Bishop Simplificado (BS) y Morgenstern - Price (MP) para la condición actual, construcción de bermas e implementación de micropilotes. También, se observa el factor de seguridad mínimo requerido por la Norma CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes marcado con una línea roja.

La tabla 32 muestra que la construcción de bermas incrementa en 84% (BS) y 92% (MP) al factor de seguridad respecto al obtenido en la condición actual del talud. Así mismo, la implementación de micropilotes incrementa en 70% (BS) y 78% (MP) al factor de seguridad.

### Figura 87

*Factores de seguridad del análisis estabilidad pseudoestático en la sección 3*



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 32**

*Incremento del factor de seguridad del análisis pseudoestático en la sección 3*

Sistema de sostenimiento	Método	
	BS	MP
Bermas	84%	92%
Micropilotes	70%	78%

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Respecto a **limitaciones**, la presente investigación se ha desarrollado utilizando únicamente la información de estudios de mecánica de suelos proporcionados por la empresa Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C., la cual comprende registros de sondajes geotécnicos y geofísicos, parámetros de resistencia cortante del suelo, plano topográfico y plano de ubicación de sondajes. Además, debido a el extenso proceso burocrático que implica acceder a un permiso por parte de las autoridades competentes para ejecutar trabajos de campo en la zona de estudio, se optó por realizar exclusivamente trabajo de gabinete y procesar los datos obtenidos de los estudios recopilados.

Referente a la **interpretación comparativa de los hallazgos con estudios previos**, los resultados obtenidos luego de analizar la estabilidad del talud de relleno antropogénico guardan relación con lo que sostiene el Estudio Geotécnico del Lugar de la Memoria (2010), el Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación del Proyecto “Lugar de la Memoria – Restaurante” (2015) y el Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla (2020); los cuales señalan las zonas del talud con relleno antropogénico adyacentes al complejo deportivo Manuel Bonilla, no cumplen los requerimientos mínimos de estabilidad, debido a que este relleno fue depositado sin ningún trabajo de compactación y control de calidad en cuanto a su composición, además, supera los 30 m de profundidad en algunas zonas, y continúa por debajo un estrato gravoso (Conglomerado de Lima). Además, la estratigrafía, parámetros de resistencia cortante del suelo y la topografía de la zona evidencian que, en caso de un sismo severo, luego de un análisis pseudoestático, existe una elevada probabilidad de ocurrencia de

falla y colapso del talud. Lo anterior expuesto es acorde con los resultados obtenidos en la presente investigación.

#### ***4.1.1. Relleno antropogénico***

Se determinó que la extensión que cubre el relleno antropogénico en la zona de estudio es aproximadamente 18,426 m<sup>2</sup> y se pudo conocer gracias a los sondeos realizados en los EMS de los años 2012, 2018 y 2020, que este relleno artificial está conformado por restos de desmonte de construcción, trozos de caucho, vidrio, plástico, además de grava pobremente gradada con arena limosa de compacidad suelta, dispuestos encima de lo que alguna vez fueron cárcavas en los años 40. La profundidad mínima del relleno no controlado es de 1.30 m y en algunas zonas supera los 30.00 m de profundidad.

El hallazgo mencionado es acorde con la zonificación de relleno que presentan los Estudios de Mecánica de Suelos de los años 2012 y 2020. La delimitación del relleno antropogénico construida a partir de los sondeos geotécnicos y geofísicos realizado por el EMS - 2020, coincide con la extensión que abarca el relleno artificial determinada en la presente investigación. Sin embargo, la zonificación propuesta por el EMS -2012 solo presenta las zonas con mayor profundidad de relleno. Lo anterior expuesto, evidencia que lo hallado por el EMS - 2020 y la presente investigación es compatible.

#### ***4.1.2. Estabilidad del talud actual***

Las grietas observadas en la ciclovía al borde del talud (figura 88) indican que dicha zona podría encontrarse en un estado de equilibrio límite, así mismo, debido a la incertidumbre de los parámetros geotécnicos del relleno antropogénico, se optó por estimar el ángulo de fricción interna a través de un análisis sensitivo con el software Slide, además, teniendo en cuenta que este relleno artificial fue depositado sin realizar ningún trabajo de compactación controlada se decidió trabajar con un valor de cohesión igual a cero y así poder realizar el

análisis de estabilidad utilizando el método de equilibrio límite mediante la metodología de Bishop Simplificado y Morgenstern - Price (MP) para la condición estática y pseudoestática.

Los hallazgos de este análisis indican que ninguna sección satisface las condiciones de estabilidad mínimas exigidas por la Norma CE.020, la cual establece que el factor de seguridad mínimo para el análisis estático deberá ser 1.50 y 1.25 para el análisis pseudoestático. Todo ello indica que en caso de un sismo severo existe una elevada probabilidad de ocurrencia de falla y colapso del talud, lo cual concuerda con los resultados del EMS - 2020.

### Figura 88

*Evidencia de grietas al borde del talud*



Fuente: Elaboración propia, 2021.

#### 4.1.3. Estabilidad del talud con sistemas de sostenimiento

La presente investigación buscó estabilizar las secciones críticas del talud mediante la implementación pantallas de micropilotes, con un diseño diferente en cada sección. Así mismo, con el fin de comparar la estabilidad de este sistema de sostenimiento y el impacto que originaría al entorno, se optó por diseñar un sistema adicional que consiste en la construcción de bermas intermedias (banquetas), sistema que fue elegido por las autoridades como medida de solución para la estabilidad de taludes en el malecón Castagnola.

El resultado del análisis estático de la estabilidad del talud con bermas, muestra valores de factor de seguridad superiores a 1.5, sin embargo, en el análisis pseudoestático, las secciones 1 y 2 muestran valores inferiores a 1.25, con excepción de la sección 3. La tabla 33 muestra la geometría de las bermas en cada sección y el retiro que produce su construcción.

**Tabla 33**

*Geometría de bermas en secciones y retiro*

Sección	Ancho de berma (m)	Diferencia de cota (m)	Pendiente	Retiro (m)
1	6	8	1V:2H	59.53
2	5	8	1V:2.5H	57.63
3	7.5	8	1V:1.5H	19.31

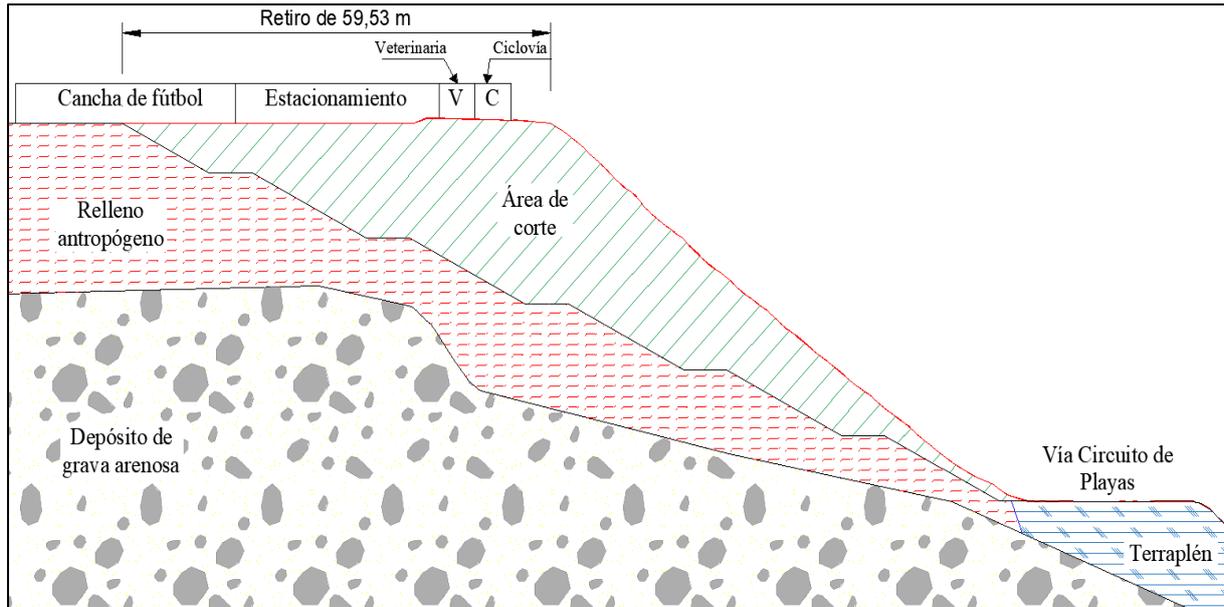
Fuente: Elaboración propia.

La construcción de bermas intermedias implica un gran movimiento de tierras, cierre temporal de la vía Circuito de Playas, el amplio retiro del límite de propiedad del complejo deportivo Manuel Bonilla y la demolición de estructuras existentes y funcionales como el

coliseo, estacionamientos, cancha de fútbol, veterinaria municipal y ciclovía; con excepción de la Sección 3. Ello puede apreciarse claramente en las figuras 89, 90 y 91.

### Figura 89

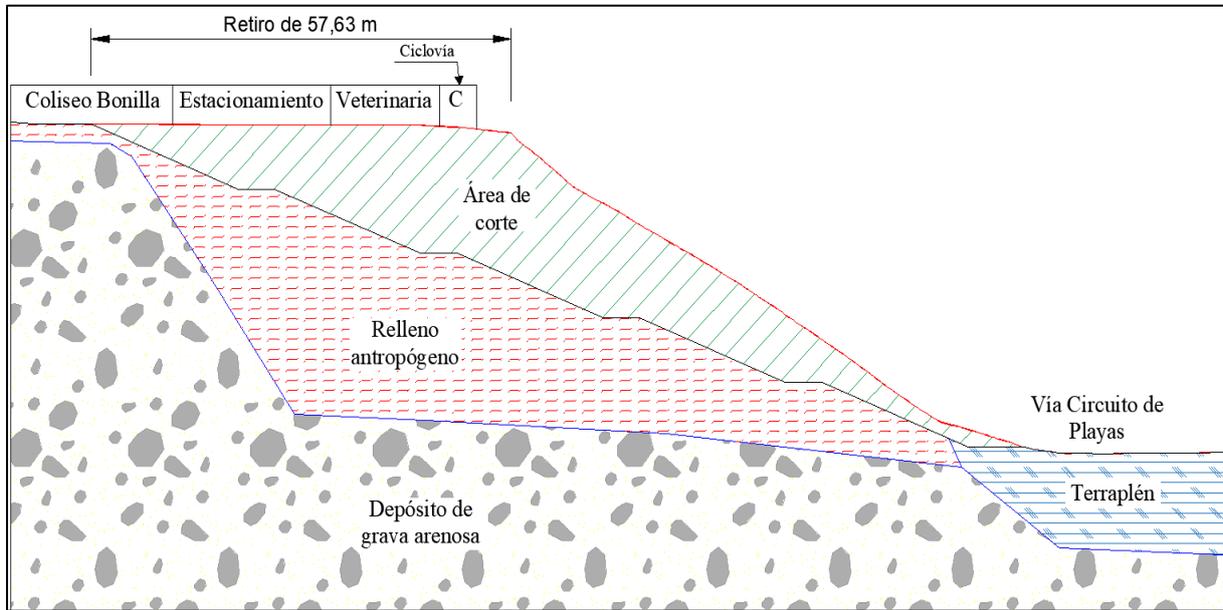
*Representación de la Sección 1 tras la construcción de bermas*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 90**

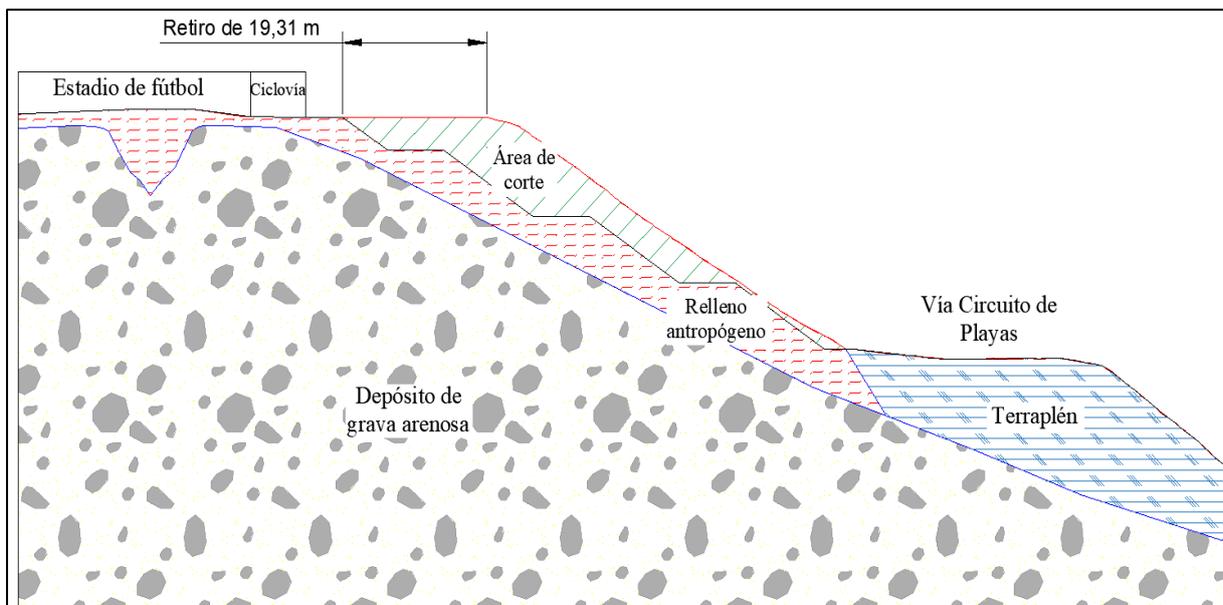
*Representación de la Sección 2 tras la construcción de bermas*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 91**

*Representación de la Sección 3 tras la construcción de bermas*



Fuente: Elaboración propia.

La implementación de pantallas de micropilotes muestra valores de factor de seguridad superiores a 1.5 luego de realizar el análisis de estabilidad estático en cada sección, conjuntamente, los valores de factor de seguridad luego de realizar el análisis de estabilidad pseudoestático son mayores que 1.25. En este sistema de sostenimiento se diseñaron micropilotes de hasta 40 m de longitud, empotrados en un estrato natural y competente (Grava de Lima), además no se modificó la geometría del talud, por ende, no generó ningún retiro a comparación del sistema con bermas.

Para poder obtener valores de factor de seguridad superiores a los exigidos según lo establecido en la Norma CE.020, se implementaron micropilotes en cada sección estableciendo una resistencia cortante, es decir, la resistencia cortante requerida en el análisis de estabilidad para satisfacer los valores mencionados anteriormente, posteriormente se eligió el micropilote cuya sección lograba una resistencia cortante de diseño superior a la resistencia requerida (tabla 34). Estas resistencias cortantes, resistencia de diseño sobre resistencia requerida, guardan una relación que puede ser considerada como un factor de seguridad adicional equivalente a 1.14.

**Tabla 34**

*Resistencia cortante requerida y de diseño en cada sección*

Sección	Número de pantallas de micropilote	Separación entre micropilotes (m)	Resistencia cortante requerida (KN)	Resistencia cortante de diseño (KN)
1	3	0.60	380	434.78
2	3	0.65	380	434.78
3	3	0.75	380	434.78

Fuente: Elaboración propia.

#### ***4.1.4. Comparación de la estabilidad del talud***

Los resultados del análisis estático de la estabilidad de taludes con bermas en cada sección muestran un incremento en el factor de seguridad entre 73% y 99% en comparación con los valores de factor de seguridad de las secciones sin ninguna medida de estabilización. De igual manera, los valores del factor de seguridad obtenidos a partir del análisis pseudoestático incrementaron entre 51% y 92% comparados con los valores obtenidos del análisis pseudoestático en la condición actual del talud, sin embargo, dicho incremento no fue suficiente en las secciones 1 y 2 para garantizar la estabilidad del talud ante la ocurrencia de un evento sísmico severo.

El análisis de estabilidad estático luego de implementar micropilotes, muestra como resultado valores de factor de seguridad con un incremento entre 51% y 103% de los valores de factor de seguridad conseguidos del análisis estático en las secciones del talud sin medidas de sostenimiento. De igual manera, los valores del factor de seguridad obtenidos a partir del análisis pseudoestático incrementaron entre 62% y 100% en comparación con los valores obtenidos del análisis pseudoestático del talud existente. A diferencia de las secciones en donde se construyeron bermas, el incremento de estos valores de factor de seguridad satisfizo las condiciones mínimas para estabilizar el talud ante la ocurrencia de un evento sísmico severo.

En la ingeniería sísmica, uno de los enfoques más simples y utilizados para analizar la respuesta sísmica de taludes es el análisis pseudoestático, ya que solo basta adicionar una fuerza constante al análisis de equilibrio límite estático. Ello consiste en establecer un coeficiente sísmico ( $k$ ) equivalente a la fracción del peso de la masa deslizante aplicado como una fuerza horizontal resultante, la cual actúa atravesando el centroide de la masa deslizante. Por consiguiente, la característica más importante y difícil del análisis pseudoestático en la estabilidad de taludes es la elección del coeficiente sísmico adecuado, ya que teóricamente,

este coeficiente debe depender de la medición de la amplitud de la fuerza inercial provocada en el talud por fuerzas dinámicas originadas durante un sismo severo.

Para diversas entidades y autores, los valores del coeficiente sísmico varían entre 0.10 y 0.25, asimismo, para dos autores este valor está en función de la aceleración pico del terreno (PGA), quienes indican que  $k$  obtiene un valor máximo del 50% de PGA. Otro punto importante a considerar es que la mayoría establece que posterior al análisis pseudoestático, el factor de seguridad idóneo es mayor a 1 (tabla 35).

**Tabla 35**

*Coeficientes sísmicos y factores de seguridad típicos*

Autor	Coeficiente sísmico (k)	Factor de Seguridad
Corps of Engineers Manual EM- 111-2-1902 (1982)	0.10	Major Earthquake, FS>1.0
Corps of Engineers Manual EM- 111-2-1902 (1982)	0.15	Great Earthquake, FS>1.0
Japón	0.15 - 0.25	FS>1.0
Marcuson y Franklin (1983)	0.33 - 0.50 PGA	FS>1.0
Seed (1979)	0.15	FS>1.15 y 20% de reducción de fuerza
Hynes and Franklin (1984)	0.50 PGA	FS>1.0 y 20% de reducción de fuerza

Fuente: Elaboración propia.

El coeficiente sísmico propuesto por Hynes-Griffith y Franklin (1984), tiene como sustento los resultados obtenidos a partir de los cálculos de deformación tras haber usado 354 acelerogramas, los cuales demostraron que el uso de un coeficiente sísmico horizontal equivalente al 50% de PGA y factores de seguridad mayores que 1.0, no originan grandes deformaciones.

Las normas y códigos de otros países con sismicidad semejante a Perú, en base a las investigaciones mencionadas, recomiendan factores de seguridad inferiores a los exigidos en la Norma CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes, y ello puede apreciarse en la tabla 36.

**Tabla 36**

*Factores de seguridad mínimos para la condición pseudoestática en diferentes países*

Documento	País	Factor de seguridad	Observaciones
Guidelines for Analyzing and Mitigating Landslide Hazards in California	EUA	1.10	-
Federal Highway Administration - FHWA	EUA	1.10	-
Manual de Carreteras	Chile	1.13	alfa = 0.15, factor de reducción: 0.75
Manual de Carreteras	Chile	1.05	alfa = 0.15, factor de reducción: 0.70
Reglamento Nacional de Construcción Sismorresistente	Colombia	1.00	-
Norma Ecuatoriana de la Construcción	Ecuador	1.05	-

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2. Conclusiones

- 1) Se logró evaluar el comportamiento estático y pseudoestático del talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla y se determinó que es de suma importancia proponer sistemas de sostenimiento en las zonas del talud conformadas por depósitos de relleno antropogénico de gran potencia, ya que presentan una alta susceptibilidad a la falla y colapso, además, la existencia de estructuras como el coliseo Manuel Bonilla, canchas de fútbol, veterinaria municipal, estacionamientos y ciclovía, son concurridas para realizar actividades recreativas y no permiten estabilizar el talud modificando su geometría. A partir de los hallazgos encontrados, se acepta la hipótesis general que establece que la implementación de micropilotes es el sistema de sostenimiento adecuado para estabilizar el talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla ubicado en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima.
- 2) Luego de delimitar la extensión y potencia del relleno antropogénico a partir del análisis visual tras superponer imágenes aéreas del año 1944 sobre una imagen satelital del año 2021, y de los registros de sondajes ejecutados en la zona por estudios de mecánica de suelos en los años 2012 y 2020, se construyeron perfiles estratigráficos en tres secciones donde predomina este relleno artificial, obteniendo como resultado que se extiende hasta en 36.60 m de profundidad; por consiguiente, se acepta la hipótesis específica que indica que la geometría del relleno antropogénico cuenta con una potencia mayor a 20 m, está delimitada por la topografía actual y las investigaciones geotécnicas realizadas y es aquella en donde las cárcavas fueron cubiertas luego de la expansión urbana en la zona del talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla.
- 3) Después de haber realizado el análisis estático y pseudoestático de la estabilidad del talud en cada sección, aplicando el método de equilibrio límite mediante las metodologías de

Bishop Simplificado y Morgenstern – Price en la condición actual del talud de la zona en estudio, se determinó que los valores del factor de seguridad no satisfacen las condiciones de estabilidad que exige la Norma CE.020, lo que implica una inminente falla y colapso del talud ante la ocurrencia de un evento sísmico severo; por ende, se acepta la hipótesis específica que indica que los valores de factor de seguridad son menores a los valores mínimos exigidos por la Norma CE.020 en la condición existente del talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla.

- 4) Tras realizar el análisis estático y pseudoestático de la estabilidad del talud implementando micropilotes en cada sección, aplicando el método de equilibrio límite mediante las metodologías de Bishop Simplificado y Morgenstern – Price, se determinó que los valores del factor de seguridad satisfacen el requerimiento mínimo de estabilidad que exige la Norma CE.020, con una resistencia al esfuerzo cortante de 380 KN requerida e implementando pantallas de micropilotes de 20 cm de diámetro separados de 0.60 a 0.75 m; por ello, se acepta la hipótesis específica que indica que los valores de factor de seguridad son iguales o mayores a los valores mínimos exigidos por la Norma CE.020 luego de implementar micropilotes de 20 cm de diámetro para estabilizar talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla.
- 5) Los hallazgos después de evaluar la condición de estabilidad del talud para solicitaciones estáticas y sísmicas, y luego de comparar los valores de factor de seguridad implementando micropilotes de 20 cm de diámetro, evidencian un incremento mayor al 50% en estos valores respecto a los obtenidos luego de realizar el análisis mencionado considerando las condiciones presentes actualmente; en consecuencia, se acepta la hipótesis específica que indica que la implementaciones de micropilotes incrementa en más de 50% la estabilidad

del talud en comparación a la condición existente del talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla.

- 6) La propuesta de implementación de pantallas de micropilotes es el sistema de sostenimiento más adecuado para estabilizar el talud de relleno antropogénico, en donde hoy se encuentra emplazado el complejo deportivo Manuel Bonilla, ya que además de garantizar la estabilidad cumpliendo los requerimientos mínimos de la Norma CE. 020, no requiere generar ningún retiro del límite de propiedad, permitiendo que las estructuras existentes como el coliseo, canchas de fútbol, veterinaria municipal, estacionamientos y ciclo vía no deban ser demolidas. Así mismo, este sistema permite que no se generen movimientos de tierra importantes, lo que descarta la posibilidad del cierre temporal del circuito de playas de la Costa verde, y el cese de diferentes actividades dentro de las instalaciones del complejo deportivo y sus alrededores.
- 7) Considerando las investigaciones y normativas internacionales, se puede inferir que, considerar un coeficiente sísmico  $k$  igual al 50% del PGA como es común en la práctica habitual de la ingeniería, acompañado de un valor de factor de seguridad como mínimo de 1.25 para el análisis pseudoestático en la estabilidad de taludes, tal como lo exige la Norma CE.020, es muy conservador. Esto se ve reflejado en el diseño de sistemas de sostenimiento como las pantallas de micropilotes, las cuales deben tener una separación reducida entre elementos y deben ser más robustos para soportar una carga sísmica mayor.

### 4.3. Recomendaciones

- 1) La zona en donde el relleno antropogénico fue depositado hasta conformar el talud actual, el cual alcanza hasta una profundidad aproximada de 36 m, reúne las características necesarias para realizar una evaluación de la respuesta dinámica del sitio, empleando modelos bidimensionales y la técnica de elementos finitos, con la finalidad de definir el comportamiento sísmico del talud de relleno artificial con mayor aproximación y proporcionar niveles de amplificación sísmica generados por su estratigrafía.
- 2) En función a lo anterior, se recomienda realizar un análisis pseudoestático para la estabilidad de taludes considerando un coeficiente sísmico  $k$  adecuado para las condiciones locales de sitio y trabajar con un valor de factor de seguridad menos conservador al exigido en la Norma CE.020, con el fin de obtener un diseño más exacto y por ende viable en las propuestas de sistemas de sostenimiento.
- 3) Se recomienda hacer una evaluación a futuro del costo de la implementación de pantallas de micropilotes y otros sistemas de sostenimiento para definir la relación costo-beneficio en cada uno.
- 4) Tomar en consideración la tesis desarrollada como referencia para futuras investigaciones que busquen replicar la propuesta de implementación de sistemas de sostenimiento para estabilizar taludes o acantilados que pongan riesgo la salud pública y generen poblaciones vulnerables.

## REFERENCIAS

- Alva Hurtado, J.; Meneses, J. y Guzmán, V. (1984), “Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú”, V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna. Recuperado de [http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis17\\_a.pdf](http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis17_a.pdf)
- Aguilar, Z., Lázares, F., Alarcón, S., Quispe, S., Uriarte, R., y Calderón, D. (2011). Actualización de la Microzonificación Sísmica de la ciudad de Lima (p. 1). Lima: CISMID. Recuperado de [http://ares.tu.chiba-u.jp/peru/pdf/meeting/120817/TS6\\_1\\_Aguilar.pdf](http://ares.tu.chiba-u.jp/peru/pdf/meeting/120817/TS6_1_Aguilar.pdf)
- Aki, K., “Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors”, Bull. Earthq. Res. Inst., 35, 415-457, 1957.
- Ashford SA, Sitar N. (1994). “Seismic Response of Steep Natural Slopes.” Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley, California.
- Blake, T. F. (2002). “Guidelines for Analyzing and Mitigating Landslide Hazards in California”. Recommended Procedures for Implementation of DMG Special Publication 117.
- Botello Rojas, A. (2015), Sobre el comportamiento de micropilotes trabajando a flexión y/o cortante en estructuras de tierra. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.
- Bray, J. D., and Travasarou, T. (2007). “Simplified procedure for estimating earthquake-induced deviatoric slope displacements”.
- Cañari, M. (2001), “Análisis de la Estabilidad de Taludes de la Costa Verde”, Tesis Grado FICUNI. Lima – Perú. Recuperado de [http://www.jorgealvahurtado.com/files/labgeo03\\_a.pdf](http://www.jorgealvahurtado.com/files/labgeo03_a.pdf)

- Chinchay Córdova, P. E. (2015): Ejecución de micropilotes como pantalla para excavación de túnel-aplicación al proyecto Vía Parque Rímac. Trabajo de suficiencia para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- Corps of Engineers. (1982). "Slope Stability Manual EM-1110-2-1902." Washington, D. C.: Department of the Army, Office of the Chief of Engineers.
- Dawson E., Roth W., Drescher A. (1999). "Slope Stability Analysis by Strength Reduction." Géotechnique.
- Department of the Army Corps of Engineers (1979), Geophysical Exploration – Engineering and Design. USA. Office of the Chief of Engineers. Recuperado de [https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM\\_1110-1-1802.pdf](https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_1110-1-1802.pdf)
- El Comercio (2020), La historia de la Costa Verde y de la ciudad que conquistó su mar. Recuperado de <https://elcomercio.pe/somos/historias/la-historia-de-la-costa-verde-y-de-la-ciudad-queconquisto-su-mar-lima-peru-noticia/?ref=ecr>
- EN 1998:2004 (E). (2004). Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance, Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects.
- Esteban, J., Szanto, M., Colomer, F., y Gallardo, A. (2016). Análisis del deslizamiento del relleno sanitario de Santa Marta, Chile. Recuperado de <http://www.conama.org/conama/download/files/conama2016/CT%202016/1998971853.pdf>
- Guzmán, A., Zavala., B. & Valenzuela, G. (1997). Estudio de seguridad física de los acantilados de la Costa Verde. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 18. Perú: INGEMMET. 97 p.

Hynes-Griffin M., Franklin A. (1984). "Rationalizing the seismic coefficient method." U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.

Hidalgo, C., Muñoz, F., Urrego, P., Londoño, V., y Mateus, B. (2014). Evaluación del efecto de la infiltración de agua sobre la estabilidad de un talud en suelos residual. Recuperado de

[https://www.researchgate.net/publication/294873976\\_Evaluacion\\_del\\_efecto\\_de\\_la\\_infiltracion\\_de\\_agua\\_sobre\\_la\\_estabilidad\\_de\\_un\\_talud\\_en\\_suelos\\_residual](https://www.researchgate.net/publication/294873976_Evaluacion_del_efecto_de_la_infiltracion_de_agua_sobre_la_estabilidad_de_un_talud_en_suelos_residual)

INGEMMET. (2019). Evaluación de Peligros Geológicos por Movimientos en Masa en el Malecón Castagnola - Acantilado de la Costa Verde (p. 10). Lima: Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Recuperado de

[https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2255/1/A6930-Evaluacion\\_de\\_peligros\\_Malecon\\_Castagnola\\_Costa\\_Verde-Lima.pdf](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/2255/1/A6930-Evaluacion_de_peligros_Malecon_Castagnola_Costa_Verde-Lima.pdf)

INGEMMET. (2020). Evaluación de Peligros Geológicos por Movimientos en Masa en el Malecón Pedro de Osma - Acantilado de la Costa Verde. Lima: Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Recuperado de

<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2562>

Jack López Ingenieros SAC (2018), "Estudio de Suelos y Geotécnico - Creación, Instalación del Puente de la Amistad en la Bajada San Martín del Circuito de la Costa Verde entre el Distrito de Miraflores y San Isidro – Lima – Lima".

Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros EIRL (2010), "Estudio Geotécnico del Lugar de la Memoria" -Lima.

Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros EIRL (2015), "Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación Proyecto: "Lugar de la Memoria – Restaurante".

Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros SAC (2020), “Estudio de Mecánica de Suelos con Fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes – Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla - Miraflores” -Lima.

Juárez y Rico, B. (2005). “Mecánica de suelos”. Tomo 1. México.

Kavazanjian, E., Matasovic, N., Hadj-Hamou, T., y Sabatini, P. (1997). Geotechnical Engineering Circular N°3, Design Guidance: “Geotechnical Earthquake Engineering for Highways, Volume I – Design Principles”.

Kramer, S. (1996), “Geotechnical Earthquake Engineering”, Prentice-Hall, University of Washington, New Jersey, U.S.

Kuroiwa, J., (1973), "Características Dinámicas del Conglomerado de Lima", Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, Tomo 43, Lima – Perú.

Macazana, R., (2006), “Análisis Dinámico de los Acantilados de la ciudad de Lima”, Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Mención en Ingeniería Geotécnica. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.

Manual de Carreteras V 3. (2015). “Instrucciones y Criterios de Diseño”. Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas, Chile.

Marcuson W., Franklin A. (1983). “Seismic Design, Analysis, and Remedial Measures to Improve Stability of Existing Earth Dams - Corps of Engineers Approach”, in Seismic Design of Embankments and Caverns, T.R. Howard, Ed., New York, ASCE.

Melo C. (2000). “Seismic Coefficients for Pseudostatic Slope Analysis.” Master of science thesis, College of Graduate Studies, University of Idaho.

Ministerio de Fomento, Secretaría de Estado de Infraestructura y Planificación (2005), Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras. Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera. Madrid, España.

M&M Consultores SRL, (2012), “Estudio de Mecánica de Suelos Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla - Miraflores, Lima”.

Norma Ecuatoriana de Construcción. (2015). “Geotecnia y Cimentaciones”.

NSR-10. (2010). “Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente”, Título H, Estudios Geotécnicos. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial. Bogotá.

Ordoñez H., A (1998), “Informe Técnico EMS Coliseo Municipal “Niño Héroe Manuel Bonilla”.

Reglamento Nacional de Edificaciones (2012), "Norma CE-020 Estabilización de Suelos y Taludes", Lima – Perú.

Reglamento Nacional de Edificaciones (2018), "Norma E-050 de Suelos y Cimentaciones", Lima – Perú.

Reglamento Nacional de Edificaciones (2019), "Norma Técnica de Edificaciones E-030- Diseño Sismorresistente", Lima – Perú.

Salgado, Francisco. (2017). Assessment of the pseudo-static method of analysis, ERTC12 Workshop, Athens, September 2011. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/321714553\\_Assessment\\_of\\_the\\_pseudo-static\\_method\\_of\\_analysis\\_ERTC12\\_Workshop\\_Athens\\_September\\_2011](https://www.researchgate.net/publication/321714553_Assessment_of_the_pseudo-static_method_of_analysis_ERTC12_Workshop_Athens_September_2011)

Sánchez, S., Rodríguez, J., López, J., Laina, C., y Jiménez, A. (2016). Caracterización de suelos granulares gruesos. El caso de la Grava de Lima. (p. 306). Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/309346550\\_Caracterizacion\\_de\\_suelos\\_granulares\\_gruesos\\_El\\_caso\\_de\\_la\\_Grava\\_de\\_Lima](https://www.researchgate.net/publication/309346550_Caracterizacion_de_suelos_granulares_gruesos_El_caso_de_la_Grava_de_Lima)

Seed H. B. (1979). Considerations in the earthquake-resistant design of earth and rockfill dams. Géotechnique.

Seed, H. B. (1966). Slope Stability During Earthquakes Stability and Performance of Slopes and Embankments American Society of Civil Engineering, Berkeley, CA.

Stability Modeling with SLOPE/W. (2015). Recuperado de <http://downloads.geoslope.com/geostudioresources/books/8/15/slope%20modeling.pdf>

Suárez, J. (2009). Deslizamientos: Análisis Geotécnico. (I. d. Ltda., Ed.) Bucaramanga, Colombia.

Suárez, J. (2001). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. (I. d. Ltda., Ed.) Bucaramanga, Colombia.

Suárez, J. (2009). Deslizamientos: Técnicas de Remediación. (I. d. Ltda., Ed.) Bucaramanga, Colombia.

Tavera, H., Bernal, I., Condori, C., Ordaz, M., Zevallos, A., y Ishizawa, O. (2014). Reevaluación del peligro sísmico probabilístico para el Perú (p. 10). Lima: Instituto Geofísico del Perú. Recuperado de <http://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/783>

Van Westen, C. (1994). "Application of geographic information systems to deterministic landslides Hazard zonation". Boletín de Vías. Universidad Nacional, Manizales.

## ANEXOS

### Anexo 1

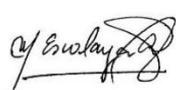
#### Matriz 1 para evaluación de expertos

<b>MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS</b>				
<b>Título de la investigación:</b>	Propuesta de implementación de micropilotes para estabilizar el talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021			
<b>Línea de investigación:</b>	Salud pública y poblaciones vulnerables			
<b>Apellidos y nombres del experto:</b>	Pérez Zúñiga, Álvaro Javier			
<b>El instrumento de medición pertenece a la variable:</b>	Factor de seguridad			
<p>Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.</p>				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		Sí	No	
1	¿El software Slide versión 6.004 distribuido por la empresa Rocscience presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El software Slide versión 6.004 tiene relación con el tema de investigación?	X		
3	¿El software Slide versión 6.004 facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
4	¿El software Slide versión 6.004 se relaciona con las variables de estudio?	X		
5	¿El software Slide versión 6.004 facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
6	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
7	¿El software Slide versión 6.004 será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
8	¿El software Slide versión 6.004 es claro, preciso y sencillo de utilizar para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
<b>Sugerencias:</b>				
<b>Firma del experto:</b>				
 ..... <b>ÁLVARO JAVIER PÉREZ ZUÑIGA</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP 144181				

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 2

### Matriz 2 para evaluación de expertos

<b>MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS</b>				
<b>Título de la investigación:</b>	Propuesta de implementación de micropilotes para estabilizar el talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021			
<b>Línea de investigación:</b>	Salud pública y poblaciones vulnerables			
<b>Apellidos y nombres del experto:</b>	Escalaya Advíncula, Miriam Rosanna			
<b>El instrumento de medición pertenece a la variable:</b>	Factor de seguridad			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		Sí	No	
1	¿El software Slide versión 6.004 distribuido por la empresa Rocscience presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El software Slide versión 6.004 tiene relación con el tema de investigación?	X		
3	¿El software Slide versión 6.004 facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
4	¿El software Slide versión 6.004 se relaciona con las variables de estudio?	X		
5	¿El software Slide versión 6.004 facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
6	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
7	¿El software Slide versión 6.004 será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
8	¿El software Slide versión 6.004 es claro, preciso y sencillo de utilizar para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
<b>Sugerencias:</b>				
<b>Firma del experto:</b>				
 MIRIAM ROSANNA ESCALAYA ADVINCULA INGENIERA CIVIL Reg. CIP N° 63227				

Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 3

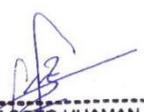
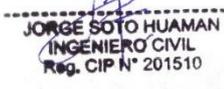
#### Matriz 3 para evaluación de expertos

<b>MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS</b>				
<b>Título de la investigación:</b>	Propuesta de implementación de micropilotes para estabilizar el talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021			
<b>Línea de investigación:</b>	Salud pública y poblaciones vulnerables			
<b>Apellidos y nombres del experto:</b>	Hernández Guillén, Félix Arturo			
<b>El instrumento de medición pertenece a la variable:</b>	Factor de seguridad			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		Sí	No	
1	¿El software Slide versión 6.004 distribuido por la empresa Rocscience presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El software Slide versión 6.004 tiene relación con el tema de investigación?	X		
3	¿El software Slide versión 6.004 facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
4	¿El software Slide versión 6.004 se relaciona con las variables de estudio?	X		
5	¿El software Slide versión 6.004 facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
6	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
7	¿El software Slide versión 6.004 será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
8	¿El software Slide versión 6.004 es claro, preciso y sencillo de utilizar para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
<b>Sugerencias:</b>				
<b>Firma del experto:</b>				
 <b>FELIX ARTURO HERNANDEZ GUILLÉN</b> INGENIERO CIVIL Reg. Colegio de Ingenieros N° 63843				

Fuente: Elaboración propia.

#### Anexo 4

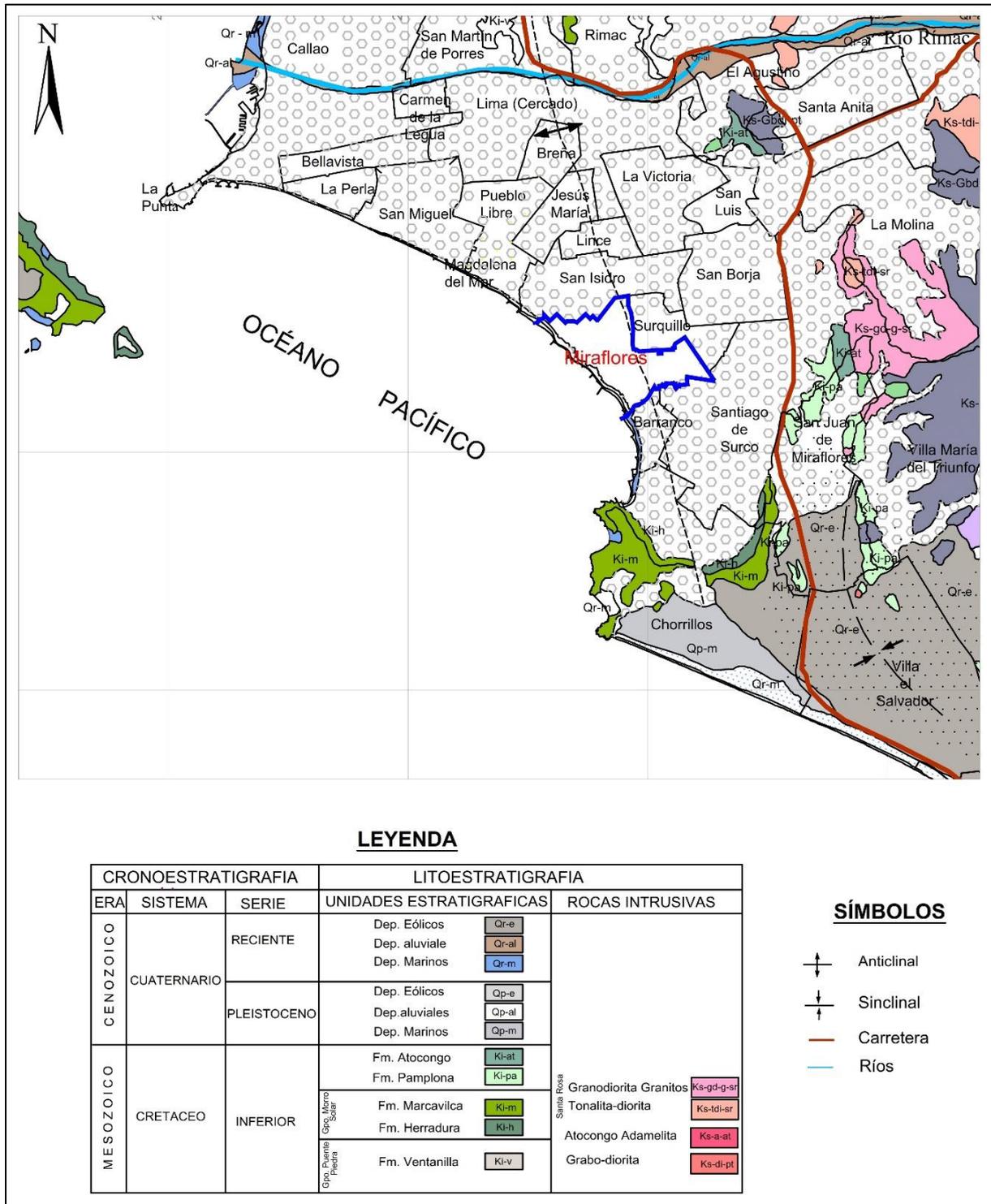
#### Matriz 4 para evaluación de expertos

<b>MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS</b>				
<b>Título de la investigación:</b>	Propuesta de implementación de micropilotes para estabilizar el talud de relleno artificial adyacente al complejo deportivo Manuel Bonilla en el distrito de Miraflores, ciudad de Lima, 2021			
<b>Línea de investigación:</b>	Salud pública y poblaciones vulnerables			
<b>Apellidos y nombres del experto:</b>	Soto Huamán, Jorge			
<b>El instrumento de medición pertenece a la variable:</b>	Factor de seguridad			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio.				
Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		Sí	No	
1	¿El software Slide versión 6.004 distribuido por la empresa Rocscience presenta el diseño adecuado?	X		
2	¿El software Slide versión 6.004 tiene relación con el tema de investigación?	X		
3	¿El software Slide versión 6.004 facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	X		
4	¿El software Slide versión 6.004 se relaciona con las variables de estudio?	X		
5	¿El software Slide versión 6.004 facilitará el análisis y procesamiento de datos?	X		
6	¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición?	X		
7	¿El software Slide versión 6.004 será accesible a la población sujeto de estudio?	X		
8	¿El software Slide versión 6.004 es claro, preciso y sencillo de utilizar para, de esta manera, obtener los datos requeridos?	X		
<b>Sugerencias:</b>				
<b>Firma del experto:</b>				
 				

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5

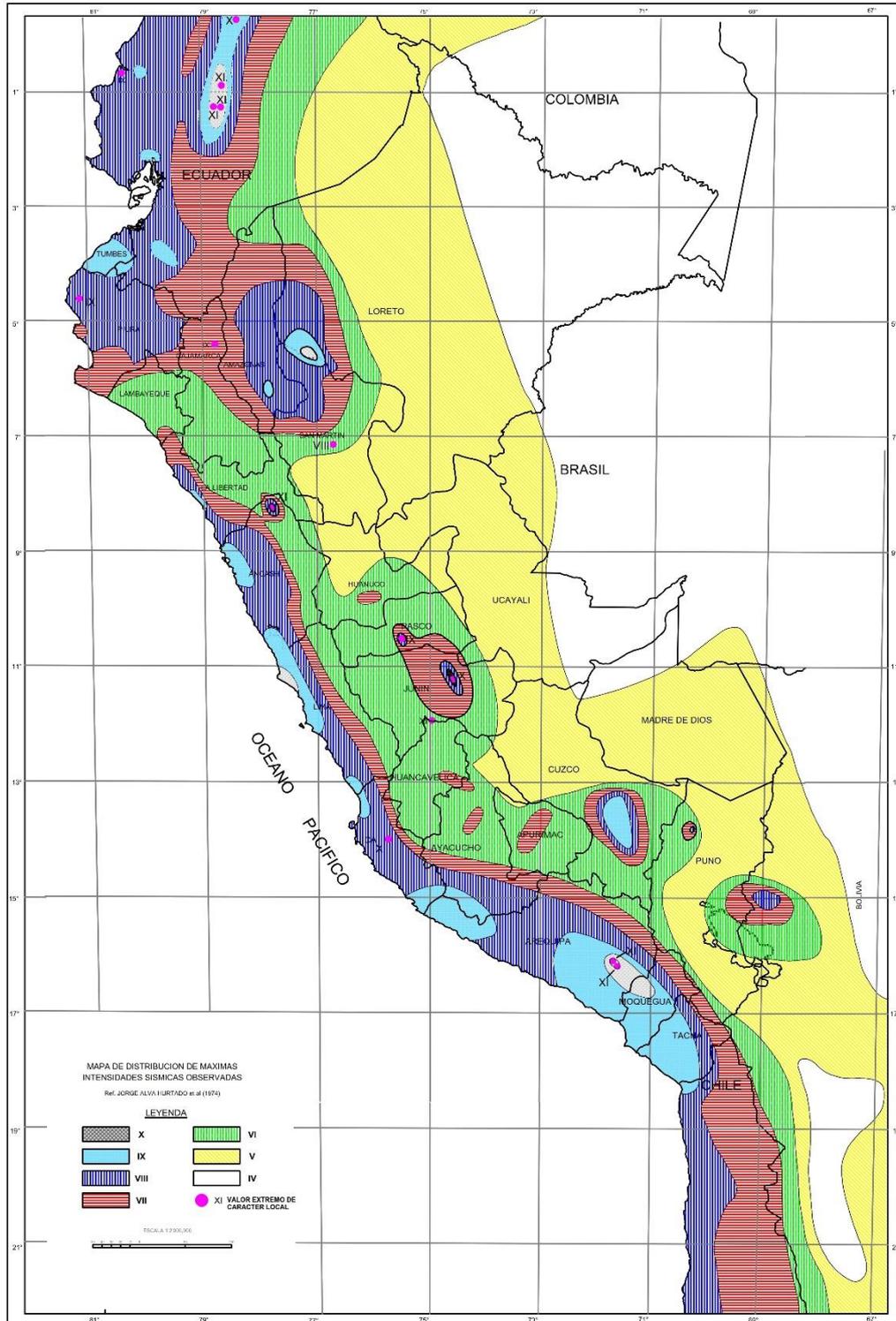
Mapa Geológico Local



Fuente: INGEMMET, 1992

**Anexo 6**

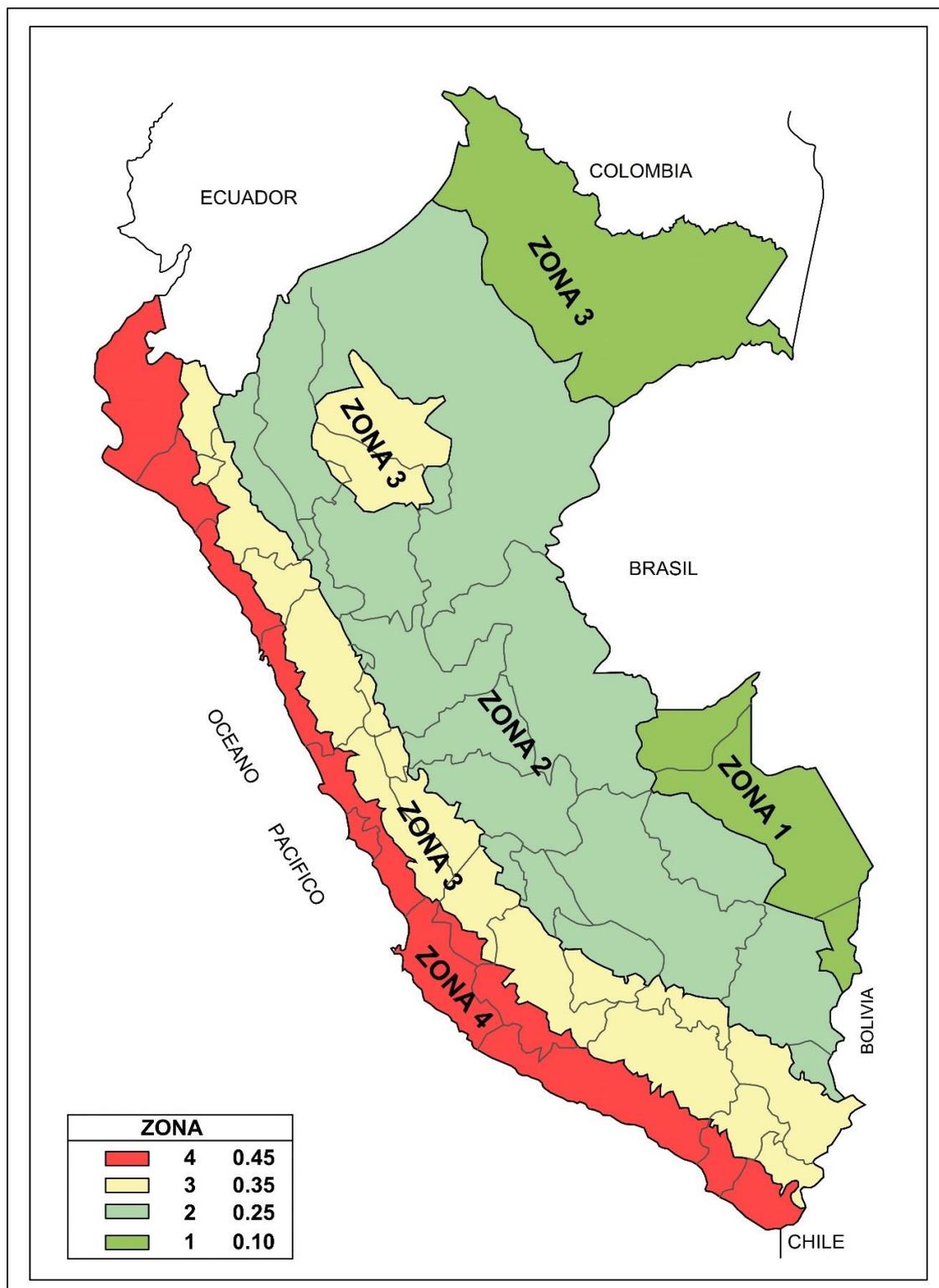
*Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas*



Fuente: Alva et al., 1984.

**Anexo 7**

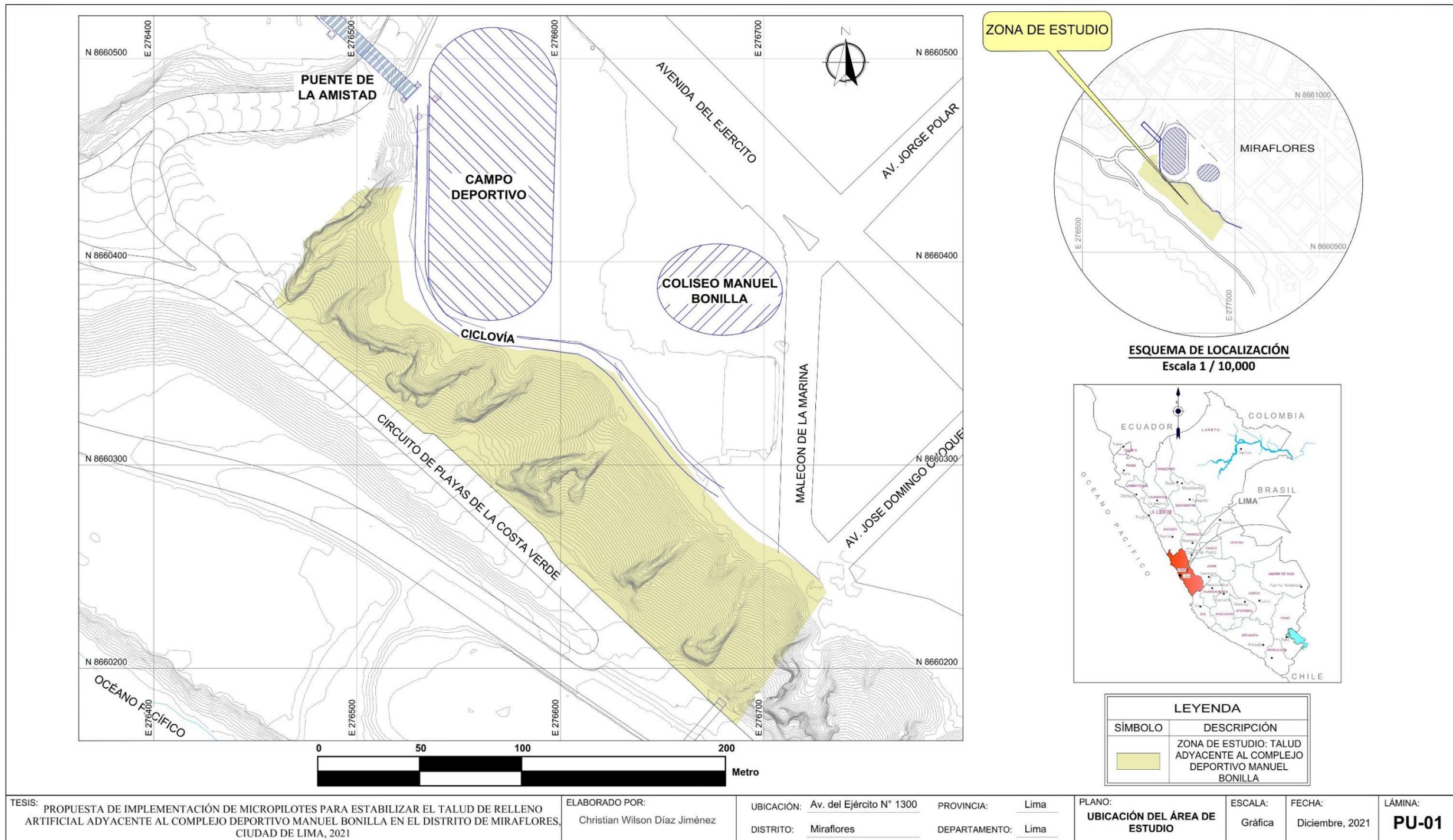
*Mapa de Zonificación Sísmica del Perú*



Fuente: RNE, 2019.

**Anexo 8**

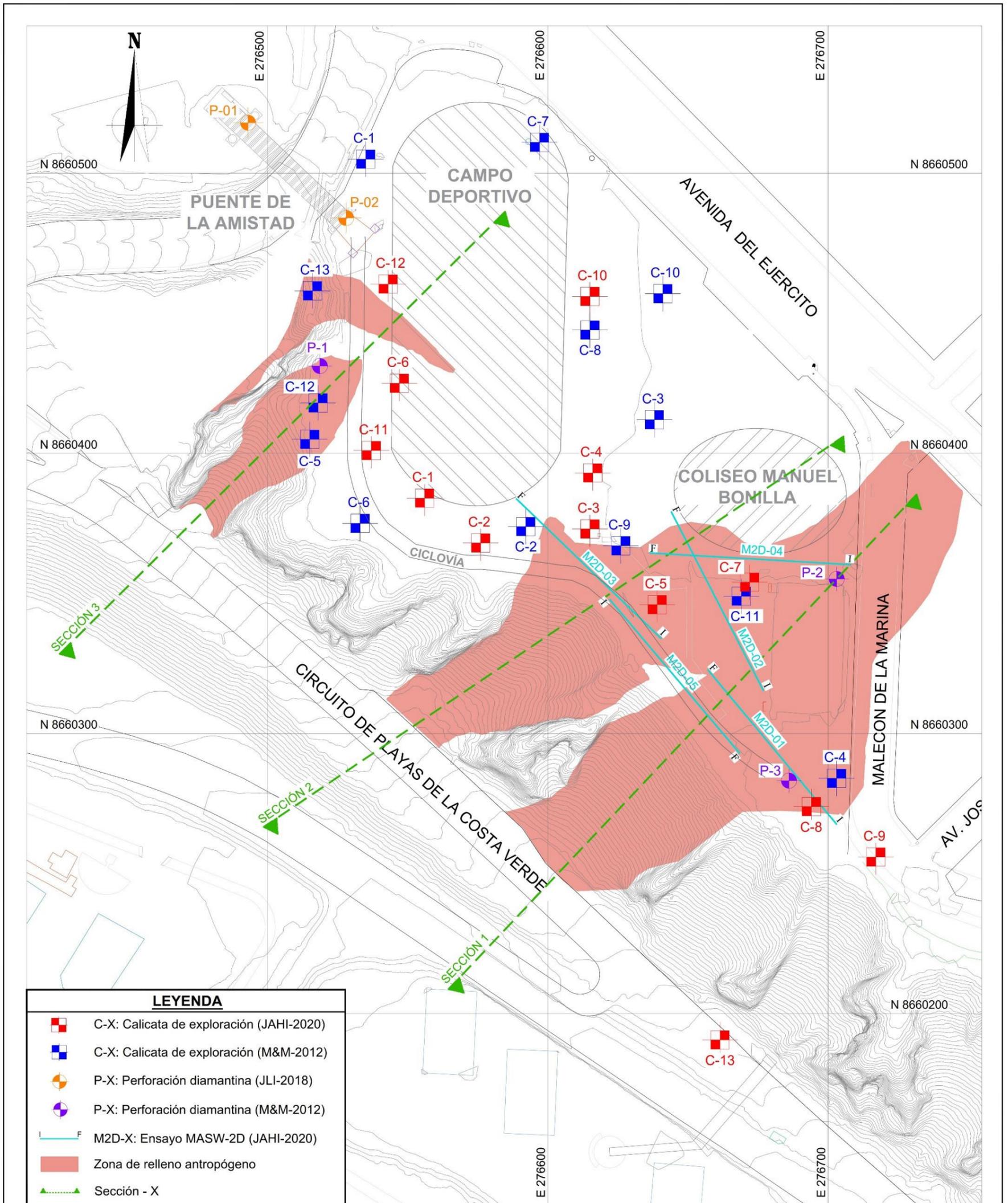
*Plano de ubicación de área de estudio*



Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 9**

Plano de ubicación de sondajes



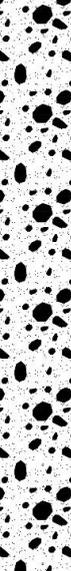
LEYENDA	
	C-X: Calicata de exploración (JAHl-2020)
	C-X: Calicata de exploración (M&M-2012)
	P-X: Perforación diamantina (JLI-2018)
	P-X: Perforación diamantina (M&M-2012)
	M2D-X: Ensayo MASW-2D (JAHl-2020)
	Zona de relleno antropógeno
	Sección - X

TESIS: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MICROPILOTES PARA ESTABILIZAR EL TALUD DE RELLENO ARTIFICIAL ADYACENTE AL COMPLEJO DEPORTIVO MANUEL BONILLA EN EL DISTRITO DE MIRAFLORES, CIUDAD DE LIMA, 2021	ELABORADO POR: Christian Wilson Díaz Jiménez	UBICACIÓN: Av. del Ejército N° 1300 DISTRITO: Miraflores	PROVINCIA: Lima DEPARTAMENTO: Lima	PLANO: <b>UBICACIÓN DE SONDAJES</b>	ESCALA: Gráfica	FECHA: Diciembre, 2021	LÁMINA: <b>PUS-01</b>
--	--	---	---------------------------------------	--	-----------------	------------------------	--------------------------

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 10

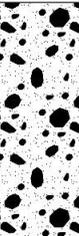
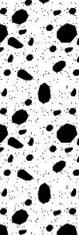
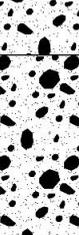
Registro de la calicata C-01 (hoja 1 de 2) del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes “Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla” – 2020

 <b>JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C.</b> <small>CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA</small>			<b>EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA</b>		<b>REGISTRO DEL SONDAJE</b>		<b>C-01</b>									
<b>SOLICITADO</b> GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.			<b>NIVEL FREÁTICO</b> No presente		<b>REGISTRO</b> J.O.R		<b>REVISADO POR</b> Ing. A. Pérez									
<b>PROYECTO</b> Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla			<b>UBICACIÓN</b> Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.		<b>FECHA</b> Diciembre - 2019		<b>ENSAYO</b>									
<b>PROFUNDIDAD</b> 10.00 m			<b>COTA RELATIVA (m s.n.m.)</b> 65.38		<b>ENSAYO</b>		<b>ENSAYO SPT / ENSAYO DPL</b>									
<b>PROF.</b> (m)	<b>CLASIFICACIÓN</b>			<b>DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>			<b>N° (GOLPES/PIE)</b>							
	<b>SUCS</b>	<b>AASHTO</b>	<b>SÍMBOLO GRÁFICO</b>			<b>W (%)</b>	<b>L.L. (%)</b>	<b>I.P (%)</b>	10	20	30	40	50	60	70	80
	R	---		0.00 - 0.50 m. Relleno compuesto por arena limosa y gravilla aislada, color beige, ligera humedad.	S/M	---	---	---								
1	SC-SM	A-4		0.50 - 2.10 m. Arena limo arcillosa con grava, color beige, ligera humedad. Constituido por: G = 19.00%, A = 32.36%, F = 48.64%.	M-1	8.60	21.38	5.02								
2																
3	GP	A-1-a		2.10 - 5.00 m. Grava pobremente gradada con arena de grano medio a grueso, de color beige, ligera humedad, compactación medianamente densa, las gravas son redondeadas TM=B". Constituido por: G = 79.14%, A = 19.47%, F = 1.40%.	M-2	1.31	NP	NP								
4																
5	GP	A-1-a		5.00 - 6.20 m. Grava pobremente gradada con arena de grano grueso, de color beige. Constituido por: G = 75.64%, A = 23.04%, F = 1.32%.	M-3	1.1	NP	NP								

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

## Anexo 11

Registro de la calicata C-01 (hoja 2 de 2) del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2020

 <b>JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C.</b> CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA			EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA		REGISTRO DEL SONDAJE		C-01									
SOLICITADO		GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.			NIVEL FREÁTICO		No presente									
PROYECTO		Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla			REGISTRO		J.O.R									
UBICACIÓN		Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.			REVISADO POR		Ing. A. Pérez									
PROFUNDIDAD		10.00 m	COTA RELATIVA (m s.n.m.)	65.38	FECHA		Diciembre - 2019									
PROF. (m)		CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			 ENSAYO SPT / ENSAYO DPL  <small>@ 0.30 m @ 0.15 m</small>							
		SÍMBOLO	SÍMBOLO GRÁFICO			W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	N° (GOLPES/PIE)							
		SUCS	AASHTO				10	20	30	40	50	60	70	80		
6	GP	A-1-a		5.00 - 6.20 m. Grava pobremente gradada con arena de grano grueso, de color beige. Constituido por: G = 75.64%, A = 23.04%, F = 1.32%.	M-3	1.1	NP	NP								
7	GP	A-1-a		6.20 - 7.70 m. Grava pobremente gradada con arena de grano grueso, de color rojizo, ligera humedad, compacidad medianamente densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas TM>10". Constituido por: G = 74.04%, A = 23.24%, F = 2.72%.	M-4	1.70	NP	NP								
8	GP	A-1-a		7.70 - 9.40 m. Grava pobremente gradada con arena de grano grueso, de color rojizo, ligera humedad, compacidad medianamente densa a densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas TM>10". Constituido por: G = 82.19%, A = 16.31%, F = 1.50%.	M-5	1.23	NP	NP								
9	GP	A-1-a		9.40 - 10.00 m. Grava pobremente gradada con arena de grano grueso, de color oscuro, ligera humedad, compacidad medianamente densa a densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas TM>10". Constituido por: G = 81.56%, A = 14.70%, F = 3.74%.	M-6	1.24	15.76	NP								
10																

Hoja 2 de 2

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

## Anexo 12

Registro de la calicata C-02 (hoja 1 de 2) del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2020

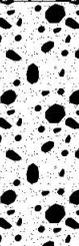
 JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C. CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTÉCNICA			EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA		REGISTRO DEL SONDAJE <b>C-02</b>											
SOLICITADO		GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.			NIVEL FREÁTICO		No presente									
PROYECTO		Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla			REGISTRO		J.O.R									
UBICACIÓN		Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.			REVISADO POR		Ing. A. Pérez									
PROFUNDIDAD		10.00 m		COTA RELATIVA (m.s.n.m.)	65.32		FECHA		Diciembre - 2019							
PROF. (m)	CLASIFICACIÓN			DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			 ENSAYO SPT / ENSAYO DPL 							
	SÍMBOLO		SÍMBOLO GRÁFICO			W (%)	L.L. (%)	I.P (%)	N° (GOLPES/PIE)							
	SUCS	AASHTO							10	20	30	40	50	60	70	80
1	R	---		0.00 - 1.70 m. Relleno compuesto por arena limosa y gravilla aislada, color beige, ligera humedad, compacidad densa, presencia de fragmentos de ladrillo, bolsas plásticas, raíces y bloques de concreto armado.	S/M	---	---	---								
2	GP	A-1-a		1.70 - 3.80 m. Grava pobremente gradada con arena de grano medio, de color marrón, ligera humedad, compacidad medianamente densa, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 80.03%, A = 19.25%, F = 0.72%.	M-1	0.50	NP	NP								
3																
4	GP	A-1-a		3.80 - 5.00 m. Grava pobremente gradada, de color beige, ligera humedad, compacidad medianamente densa. Constituido por: G = 85.34%, A = 13.94%, F = 0.72%.	M-2	0.81	NP	NP								
5	GP	A-1-a		5.00 - 7.00 m. Grava pobremente gradada con arena de grano medio, de color marrón, ligera humedad, compacidad medianamente densa. Constituido por: G = 76.68%, A = 18.87%, F = 4.45%.	M-3	1.95	NP	NP								

Hoja: 1 de 2

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

### Anexo 13

Registro de la calicata C-02 (hoja 2 de 2) del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2020

 <b>JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C.</b> CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA		EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA		REGISTRO DEL SONDAJE <b>C-02</b>																
SOLICITADO	GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.			NIVEL FREÁTICO	No presente															
PROYECTO	Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla			REGISTRO	J.O.R															
UBICACIÓN	Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.			REVISADO POR	Ing. A. Pérez															
PROFUNDIDAD	10.00 m	COTA RELATIVA (m.s.n.m.)	65.32	FECHA	Diciembre - 2019															
PROF. (m)	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			 ENSAYO SPT / ENSAYO DPL <small>g 0.30 m g 0.10 m</small>												
	SÍMBOLO	SÍMBOLO GRÁFICO			W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	N° (GOLPES/PIE)												
	SUCS	AASHTO																		
6	GP	A-1-a		5.00 - 7.00 m. Grava pobremente gradada con arena de grano medio, de color marrón, ligera humedad, compacidad medianamente densa. Constituido por: G = 76.68%, A = 18.87%, F = 4.45%.	M-3	1.95	NP	NP												
7																				
8	GP	A-1-a		7.00 - 8.80 m. Grava pobremente gradada con arena de grano grueso, de color rojizo, ligera humedad, compacidad muy densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas TM>10". Constituido por: G = 79.95%, A = 17.03%, F = 3.01%.	M-4	1.35	NP	NP												
9																				
10	GP	A-1-a		8.80 - 10.00 m. Grava pobremente gradada con arena de grano grueso, de color rojizo, ligera humedad, compacidad densa, las gravas son redondeadas TM=4". Constituido por: G = 81.21%, A = 16.18%, F = 2.61%.	M-5	1.31	NP	NP												

Hoja: 2 de 2

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

## Anexo 14

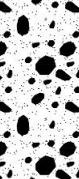
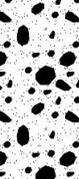
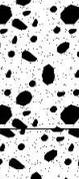
Registro de la calicata C-03 (hoja 1 de 2) del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2020

 JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C. CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA			EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA		REGISTRO DEL SONDAJE		C-03								
SOLICITADO		GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.			NIVEL FREÁTICO		No presente								
PROYECTO		Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla			REGISTRO		J.O.R								
UBICACIÓN		Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.			REVISADO POR		Ing. A. Pérez								
PROFUNDIDAD		10.00 m	COTA RELATIVA (m.s.n.m.)	65.78	FECHA		Diciembre - 2019								
PROF. (m)		CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA		 ENSAYO SPT / ENSAYO DPL 							
		SÍMBOLO	SÍMBOLO GRÁFICO			W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	N° (GOLPES/PIE)						
		SUCS	AASHTO					10	20	30	40	50	60	70	80
1															
2	R	---		0.00 - 3.60 m. Relleno compuesto por arena, presencia de fragmentos de telas, bloques de muro, vidrio, raíces.	S/M	---	---	---							
3															
4	GP	A-1-a		3.60 - 5.90 m. Grava pobremente gradada con arena, color gris, ligera humedad, compacidad suelta a medianamente densa. Constituido por: G = 80.48%, A = 19.23%, F = 0.29%.	M-1	0.71	NP	NP							
5															

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

## Anexo 15

Registro de la calicata C-03 (hoja 2 de 2) del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2020

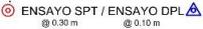
 <b>JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C.</b> <small>CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA</small>			EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA		REGISTRO DEL SONDAJE		<b>C-03</b>												
SOLICITADO		GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.			NIVEL FREÁTICO		No presente												
PROYECTO		Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla			REGISTRO		J.O.R												
UBICACIÓN		Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.			REVISADO POR		Ing. A. Pérez												
PROFUNDIDAD		10.00 m		COTA RELATIVA (m.s.n.m.)	65.78		FECHA		Diciembre - 2019										
PROF. (m)	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			 <small>@ 0.30 m @ 0.10 m</small>											
	SUCS	AASHTO			SÍMBOLO GRÁFICO	W (%)	L.L. (%)	I.P (%)	N° (GOLPES/PIE)										
									10	20	30	40	50	60	70	80			
6	GP	A-1-a		3.60 - 5.90 m. Grava pobremente gradada con arena, color gris, ligera humedad, compactad suelta a medianamente densa. Constituido por: G = 80.48%, A = 19.23%, F = 0.29%.	M-1	0.71	NP	NP											
7	GP	A-1-a		5.90 - 8.40 m. Grava pobremente gradada con arena de grano grueso, de color rojizo, ligera humedad, compactad medianamente densa a densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 79.37%, A = 18.25%, F = 2.38%.	M-2	1.24	NP	NP											
8	GP	A-1-a		8.40 - 8.70 m. Grava pobremente gradada con arena, de color rojizo, ligera humedad, compactad densa, presencia de bolonería TM>10". Constituido por: G = 80.73%, A = 17.70%, F = 1.56%.	M-3	1.47	NP	NP											
9	GP	A-1-a		8.70 - 9.40 m. Grava pobremente gradada con arena de grano medio, de color rojizo, ligera humedad, compactad densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas TM>10". Constituido por: G = 80.99%, A = 16.70%, F = 2.31%.	M-4	1.23	NP	NP											
10	GP	A-1-a		9.40 - 10.00 m. Grava pobremente gradada con arena de grano medio, de color rojizo, ligera humedad, compactad densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas TM>10". Constituido por: G = 79.50%, A = 18.56%, F = 1.94%.	M-5	1.07	NP	NP											

Hoja: 2 de 2

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

## Anexo 16

Registro de la calicata C-04 (hoja 1 de 2) del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2020

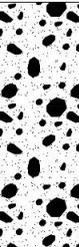
 <b>JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C.</b> <small>CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA</small>		<b>EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA</b>		<b>REGISTRO DEL SONDAJE</b>		<b>C-04</b>												
<b>SOLICITADO</b>		GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.		<b>NIVEL FREÁTICO</b>		No presente												
<b>PROYECTO</b>		Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla		<b>REGISTRO</b>		J.O.R												
<b>UBICACIÓN</b>		Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.		<b>REVISADO POR</b>		Ing. A. Pérez												
<b>PROFUNDIDAD</b>		10.00 m	COTA RELATIVA (m.s.n.m.)	<b>FECHA</b>		Diciembre - 2019												
			65.95	<b>ENSAYO</b>														
<b>PROF.</b> (m)	<b>CLASIFICACIÓN</b>		<b>DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>													
	<b>SÍMBOLO SUCS</b>	<b>SÍMBOLO AASHTO</b>			<b>SÍMBOLO GRÁFICO</b>	<b>W (%)</b>	<b>L.L. (%)</b>	<b>I.P (%)</b>	<b>N° (GOLPES/PIE)</b> <small>@ 0.30 m @ 0.10 m</small>									
1	R	---		0.00 - 1.70 m. Relleno compuesto por arena limosa y gravilla, color beige, seco, denso, presencia de fragmentos de ladrillo.	S/M	---	---	---										
2	GP	A-1-a		1.70 - 3.60 m. Grava pobremente gradada con arena de grano medio, de color gris, seco, compacidad suave a medianamente densa, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 77.46%, A = 21.53%, F = 1.01%.	M-1	1.02	NP	NP										
3	GP	A-1-a		3.60 - 5.00 m. Grava pobremente gradada con arena de grano medio, de color beige, ligera humedad, compacidad medianamente densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 76.02%, A = 22.72%, F = 1.26%.	M-2	1.05	NP	NP										
4	GP	A-1-a		5.00 - 7.00 m. Grava pobremente gradada con arena de grano fino a medio, de color rojizo, ligera humedad, compacidad medianamente densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 75.55%, A = 22.16%, F = 2.29%.	M-3	1.62	NP	NP										
5	GP	A-1-a																

Hoja: 1 de 2

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

Anexo 17

Registro de la calicata C-04 (hoja 2 de 2) del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2020

 <b>JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C.</b> <small>CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA</small>		<b>EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA</b>		<b>REGISTRO DEL SONDAJE</b>		<b>C-04</b>				
<b>SOLICITADO</b>		GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.		<b>NIVEL FREÁTICO</b>		No presente				
<b>PROYECTO</b>		Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla		<b>REGISTRO</b>		J.O.R				
<b>UBICACIÓN</b>		Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.		<b>REVISADO POR</b>		Ing. A. Pérez				
<b>PROFUNDIDAD</b>		10.00 m	COTA RELATIVA (m.s.n.m.)	<b>FECHA</b>		Diciembre - 2019				
<b>PROF. (m)</b>		<b>CLASIFICACIÓN</b>		<b>DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL</b>		<b>MUESTRA</b>		<b>ENSAYO</b>		
<b>SÍMBOLO</b>		<b>SÍMBOLO GRÁFICO</b>		<b>W (%)</b>		<b>L.L. (%)</b>		<b>I.P. (%)</b>		
<b>SUCS</b>		<b>AASHTO</b>		<b>N° (GOLPES/PIE)</b>		<b>10</b>		<b>20 30 40 50 60 70 80</b>		
6	GP	A-1-a		5.00 - 7.00 m. Grava pobremente gradada con arena de grano fino a medio, de color rojizo, ligera humedad, compacidad medianamente densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 75.55%, A = 22.16%, F = 2.29%.	M-3	1.62	NP	NP		
7	GP	A-1-a		7.00 - 8.00 m. Grava pobremente gradada con arena de grano medio, de color rojizo, ligera humedad, compacidad medianamente densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas TM=5". Constituido por: G = 72.98%, A = 23.79%, F = 3.24%.	M-4	1.66	NP	NP		
8	GP	A-1-a		8.40 - 10.00 m. Grava pobremente gradada con arena de grano medio, de color rojizo, ligera humedad, compacidad muy densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas TM=5". Constituido por: G = 77.02%, A = 21.46%, F = 1.52%.	M-5	1.26	NP	NP		
9										
10										

Hoja: 2 de 2

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

## Anexo 18

Registro de la calicata C-05 (hoja 1 de 2) del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2020

 JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C. CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA			EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA			REGISTRO DEL SONDAJE		C-05											
SOLICITADO			GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.			NIVEL FREÁTICO		No presente											
PROYECTO			Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla			REGISTRO		J.O.R											
UBICACIÓN			Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.			REVISADO POR		Ing. A. Pérez											
PROFUNDIDAD			10.00 m		COTA RELATIVA (m.s.n.m.)	65.64		FECHA		Diciembre - 2019									
PROF. (m)	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			 ENSAYO SPT / ENSAYO DPL @ 0.30 m @ 0.10 m											
	SÍMBOLO				W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	N° (GOLPES/PIE)											
	SUCS	AASHTO						SÍMBOLO GRÁFICO	10	20	30	40	50	60	70	80			
1	R	---	0.00 - 3.00 m. Relleno compuesto por arena limosa y grava, color marrón, ligera humedad, con presencia de restos de ladrillo, plástico, vidrio, bloques de concreto, trozos de mayólica, tecnopor, acero oxidado y trozos de tubo de PVC.	S/M	---	---	---												
2																			
3																			
4	R	---	3.00 - 5.00 m. Relleno compuesto por arena limosa y grava, color marrón, ligera humedad, con presencia de bloques de ladrillo, trozos de vidrio, bloques de concreto armado.	S/M	---	---	---												
5	R	---	5.00 - 10.00 m. Relleno compuesto por arena limosa y grava, color marrón, húmedo, con presencia de restos de ladrillo.	S/M	---	---	---												

Hoja: 1 de 2

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

**Anexo 19**

Registro de la calicata C-05 (hoja 2 de 2) del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes “Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla” - 2020

 <b>JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C.</b> <small>CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA</small>			EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA		REGISTRO DEL SONDAJE		<b>C-05</b>								
SOLICITADO		GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.			NIVEL FREÁTICO		No presente								
PROYECTO		Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla			REGISTRO		J.O.R								
UBICACIÓN		Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.			REVISADO POR		Ing. A. Pérez								
PROFUNDIDAD		10.00 m	COTA RELATIVA (m.s.n.m.)	65.64	FECHA		Diciembre - 2019								
PROF. (m)		CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA		 ENSAYO SPT / ENSAYO DPL  <small>@ 0.30 m @ 0.10 m</small>							
		SÍMBOLO SUCS	SÍMBOLO AASHTO			SÍMBOLO GRÁFICO	W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	N° (GOLPES/PIE)					
								10	20	30	40	50	60	70	80
6															
7															
8		R	---		5.00 - 10.00 m. Relleno compuesto por arena limosa y grava, color marrón, húmedo, con presencia de restos de ladrillo.	S/M	---	---	---						
9															
10															

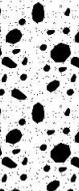
Hoja: 2 de 2

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.



## Anexo 21

Registro de la calicata C-06 (hoja 2 de 2) del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2020

 <b>JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C.</b> CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA			EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA		REGISTRO DEL SONDAJE		<b>C-06</b>												
SOLICITADO		GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.			NIVEL FREÁTICO		No presente												
PROYECTO		Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla			REGISTRO		J.O.R												
UBICACIÓN		Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.			REVISADO POR		Ing. A. Pérez												
PROFUNDIDAD		10.00 m	COTA RELATIVA (m.s.n.m.)	65.29	FECHA		Diciembre - 2019												
PROF. (m)	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			 ENSAYO SPT / ENSAYO DPL <small>@ 0.30 m @ 0.10 m</small>											
	SÍMBOLO				W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	N° (GOLPES/PIE)											
	SUCS	AASHTO						SÍMBOLO GRÁFICO	10	20	30	40	50	60	70	80			
6	GW	A-1-a		4.90 - 6.20 m. Grava bien gradada con arena de grano fino, de color beige, húmedo, compacidad medianamente densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 70.49%, A = 27.50%, F = 2.01%.	M-4	1.98	NP	NP											
7	GP	A-1-a		6.20 - 8.00 m. Grava pobremente gradada con arena de grano fino y presencia de arcilla limosa, de color marrón, muy húmedo, compacidad medianamente densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 77.32%, A = 18.98%, F = 3.70%.	M-5	1.74	NP	NP											
8	GP	A-1-a		8.00 - 9.00 m. Grava pobremente gradada con arena de grano fino y presencia de arcilla limosa, de color rojizo, muy húmedo, compacidad medianamente densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 78.87%, A = 18.52%, F = 2.61%.	M-6	1.78	17.88	NP											
9	GP	A-1-a		9.00 - 9.50 m. Grava pobremente gradada con arena de grano fino y presencia de arcilla limosa, de color rojizo, muy húmedo, compacidad medianamente densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 62.94%, A = 34.43%, F = 2.63%.	M-7	1.83	NP	NP											
10																			

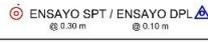
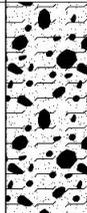
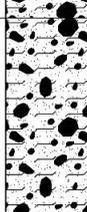
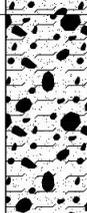
Hoja: 2 de 2

Fuente: Jorge

E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

## Anexo 22

Registro de la calicata C-07 (hoja 1 de 2) del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes “Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla” - 2020

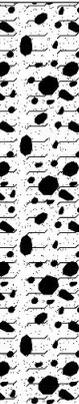
 JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C. CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA			EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA		REGISTRO DEL SONDAJE		C-07											
SOLICITADO		GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.			NIVEL FREÁTICO		No presente											
PROYECTO		Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla			REGISTRO		J.O.R											
UBICACIÓN		Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.			REVISADO POR		Ing. A. Pérez											
PROFUNDIDAD		7.00 m	COTA RELATIVA (m.s.n.m.)	66.00	FECHA		Diciembre - 2019											
PROF. (m)	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			 ENSAYO SPT / ENSAYO DPL										
	SÍMBOLO				W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	N° (GOLPES/PIE)										
	SUCS	AASHTO						SÍMBOLO GRÁFICO	10	20	30	40	50	60	70	80		
1	R	---		0.00 - 1.80 m. Relleno conformado por grava pobremente gradada con arena, de color marrón, húmedo, compacidad suelta, presencia de trozos de plástico, restos de ladrillo y cerámico.	S/M	---	---	---										
2	R	---		1.80 - 3.50 m. Relleno conformado por grava pobremente gradada con arena, de color marrón, húmedo, compacidad suelta, presencia de fragmentos de ladrillo.	S/M	---	---	---										
3	R	---		3.50 - 4.50 m. Relleno conformado por grava pobremente gradada con arena, de color marrón, húmedo, compacidad muy suelta, presencia de fragmentos de ladrillo de 4".	S/M	---	---	---										
4	R	---		4.50 - 7.00 m. Relleno conformado por grava pobremente gradada con arena, de color marrón, húmedo, compacidad muy suelta, presencia de fragmentos de ladrillo.	S/M	---	---	---										

Hoja: 1 de 2

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

### Anexo 23

Registro de la calicata C-07 (hoja 2 de 2) del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes “Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla” - 2020

 <b>JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C.</b> <small>CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA</small>			EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA		REGISTRO DEL SONDAJE <b>C-07</b>										
SOLICITADO		GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.			NIVEL FREÁTICO		No presente								
PROYECTO		Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla			REGISTRO		J.O.R								
UBICACIÓN		Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.			REVISADO POR		Ing. A. Pérez								
PROFUNDIDAD		10.00 m		COTA RELATIVA (m.s.n.m.)	66.00		FECHA		Diciembre - 2019						
PROF. (m)		CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			 ENSAYO SPT / ENSAYO DPL <small>@ 0.30 m @ 0.10 m</small>						
		SÍMBOLO				W (%)	L.L. (%)	I.P (%)	N° (GOLPES/PIE)						
		SUCS	AASHTO	SÍMBOLO GRÁFICO				10	20	30	40	50	60	70	80
6		R	---		4.50 - 7.00 m. Relleno conformado por grava pobremente gradada con arena, de color marrón, húmedo, compactación muy suelta, presencia de fragmentos de ladrillo.	S/M	---	---	---						
7					NOTA: Se paralizó la excavación porque las paredes de la calicata estaban inestables, produciéndose derrumbos.										
8															
9															
10															

Hoja: 2 de 2

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

## Anexo 24

Registro de la calicata C-08 (hoja 1 de 2) del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2020

 <b>JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C.</b> <small>CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA</small>			<b>EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA</b>		<b>REGISTRO DEL SONDAJE</b>		<b>C-08</b>											
SOLICITADO		GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.			NIVEL FREÁTICO		No presente											
PROYECTO		Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla			REGISTRO		J.O.R											
UBICACIÓN		Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.			REVISADO POR		Ing. A. Pérez											
PROFUNDIDAD		10.00 m	COTA RELATIVA (m.s.n.m.)	66.41	FECHA		Diciembre - 2019											
PROF. (m)	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			 <small>⊙ 0.30 m    ⊙ 0.10 m</small>										
	SÍMBOLO				W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	N° (GOLPES/PIE)										
	SUCS	AASHTO						SÍMBOLO GRÁFICO	10	20	30	40	50	60	70	80		
1																		
2	R	---	 0.00 - 4.00 m. Relleno compuesto por arena limosa y grava aislada, color marrón, ligera humedad, presencia de fragmentos de ladrillo y plástico.	S/M	---	---	---											
3																		
4	R	---	4.00 - 4.50 m. Relleno compuesto por arena limosa con grava aislada, color marrón oscuro, húmedo, compacidad suelta, presencia de bloques de concreto, desecho de asfalto.	S/M	---	---	---											
5	R	---	4.50 - 5.20 m. Relleno compuesto por arena limosa con gravilla aislada, de color beige, ligera humedad, compacidad suelta, presencia de fragmentos de ladrillo.	S/M	---	---	---											
	GP	A-1-a	5.20 - 6.50 m. Grava pobremente gradada con arena de grano fino, de color gris, ligera humedad, compacidad medianamente densa, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 78.29%, A = 19.53%, F = 2.19%.	M-1	1.26	NP	NP											

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

## Anexo 25

Registro de la calicata C-08 (hoja 2 de 2) del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2020

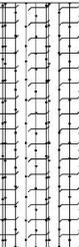
 <b>JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C.</b> CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA			EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA		REGISTRO DEL SONDAJE		C-08								
SOLICITADO			GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.		NIVEL FREÁTICO		No presente								
PROYECTO			Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla		REGISTRO		J.O.R								
UBICACIÓN			Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.		REVISADO POR		Ing. A. Pérez								
PROFUNDIDAD			10.00 m	COTA RELATIVA (m.s.n.m.)	66.41		FECHA		Diciembre - 2019						
PROF. (m)	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			 ENSAYO SPT / ENSAYO DPL							
	SÍMBOLO SUCS	SÍMBOLO AASHTO			SÍMBOLO GRÁFICO	W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	N° (GOLPES/PIE)						
								10	20	30	40	50	60	70	80
6	GP	A-1-a		5.20 - 6.50 m. Grava pobremente gradada con arena de grano fino, de color gris, ligera humedad, compacidad medianamente densa, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 78.29%, A = 19.53%, F = 2.19%.	M-1	1.26	NP	NP							
7	GP-GM	A-1-a		6.50 - 8.00 m. Grava pobremente gradada con limo y arena de grano fino a medio, de color marrón, ligera humedad, compacidad medianamente densa. Constituido por: G = 55.36%, A = 36.85%, F = 7.79%.	M-2	2.74	18.04	NP							
8															
9	GW	A-1-a		8.00 - 10.00 m. Grava bien gradada con arena de grano fino a medio, de color marrón, ligera humedad, compacidad medianamente densa, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 73.06%, A = 25.07%, F = 1.87%.	M-3	1.48	NP	NP							
10															

Hoja: 2 de 2

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

## Anexo 26

Registro de la calicata C-09 (hoja 1 de 2) del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2020

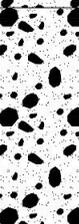
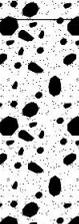
 JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C. CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA			EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA			REGISTRO DEL SONDAJE		C-09							
SOLICITADO		GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.			NIVEL FREÁTICO		No presente								
PROYECTO		Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla			REGISTRO		J.O.R								
UBICACIÓN		Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.			REVISADO POR		Ing. A. Pérez								
PROFUNDIDAD		10.00 m	COTA RELATIVA (m.s.n.m.)	66.80	FECHA		Diciembre - 2019								
PROF. (m)	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			ENSAYO SPT / ENSAYO DPL @ 0.30 m @ 0.10 m							
	SUCS	AASHTO			SÍMBOLO GRÁFICO	W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	N° (GOLPES/PIE)						
								10	20	30	40	50	60	70	80
1	R	---		0.00 - 2.40 m. Relleno compuesto por arena limosa y grava aislada, color marrón, ligera humedad.	S/M	---	---	---							
2															
3	GP	A-1-a		2.40 - 3.90 m. Grava pobremente gradada con arena, de color gris, ligera humedad, compacidad medianamente densa, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 76.21%, A = 21.78%, F = 2.01%.	M-1	1.04	NP	NP							
4	GP	A-1-a		3.90 - 5.00 m. Grava pobremente gradada con arena, de color gris, ligera humedad, compacidad medianamente densa, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 75.32%, A = 21.93%, F = 2.75%.	M-2	1.31	NP	NP							
5	GP	A-1-a		5.00 - 6.80 m. Grava pobremente gradada con arena, de color gris, ligera humedad, compacidad medianamente densa, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 78.58%, A = 19.90%, F = 1.51%.	M-3	1.26	NP	NP							

Hoja: 1 de 2

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

## Anexo 27

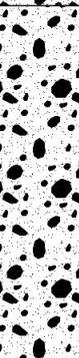
Registro de la calicata C-09 (hoja 2 de 2) del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2020

 <b>JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C.</b> CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA			EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA		REGISTRO DEL SONDAJE		C-09												
SOLICITADO		GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.			NIVEL FREÁTICO		No presente												
PROYECTO		Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla			REGISTRO		J.O.R												
UBICACIÓN		Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.			REVISADO POR		Ing. A. Pérez												
PROFUNDIDAD		10.00 m	COTA RELATIVA (m.s.n.m.)	66.80	FECHA		Diciembre - 2019												
PROF. (m)	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			 ENSAYO SPT / ENSAYO DPL <small>@ 0.30 m. @ 0.10 m.</small>											
	SÍMBOLO				W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	N° (GOLPES/PIE)											
	SUCS	AASHTO						SÍMBOLO GRÁFICO	10	20	30	40	50	60	70	80			
6	GP	A-1-a	 <p>5.00 - 6.80 m. Grava pobremente gradada con arena, de color gris, ligera humedad, compacidad medianamente densa, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 78.58%, A = 19.90%, F = 1.51%.</p>	M-3	1.26	NP	NP												
7	GP	A-1-a	 <p>6.80 - 8.30 m. Grava pobremente gradada con arena, de color gris, ligera humedad, compacidad medianamente densa, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 76.63%, A = 20.57%, F = 2.80%.</p>	M-4	1.61	NP	NP												
8	GP	A-1-a	 <p>8.30 - 10.00 m. Grava pobremente gradada con arena, de color gris, ligera humedad, compacidad medianamente densa, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 78.05%, A = 18.74%, F = 3.21%.</p>	M-5	1.58	NP	NP												
9	GP	A-1-a																	
10																			

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

## Anexo 28

Registro de la calicata C-10 del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2020

 <b>JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C.</b> <small>CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA</small>			<b>EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA</b>		<b>REGISTRO DEL SONDAJE</b>		<b>C-10</b>											
<b>SOLICITADO</b>		GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.			<b>NIVEL FREÁTICO</b>		No presente											
<b>PROYECTO</b>		Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla			<b>REGISTRO</b>		J.O.R											
<b>UBICACIÓN</b>		Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.			<b>REVISADO POR</b>		Ing. A. Pérez											
<b>PROFUNDIDAD</b>		5.00 m	COTA RELATIVA (m.s.n.m.)		<b>FECHA</b>		Diciembre - 2019											
			65.83		<b>ENSAYO</b>		 <small>⊗ 0.30 m      ⊗ 0.10 m</small>											
<b>PROF.</b> (m)	<b>CLASIFICACIÓN</b>		<b>DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>			<b>N° (GOLPES/PIE)</b>										
	<b>SÍMBOLO SUCS</b>	<b>SÍMBOLO AASHTO</b>			<b>SÍMBOLO GRÁFICO</b>	<b>W (%)</b>	<b>L.L. (%)</b>	<b>I.P (%)</b>	10	20	30	40	50	60	70	80		
1	R	---		0.00 - 1.40 m. Relleno compuesto por piedra chancada y arena medianamente densa con trozos de ladrillo, seco, compacidad suelta.	S/M	---	---	---										
2	GP	A-1-a		1.40 - 2.90 m. Grava pobremente gradada con arena, de color gris, ligeramente húmedo, compacidad suelta, las gravas son redondeadas. TM=5° Constituido por: G = 79.91%, A = 18.89%, F = 1.20%.	M-1	0.53	NP	NP										
3	GP	A-1-a		2.90 - 4.70 m. Grava pobremente gradada con arena, de color gris, ligera humedad, compacidad suelta, las gravas son redondeadas. TM=10°. Constituido por: G = 78.78%, A = 20.73%, F = 0.49%.	M-2	1.04	NP	NP										
4	GP	A-1-a		4.70 - 5.00 m. Grava pobremente gradada, de color beige, húmedo, compacidad suelta, presencia de bolonería y un lente de arcilla limosa (CL) de 5.00 cm a 4.85 m, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 82.50%, A = 14.75%, F = 2.75%.	M-3	2.06	NP	NP										

Hoja: 1 de 1

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

**Anexo 29**

*Registro de la calicata C-11 del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2020*

 <b>JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C.</b> <small>CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA</small>			<b>EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA</b>		<b>REGISTRO DEL SONDAJE</b>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; font-size: 24px; font-weight: bold;">C-11</div>													
SOLICITADO		GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.			NIVEL FREÁTICO		No presente													
PROYECTO		Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla			REGISTRO		J.O.R													
UBICACIÓN		Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.			REVISADO POR		Ing. A. Pérez													
PROFUNDIDAD		5.00 m	COTA RELATIVA (m.s.n.m.)	65.18	FECHA		Diciembre - 2019													
PROF. (m)	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			 ENSAYO SPT / ENSAYO DPL 												
	SÍMBOLO				W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	N° (GOLPES/PIE)												
	SUCS	AASHTO						SÍMBOLO GRÁFICO	10	20	30	40	50	60	70	80				
1	R	---		0.00 - 1.60 m. Relleno compuesto por una capa superficial de 30 cm de material de afirmado, seguido por relleno de grava pobremente gradada conformado por cantos rodados de TM=4", fragmentos de ladrillo y bolsas, ligeramente húmedo, compacidad suelta.	S/M	---	---	---												
2	GP	A-1-a		1.60 - 3.40 m. Grava pobremente gradada con arena de grano fino a medio, de color gris, húmedo, compacidad suelta, las gravas son redondeadas. TM=3" Constituido por: G = 85.57%, A = 14.20%, F = 0.22%.	M-1	0.76	NP	NP												
3	ML	A-4		3.40 - 3.60 m. Limo de baja plasticidad con arena, de color beige, húmedo, compacidad suelta. Constituido por: G = 00.00%, A = 29.12%, F = 70.88%.	M-2	12.28	26.02	NP												
4	GP	A-1-a		3.60 - 4.20 m. Grava pobremente gradada con arena, de color beige, húmedo, compacidad suelta, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 81.43%, A = 17.12%, F = 1.45%.	M-3	1.42	NP	NP												
5	GP	A-1-a		4.20 - 5.00 m. Grava pobremente gradada con arena, de color beige, húmedo, compacidad suelta, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 75.58%, A = 23.85%, F = 0.57%.	M-4	1.12	NP	NP												

Hoja: 1 de 1

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

### Anexo 30

Registro de la calicata C-12 del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2020

 <b>JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C.</b> <small>CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA</small>			EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA		REGISTRO DEL SONDAJE		<b>C-12</b>								
SOLICITADO		GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.			NIVEL FREÁTICO		No presente								
PROYECTO		Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla			REGISTRO		J.O.R								
UBICACIÓN		Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.			REVISADO POR		Ing. A. Pérez								
PROFUNDIDAD		5.00 m	COTA RELATIVA (m.s.n.m.)	65.16	FECHA		Diciembre - 2019								
PROF. (m)	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			 <small>⊗ 0.30 m    ⊗ 0.10 m</small>							
	SUCS	AASHTO			SÍMBOLO GRÁFICO	W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	N° (GOLPES/PIE)						
								10	20	30	40	50	60	70	80
	R	---		0.00 - 0.45 m. Relleno compuesto por arcilla limosa con arena, de color beige, húmedo, compacidad muy suelta, presencia de fragmentos de ladrillo.	S/M	---	---	---							
1	ML	---		0.45 - 1.70 m. Limo de baja plasticidad con grava aislada, de color beige, húmedo, compacidad suelta, presencia de raíces. Constituido por: G = 00.00%, A = 10.73%, F = 89.27%.	M-1	22.10	26.00	NP							
2	GP	A-1-a		1.70 - 3.00 m. Grava pobremente gradada con arena, de color beige, húmedo, compacidad medianamente densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas. TM=4° Constituido por: G = 83.24%, A = 15.20%, F = 1.56%.	M-2	1.41	NP	NP							
3	GP	A-1-a		3.00 - 4.00 m. Grava bien gradada con arena de grano fino, de color beige, húmedo, compacidad medianamente densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 84.98%, A = 13.64%, F = 1.38%.	M-3	1.19	NP	NP							
4	GP	A-1-a		4.00 - 5.00 m. Grava bien gradada con arena, de color beige, húmedo, compacidad medianamente densa, presencia de bolonería, las gravas son redondeadas. Constituido por: G = 72.24%, A = 25.55%, F = 2.21%.	M-4	2.09	NP	NP							
5															

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

### Anexo 31

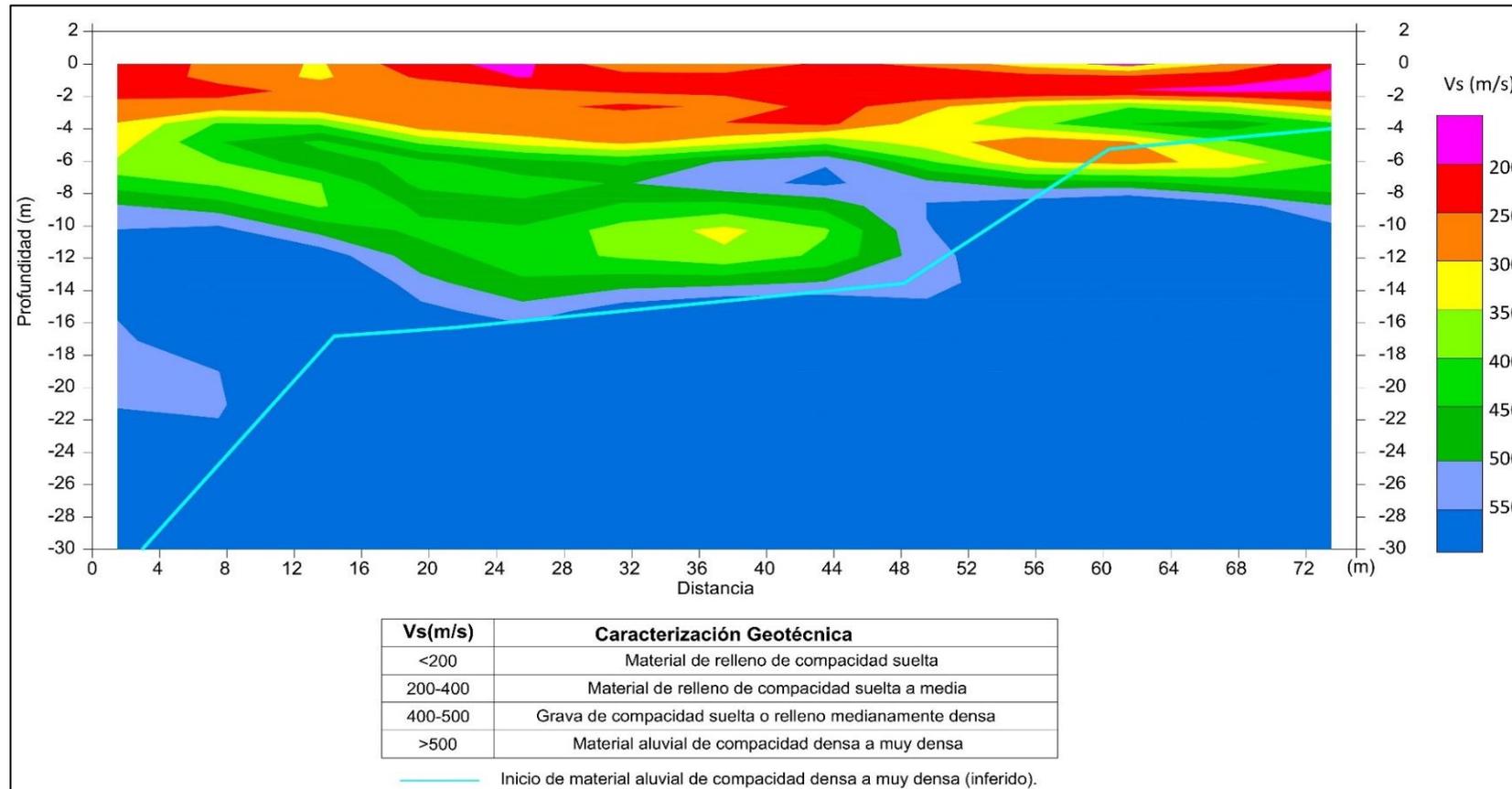
Registro de sondaje de la calicata C-13 del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" -2020

 JORGE E. ALVA HURTADO INGENIEROS S.A.C. CONSULTOR EN INGENIERIA GEOTECNICA			EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA		REGISTRO DEL SONDAJE		C-13														
SOLICITADO		GALLEGOS CASABONNE ARANGO QUESADA INGENIEROS CIVILES S.A.C.			NIVEL FREÁTICO		No presente														
PROYECTO		Estudio de Mecánica de Suelos con fines de Cimentación y Análisis de Estabilidad de Taludes del Proyecto Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla			REGISTRO		J.O.R														
UBICACIÓN		Av. del Ejército N°1300, distrito de Miraflores, prov. y dpto. de Lima.			REVISADO POR		Ing. A. Pérez														
PROFUNDIDAD		4.50 m		COTA RELATIVA (m.s.n.m.)	14.66		FECHA		Enero - 2020												
PROF. (m)	CLASIFICACIÓN			DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LÍMITES DE CONSISTENCIA			ENSAYO SPT / ENSAYO DPL @ 0.30 m      @ 0.10 m												
	SÍMBOLO		SÍMBOLO GRÁFICO			W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	N° (GOLPES/PIE)												
	SUCS	AASHTO							10	20	30	40	50	60	70	80					
1	R	---		0.00 - 2.00 m. Relleno compuesto por grava limosa, de color beige, ligeramente húmedo, compactación suelta, presencia de bolsas de plástico, telas, muro de ladrillo, ladrillos sueltos, papelería, botellas de plástico, bloques de concreto, llanta de caucho, bolonería.	S/M	---	---	---													
2																					
3	R	---		2.00 - 4.50 m. Relleno compuesto por arena limosa con grava aislada, de color beige, ligeramente húmedo, compactación muy suelta, presencia restos de ladrillo.	S/M	---	---	---													
4																					
5																					

Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

### Anexo 32

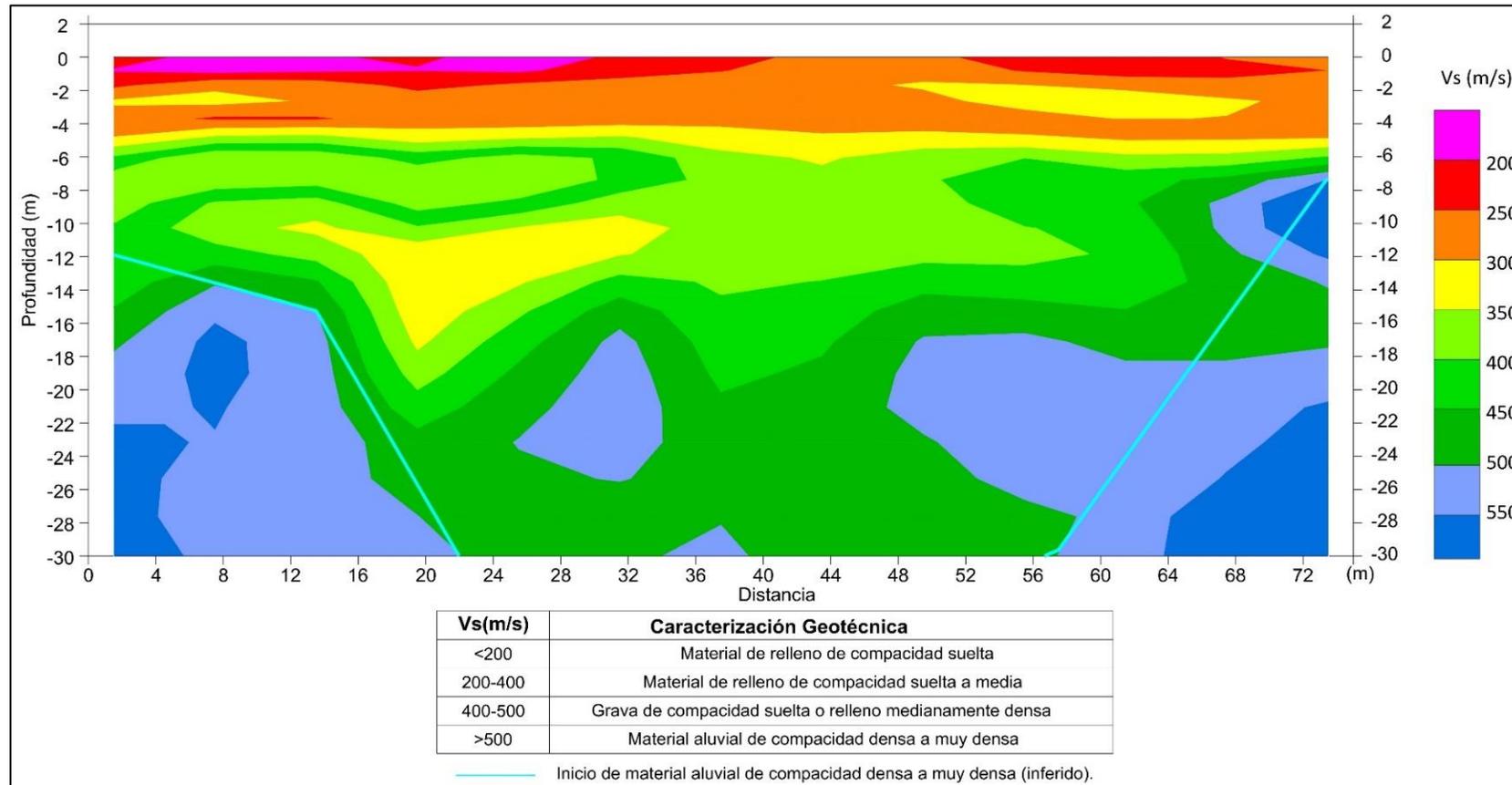
*Perfil sísmico del ensayo MASW-2D, sondaje M2D-01 del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes “Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla” -2020*



Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

### Anexo 33

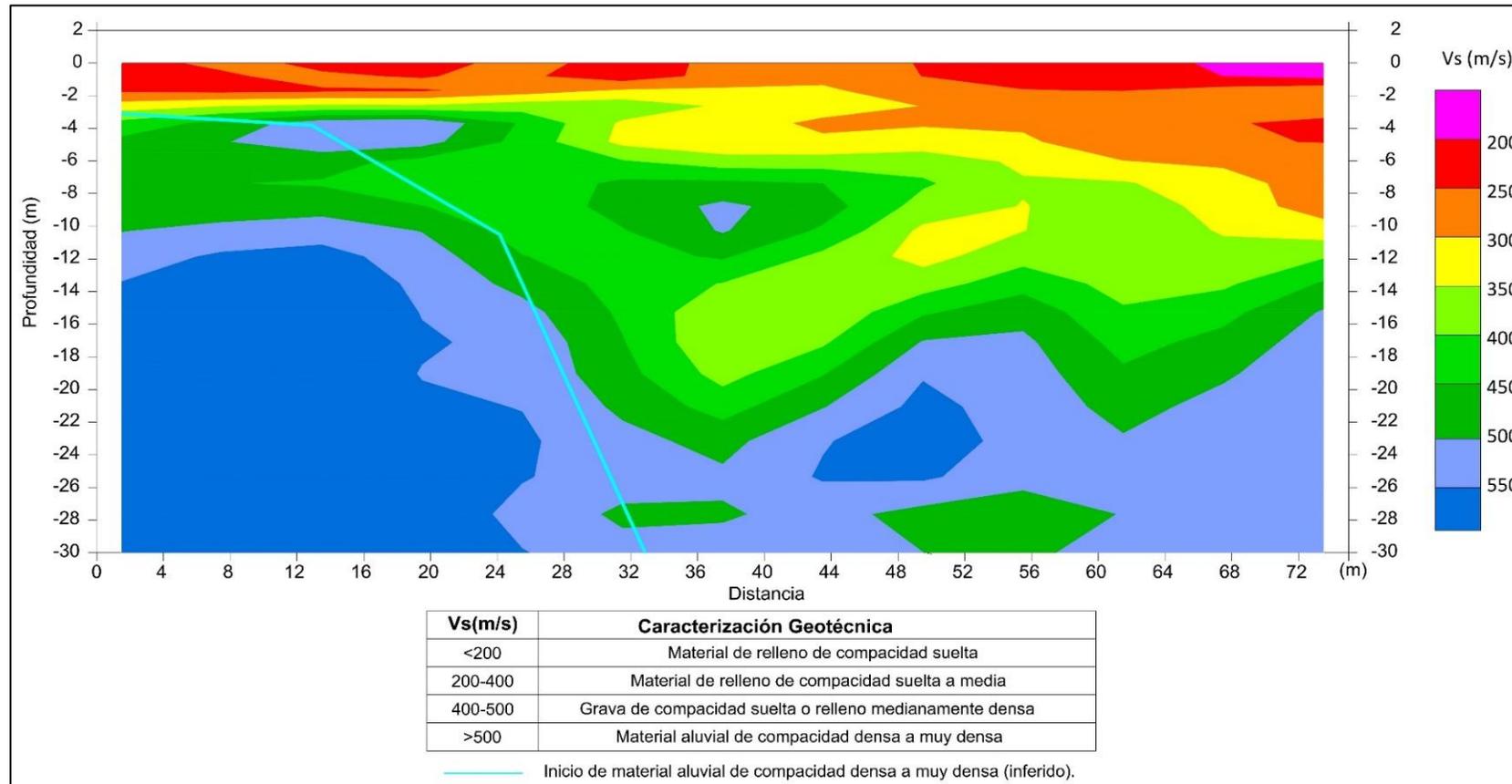
*Perfil sísmico del ensayo MASW-2D, sondaje M2D-02 del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes “Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla” -2020*



Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

### Anexo 34

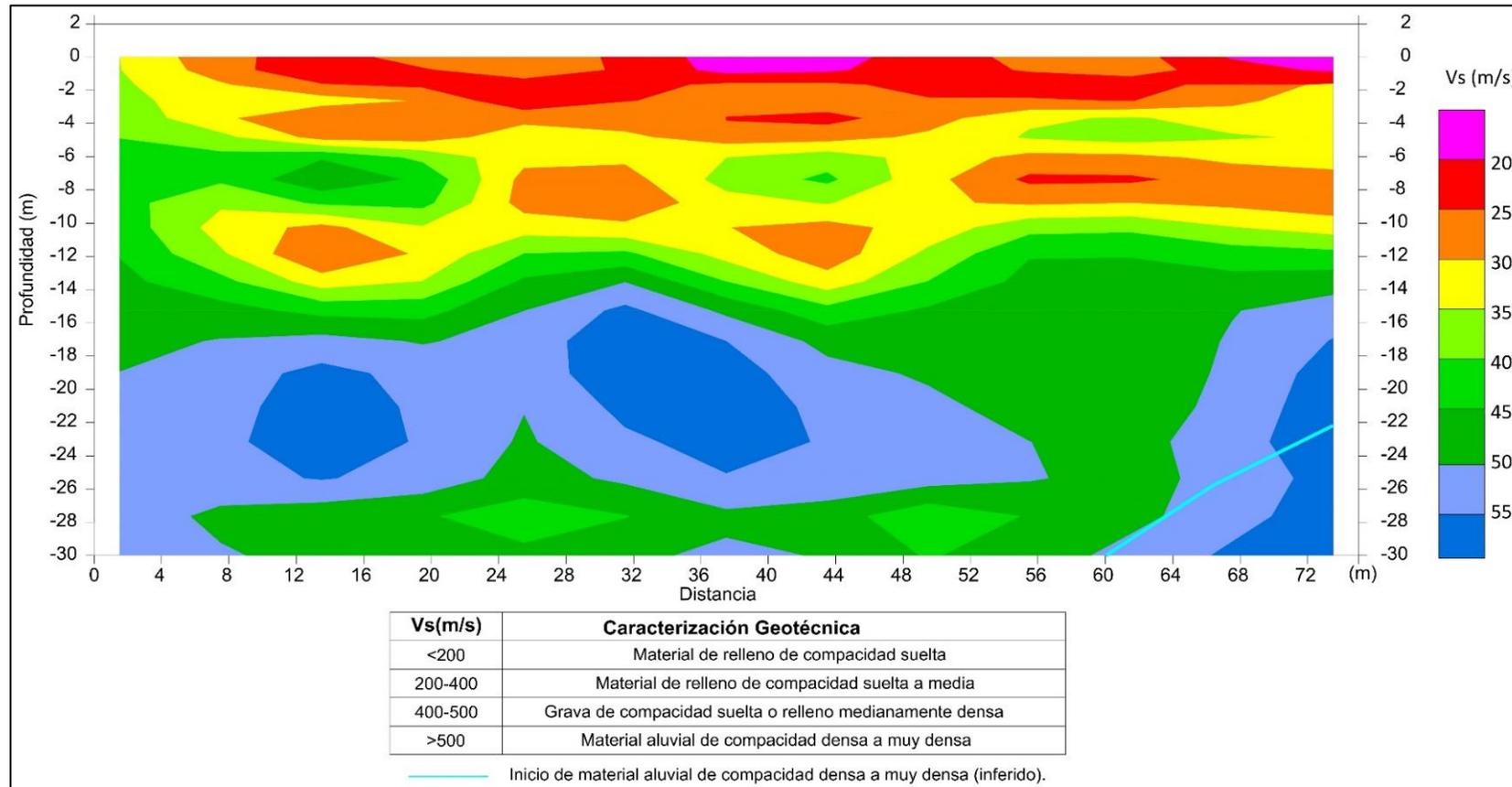
*Perfil sísmico del ensayo MASW-2D, sondaje M2D-03 del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes “Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla” -2020*



Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

### Anexo 35

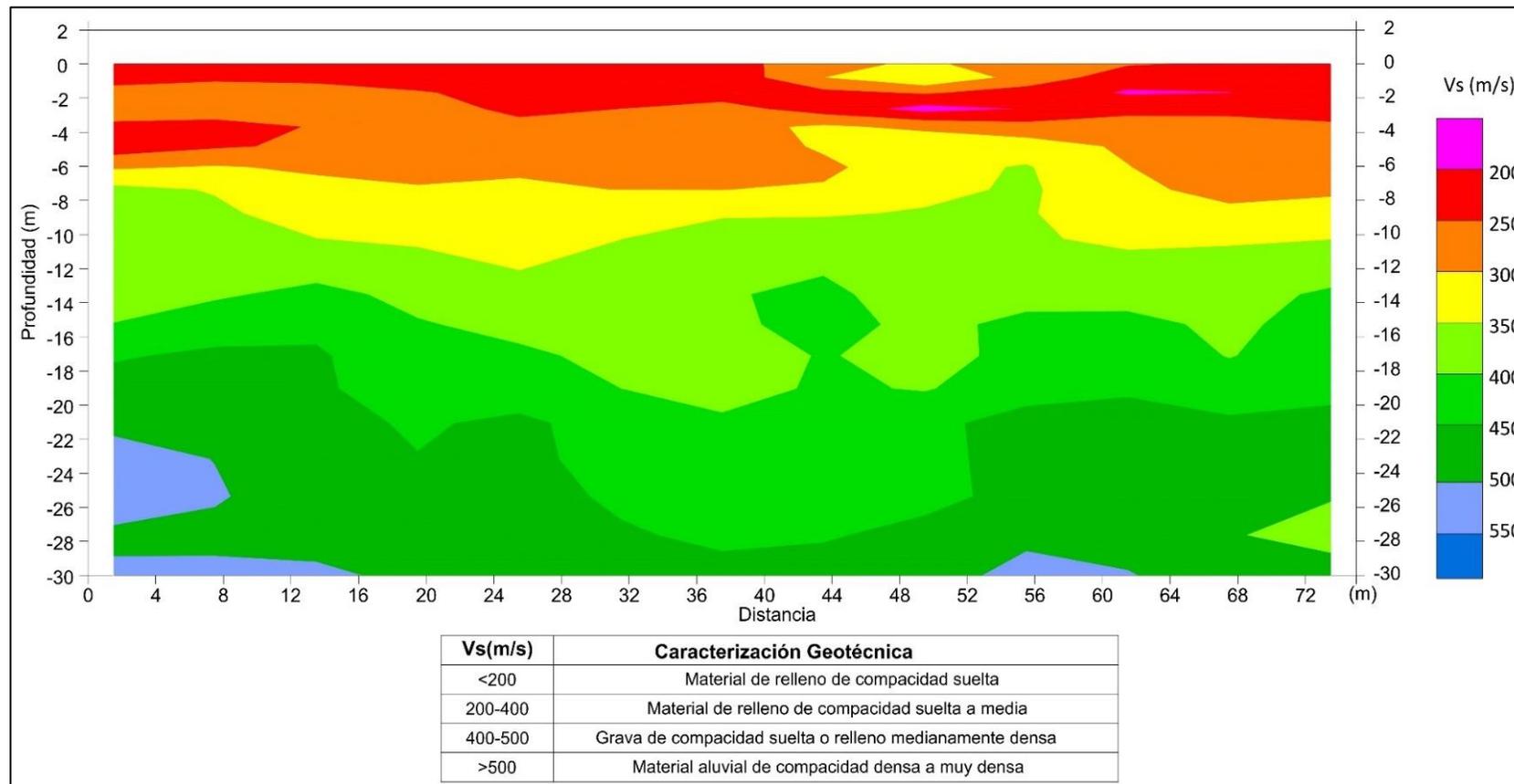
*Perfil sísmico del ensayo MASW-2D, sondaje M2D-04 del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes “Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla” -2020*



Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

### Anexo 36

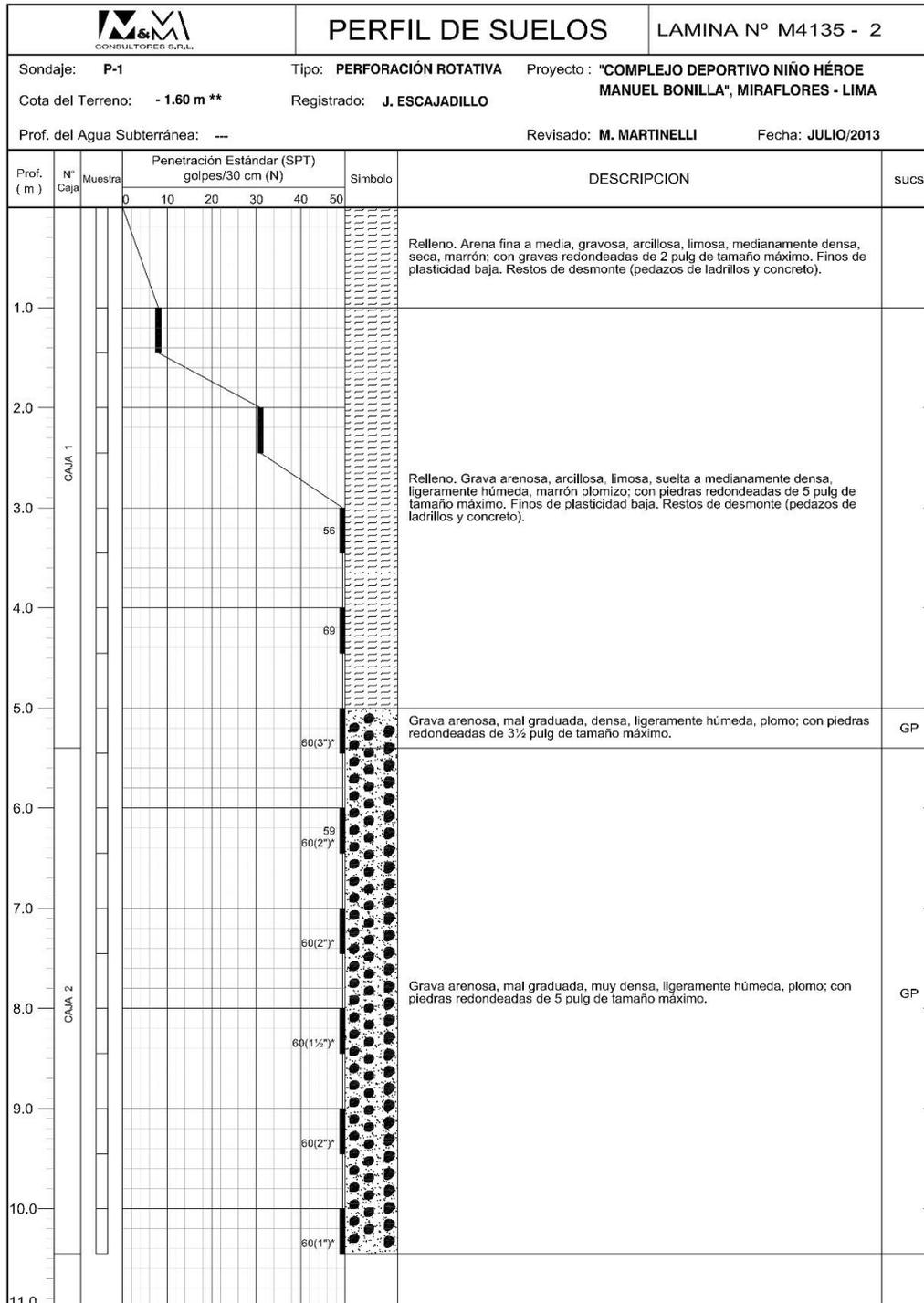
*Perfil sísmico del ensayo MASW-2D, sondaje M2D-05 del EMS con fines de cimentación y análisis de estabilidad de taludes “Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla” -2020*



Fuente: Jorge E. Alva Hurtado Ingenieros S.A.C.

**Anexo 37**

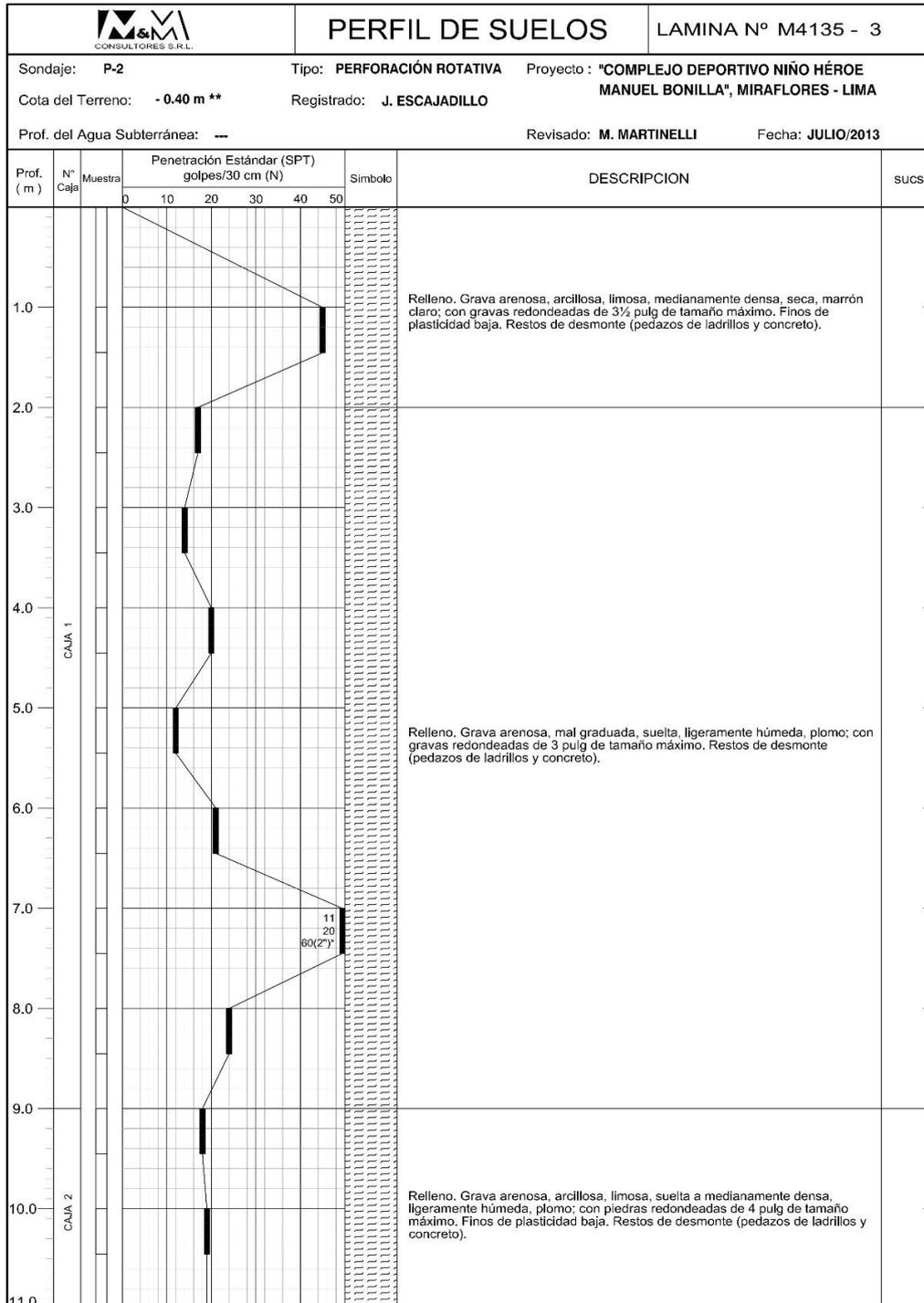
*Registro de la perforación P-1 del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2012*



Fuente: M&M S.R.L.

### Anexo 38

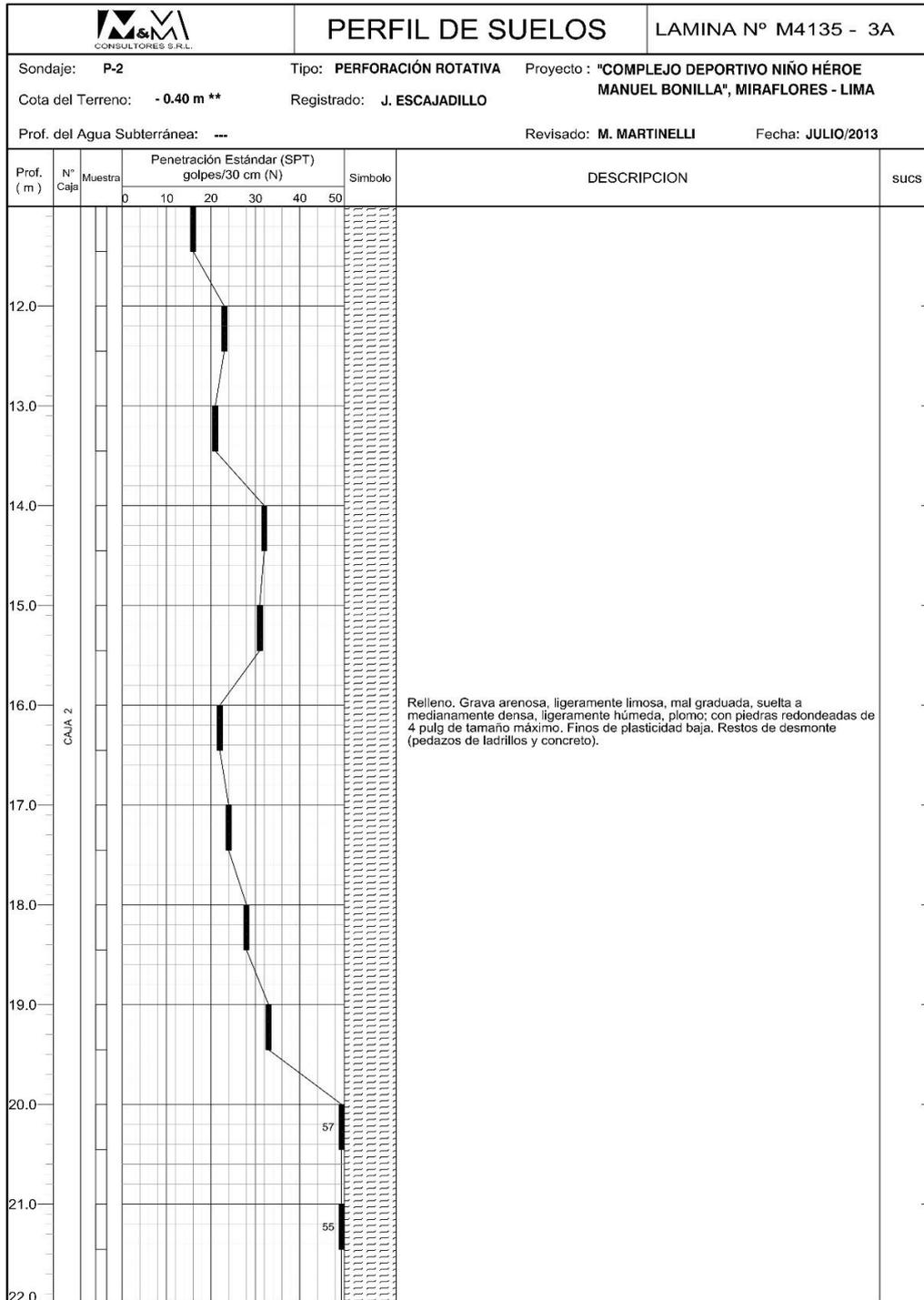
Registro de la perforación P-2 (hoja 1 de 3) del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" -2012



Fuente: M&M S.R.L.

**Anexo 39**

*Registro de la perforación P-2 (hoja 2 de 3) del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" -2012*



Fuente: M&M S.R.L.

**Anexo 40**

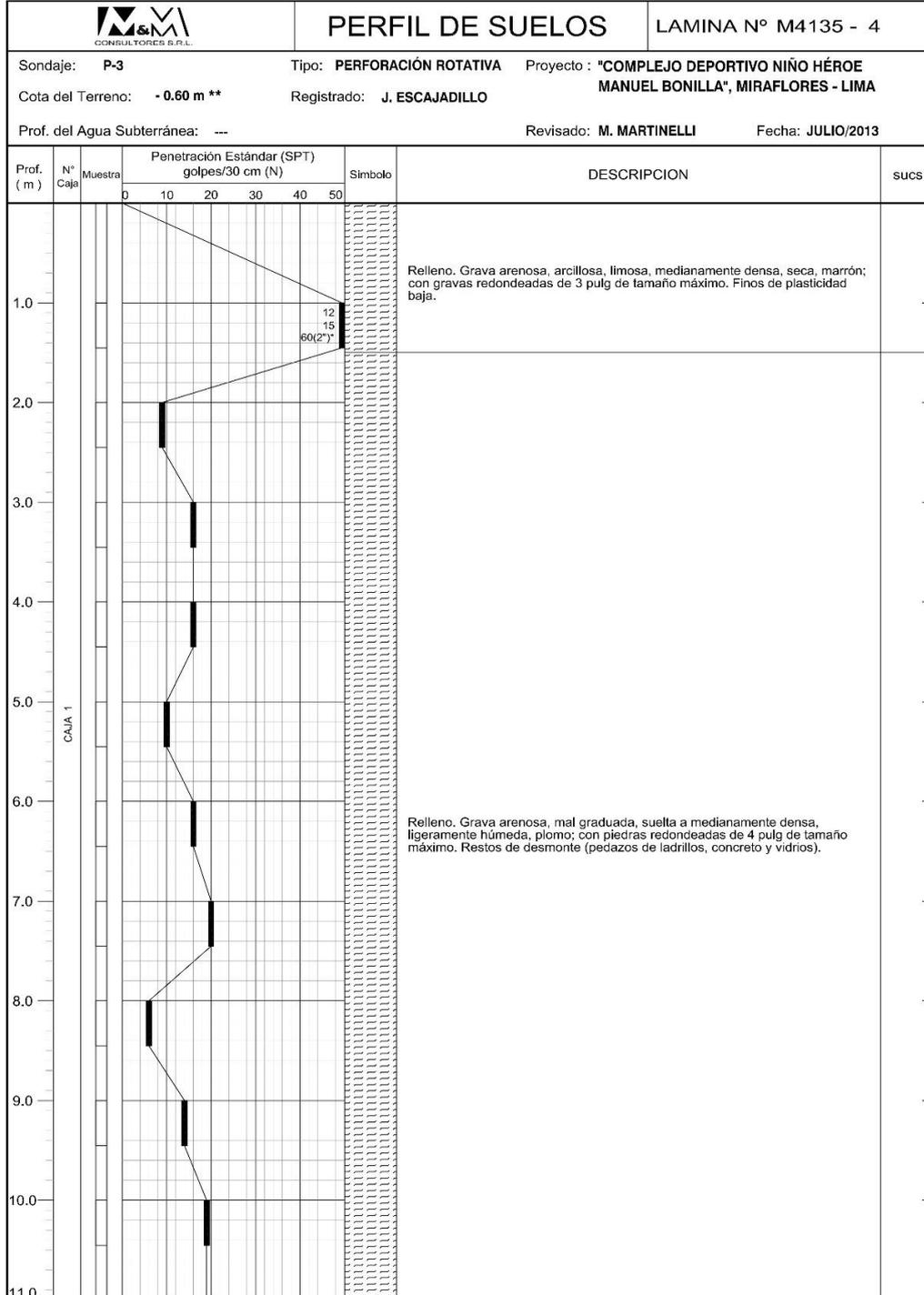
*Registro de la perforación P-2 (hoja 1 de 3) del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" -2012*

M&M CONSULTORES S.R.L.		PERFIL DE SUELOS				LAMINA N° M4135 - 3B					
Sondaje: P-2		Tipo: PERFORACIÓN ROTATIVA		Proyecto: "COMPLEJO DEPORTIVO NIÑO HÉROE MANUEL BONILLA", MIRAFLORES - LIMA							
Cota del Terreno: -0.40 m **		Registrado: J. ESCAJADILLO		Revisado: M. MARTINELLI		Fecha: JULIO/2013					
Prof. del Agua Subterránea: --											
Prof. (m)	N° Caja	Muestra	Penetración Estándar (SPT) golpes/30 cm (N)					Simbolo	DESCRIPCION	sucs	
			0	10	20	30	40				50
23.0	CAJA 2						60(4)*		Grava arenosa, mal graduada, muy densa, ligeramente húmeda, plomo; con piedras redondeadas de 5 pulg de tamaño máximo.	GP	
24.0							60(4)*				
25.0											60(2)*
26.0											60(2)*
27.0											
28.0											
29.0											
30.0											
31.0											
32.0											
33.0											

Fuente: M&M S.R.L.

## Anexo 41

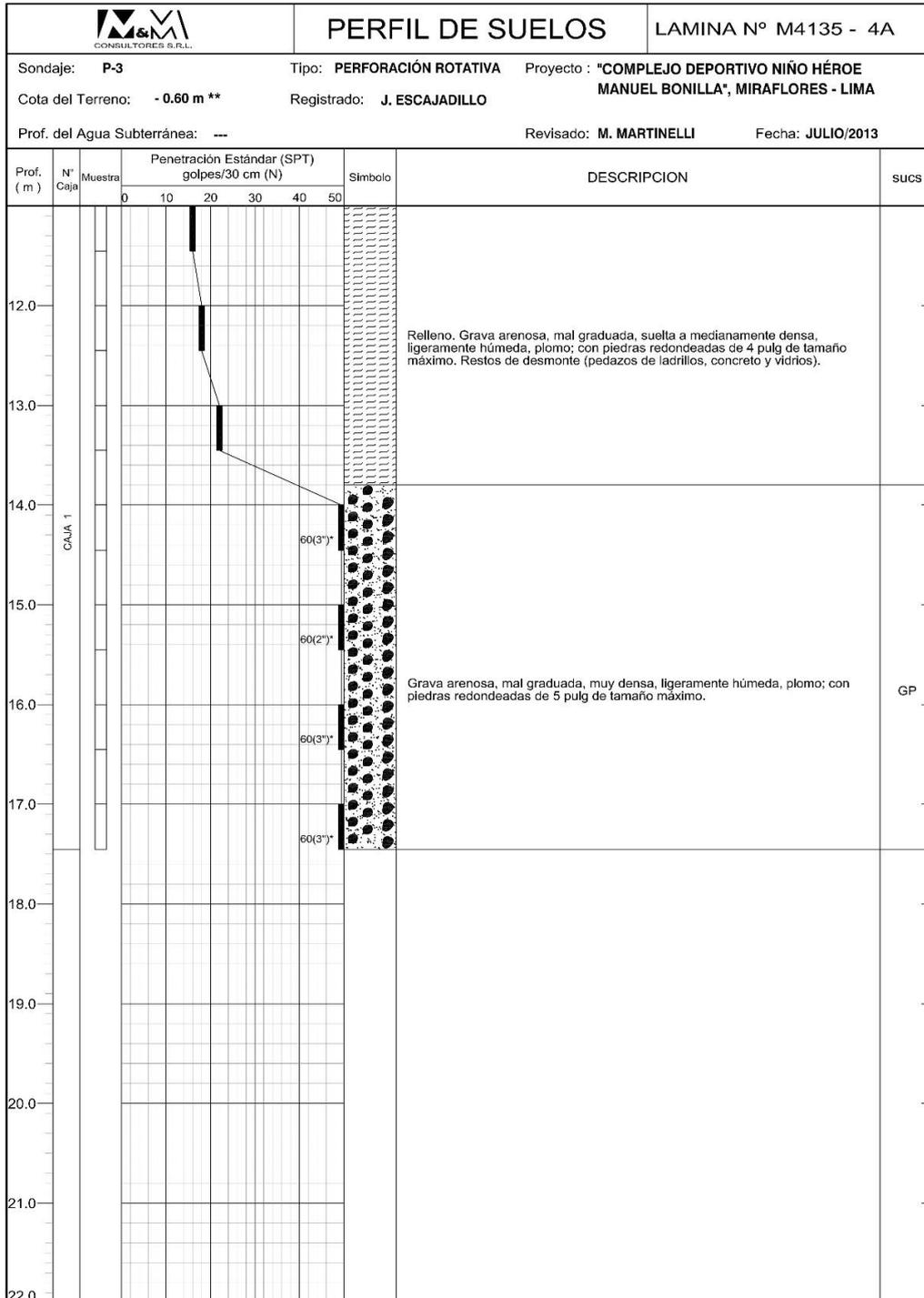
*Registro de la perforación P-3 (hoja 1 de 2) del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" -2012*



Fuente: M&M S.R.L.

**Anexo 42**

*Registro de la perforación P-3 (hoja 2 de 2) del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" -2012*



Fuente: M&M S.R.L.

### Anexo 43

Registro de la calicata C-01 del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" -

2012

M&M CONSULTORES S.R.L.		PERFIL DE SUELOS		LAMINA N° M4135 - 5	
Sondaje: C-1		Tipo: CALICATA		Proyecto: "COMPLEJO DEPORTIVO NIÑO HÉROE MANUEL BONILLA", MIRAFLORES - LIMA	
Cota del Terreno: - 1.60 m **		Registrado: M. MONDALGO		Revisado: M. MARTINELLI Fecha: JULIO/2013	
Prof. del Agua Subterránea: ---					
Profund. (m)	Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	sucs	
1.00	□		Relleno. Limo arcilloso, arenoso, de plasticidad media, medianamente compacto, húmedo, negro; con gravas sub angulares aisladas de 3 pulg de tamaño máximo.		
			Relleno. Arena fina, limosa, medianamente densa, húmeda, marrón claro; con gravas angulares aisladas. Finos no plásticos.		
2.00	□		Grava arenosa, ligeramente limosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, húmeda, plomo; con gravas redondeadas de 3 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos. Raíces delgadas.	GP-GM	
			Grava arenosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, húmeda, plomo; con piedras redondeadas de 6 pulg de tamaño máximo.	GP	
3.00	□		Arena fina, limosa, medianamente densa, húmeda, marrón claro. Finos no plásticos.	SM	
			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, húmeda, marrón plumizo; con piedras redondeadas de 6 pulg de tamaño máximo.	GP	
4.00	□		Grava arenosa, mal graduada, densa, húmeda, marrón claro; con piedras redondeadas de 5 pulg de tamaño máximo.	GP	
			Grava arenosa, mal graduada, densa a muy densa, húmeda, marrón plumizo; con piedras redondeadas de 5 pulg de tamaño máximo.	GP	
5.00	□		Grava arenosa, mal graduada, densa, húmeda, marrón claro; con piedras redondeadas de 5 pulg de tamaño máximo.	GP	
			Grava arenosa, mal graduada, densa a muy densa, húmeda, marrón plumizo; con piedras redondeadas de 5 pulg de tamaño máximo.	GP	
6.00	□		Grava arenosa, mal graduada, densa, húmeda, marrón claro; con piedras redondeadas de 5 pulg de tamaño máximo.	GP	
			Grava arenosa, mal graduada, densa a muy densa, húmeda, marrón plumizo; con piedras redondeadas de 5 pulg de tamaño máximo.	GP	
7.00	□		Grava arenosa, mal graduada, densa, húmeda, marrón claro; con piedras redondeadas de 5 pulg de tamaño máximo.	GP	
			Grava arenosa, mal graduada, densa a muy densa, húmeda, marrón plumizo; con piedras redondeadas de 5 pulg de tamaño máximo.	GP	
8.00					
9.00					
10.00					
11.00					

Fuente: M&M S.R.L.

## Anexo 44

### Registro de la calicata C-02 del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" -

2012

M&M CONSULTORES S.R.L.		PERFIL DE SUELOS		LAMINA N° M4135 - 6
Sondaje: C-2	Tipo: CALICATA	Proyecto : "COMPLEJO DEPORTIVO NIÑO HÉROE MANUEL BONILLA", MIRAFLORES - LIMA		
Cota del Terreno: - 1.60 m **	Registrado: M. MONDALGO	Revisado: M. MARTINELLI Fecha: JULIO/2013		
Profund. ( m )	Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	sucs
1.00			Relleno. Limo arcilloso, arenoso, de plasticidad media, medianamente compacto, húmedo, marrón claro; con gravas aisladas sub redondeados de 3 pulg de tamaño máximo. Restos de desmorte (pedazos de ladrillos).	
			Relleno. Arena fina, limosa, medianamente densa, húmeda, marrón claro; con gravas sub angulares aisladas. Finos no plásticos.	
			Grava arenosa, ligeramente limosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, húmeda, plomo; con gravas redondeadas de 3 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	GP-GM
2.00			Grava arenosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, húmeda, plomo; con piedras redondeadas de 6 pulg de tamaño máximo.	GP
3.00			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, húmeda, marrón plomizo; con piedras redondeadas de 4 pulg de tamaño máximo.	GP
4.00			Grava arenosa, mal graduada, densa, húmeda, marrón claro; con piedras redondeadas de 5 pulg de tamaño máximo.	GP
5.00			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, húmeda, plomo; con piedras redondeadas de 6 pulg de tamaño máximo.	GP
6.00			Grava arenosa, ligeramente limosa, mal graduada, densa a muy densa, húmeda, marrón claro; con piedras redondeadas de 5 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	GP-GM
7.00			Grava arenosa, mal graduada, suelta, húmeda, negro; con piedras redondeadas de 4 pulg de tamaño máximo.	GP
8.00			Grava arenosa, ligeramente limosa, mal graduada, densa a muy densa, húmeda, marrón claro; con piedras redondeadas de 5 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.	GP-GM
9.00				
10.00				
11.00				

Fuente: M&M S.R.L.

## Anexo 45

Registro de la calicata C-03 del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" -

2012

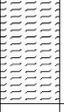
M&M CONSULTORES S.R.L.		PERFIL DE SUELOS		LAMINA N° M4135 - 7
Sondaje: C-3	Tipo: CALICATA	Proyecto: "COMPLEJO DEPORTIVO NIÑO HÉROE MANUEL BONILLA", MIRAFLORES - LIMA		
Cota del Terreno: - 0.30 m **	Registrado: M. MONDALGO	Revisado: M. MARTINELLI Fecha: JULIO/2013		
Profund. ( m )	Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	sucs
			Losa de concreto.	
1.00			Relleno. Grava arenosa, mal graduada, suelta, húmeda, plomo; con piedras redondeadas de 4 pulg de tamaño máximo. Restos de desmonte (pedazos de concreto).	
2.00			Relleno. Arena fina, limosa, medianamente densa, húmeda, marrón claro. Finos no plásticos.	
3.00			Grava arenosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, húmeda, plomo; con piedras redondeadas de 4 pulg de tamaño máximo.	GP
4.00			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, húmeda, marrón plumizo; con piedras redondeadas de 5 pulg de tamaño máximo.	GP
5.00				
6.00			Grava arenosa, mal graduada, densa, húmeda, plomo; con piedras redondeadas de 4 pulg de tamaño máximo.	GP
7.00				
8.00			Grava arenosa, mal graduada, densa a muy densa, húmeda, marrón plumizo; con piedras redondeadas de 5 pulg de tamaño máximo.	GP
9.00				
10.00				
11.00				

Fuente: M&M S.R.L.

## Anexo 46

Registro de la calicata C-04 del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" -

2012

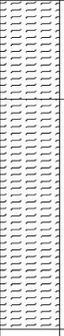
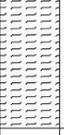
		PERFIL DE SUELOS		LAMINA N° M4135 - 8
Sondaje: <b>C-4</b>		Tipo: <b>CALICATA</b>		Proyecto: <b>"COMPLEJO DEPORTIVO NIÑO HÉROE MANUEL BONILLA", MIRAFLORES - LIMA</b>
Cota del Terreno: <b>- 0.40 m **</b>		Registrado: <b>M. MONDALGO</b>		
Prof. del Agua Subterránea: <b>---</b>		Revisado: <b>M. MARTINELLI</b>		Fecha: <b>JULIO/2013</b>
Profund. (m)	Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	sucs
1.00	□		Relleno. Arena fina a media, gravosa, arcillosa, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro, con piedras redondeadas de 4 pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja. Restos de desmonte y basura (pedazos de ladrillos, concreto, Fierros oxidados y plásticos).	
2.00	□		Relleno. Grava arenosa, ligeramente limosa, mal graduada, suelta, seca, marrón claro. Finos de plasticidad baja. Restos de desmonte (pedazos de ladrillos y concreto).	
3.00	□		Relleno. Arena fina a media, gravosa, limosa, suelta, seca, marrón claro. Finos de plasticidad baja. Restos de desmonte (pedazos de ladrillos y vidrios)	
4.00				
5.00				
6.00				
7.00				
8.00				
9.00				
10.00				
11.00				

Fuente: M&M S.R.L.

## Anexo 47

Registro de la calicata C-05 del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" -

2012

CONSULTORES S.R.L.		PERFIL DE SUELOS		LAMINA N° M4135 - 9
Sondaje: C-5	Tipo: CALICATA	Proyecto : "COMPLEJO DEPORTIVO NIÑO HÉROE MANUEL BONILLA", MIRAFLORES - LIMA		
Cota del Terreno: - 1.60 m **	Registrado: J. ESCAJADILLO			
Prof. del Agua Subterránea: --	Revisado: M. MARTINELLI	Fecha: JULIO/2013		
Profund. (m)	Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	sucs
1.00			Relleno. Limo arcilloso, arenoso, gravoso, de plasticidad media, medianamente compacto, ligeramente húmedo, marrón; con piedras redondeadas de 5 pulg de tamaño máximo. Restos de desmonte (pedazos de ladrillos y concreto).	
2.00			Relleno. Grava arenosa, mal graduada, suelta, seca, marrón claro, con piedras y bolones redondeados de 12 pulg de tamaño máximo. Restos de desmonte (pedazos de ladrillos y concreto)	
3.00				
4.00				
5.00				
6.00				
7.00				
8.00				
9.00				
10.00				
11.00				

Fuente: M&M S.R.L.

## Anexo 48

### Registro de la calicata C-06 del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2012

CONSULTORES S.R.L.		PERFIL DE SUELOS		LAMINA N° M4135 - 10	
Sondaje: C-6		Tipo: CALICATA		Proyecto: "COMPLEJO DEPORTIVO NIÑO HÉROE MANUEL BONILLA", MIRAFLORES - LIMA	
Cota del Terreno: - 1.60 m **		Registrado: J. ESCAJADILLO		Revisado: M. MARTINELLI Fecha: JULIO/2013	
Prof. del Agua Subterránea: ---					
Profund. (m)	Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	sucs	
			Relleno. Limo arcilloso, arenosa, de plasticidad media, medianamente compacto, ligeramente húmedo, marrón. Raíces delgadas.		
1.00			Relleno. Grava arenosa, arcillosa, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras redondeadas de 4 pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja. Restos de desmonte (pedazos de ladrillos y concreto).		
2.00			Limo arcilloso, arenoso, de plasticidad baja, medianamente compacto, ligeramente húmedo, marrón claro.	ML	
3.00			Grava arenosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, plomo; con piedras y bolones redondeados de 7 pulg de tamaño máximo.	GP	
4.00			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón plumizo; con piedras y bolones redondeados de 7 pulg de tamaño máximo.	GP	
5.00					
6.00			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón plumizo; con piedras y bolones redondeados de 8 pulg de tamaño máximo.	GP	
7.00					
8.00			Grava arenosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, marrón plumizo; con piedras y bolones redondeados de 9 pulg de tamaño máximo.	GP	
9.00					
10.00					
11.00					

Fuente: M&M S.R.L.

## Anexo 49

### Registro de la calicata C-07 del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" -

2012

M&M CONSULTORES S.R.L.		PERFIL DE SUELOS		LAMINA N° M4135 - 11
Sondaje: C-7		Tipo: CALICATA		Proyecto: "COMPLEJO DEPORTIVO NIÑO HÉROE MANUEL BONILLA", MIRAFLORES - LIMA
Cota del Terreno: - 1.60 m **		Registrado: J. ESCAJADILLO		Revisado: M. MARTINELLI Fecha: JULIO/2013
Prof. del Agua Subterránea: --				
Profund. (m)	Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	SUCS
			Relleno. Limo arcilloso, arenoso, de plasticidad media, medianamente compacto, ligeramente húmedo, marrón; con sub angulares gravas aisladas. Raíces	
1.00			Grava arenosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, plomo; con piedras y bolones redondeados de 7 pulg de tamaño máximo.	GP
2.00			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón plumizo; con piedras y bolones redondeados de 9 pulg de tamaño máximo.	GP
3.00			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón plumizo; con piedras y bolones redondeados de 9 pulg de tamaño máximo.	GP
4.00			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón plumizo; con piedras y bolones redondeados de 9 pulg de tamaño máximo.	GP
5.00			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón plumizo; con piedras y bolones redondeados de 10 pulg de tamaño máximo.	GP
6.00			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón plumizo; con piedras y bolones redondeados de 10 pulg de tamaño máximo.	GP
7.00			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón plumizo; con piedras y bolones redondeados de 10 pulg de tamaño máximo.	GP
8.00				
9.00				
10.00				
11.00				

Fuente: M&M S.R.L.

## Anexo 50

### Registro de la calicata C-08 del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" -

2012

M&M CONSULTORES S.R.L.		PERFIL DE SUELOS		LAMINA N° M4135 - 12	
Sondaje: C-8		Tipo: CALICATA		Proyecto : "COMPLEJO DEPORTIVO NIÑO HÉROE MANUEL BONILLA", MIRAFLORES - LIMA	
Cota del Terreno: - 1.60 m **		Registrado: J. ESCAJADILLO		Revisado: M. MARTINELLI Fecha: JULIO/2013	
Prof. del Agua Subterránea: ---					
Profund. (m)	Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	sucs	
			Relleno. Limo arcilloso, arenoso, de plasticidad media, medianamente compacto, ligeramente húmedo, marrón rojizo.		
			Relleno. Arena fina, limosa, suelta, seca, marrón claro. Finos no plástico.		
			Relleno afirmado. Grava arenosa, ligeramente limosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, marrón claro; con gravas angulares de 3 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.		
1.00			Grava arenosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, plomo; con piedras y bolones redondeados de 8 pulg de tamaño máximo.	GP	
2.00			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón plumizo; con piedras y bolones redondeados de 9 pulg de tamaño máximo. Finos de limo.	GP	
3.00					
4.00			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, marrón plumizo; con piedras y bolones redondeados de 10 pulg de tamaño máximo.	GP	
5.00					
6.00			Grava arenosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, marrón plumizo; con piedras, bolones y fragmentos de roca redondeados de 13 pulg de tamaño máximo.	GP	
7.00					
8.00					
9.00					
10.00					
11.00					

Fuente: M&M S.R.L.

## Anexo 51

### Registro de la calicata C-09 del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" -

2012

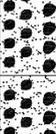
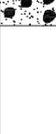
M&M CONSULTORES S.R.L.		PERFIL DE SUELOS		LAMINA N° M4135 - 13	
Sondaje: C-9		Tipo: CALICATA		Proyecto: "COMPLEJO DEPORTIVO NIÑO HÉROE MANUEL BONILLA", MIRAFLORES - LIMA	
Cota del Terreno: - 0.85 m **		Registrado: J. ESCAJADILLO		Revisado: M. MARTINELLI Fecha: JULIO/2013	
Prof. del Agua Subterránea: ---					
Profund. (m)	Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	sucs	
			Piso de ladrillos.		
			Relleno. Arena fina, mal graduada, suelta, seca, marrón.		
1.00			Relleno. Grava arenosa, arcillosa, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras y bolones redondeados de 8 pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja.		
2.00			Grava arenosa, mal graduada, suelta, ligeramente húmeda, plomo; con piedras y bolones redondeados de 10 pulg de tamaño máximo.	GP	
3.00			Grava arenosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón plumizo; con piedras, bolones y fragmentos de roca redondeados de 14 pulg de tamaño máximo.	GP	
4.00			Grava arenosa, mal graduada, muy densa, ligeramente húmeda, plomo; con piedras y bolones redondeados de 12 pulg de tamaño máximo.	GP	
5.00			Grava arenosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, marrón plumizo; con piedras, bolones y fragmentos de roca redondeados de 14 pulg de tamaño máximo.	GP	
6.00					
7.00					
8.00					
9.00					
10.00					
11.00					

Fuente: M&M S.R.L.

## Anexo 52

### Registro de la calicata C-10 del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" -

2012

M&M CONSULTORES S.R.L.		PERFIL DE SUELOS		LAMINA N° M4135 - 14	
Sondaje: C-10		Tipo: CALICATA		Proyecto: "COMPLEJO DEPORTIVO NIÑO HÉROE MANUEL BONILLA", MIRAFLORES - LIMA	
Cota del Terreno: -0.30 m **		Registrado: J. ESCAJADILLO		Revisado: M. MARTINELLI Fecha: JULIO/2013	
Prof. del Agua Subterránea: ---					
Profund. (m)	Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	sucs	
1.00			Relleno. Grava arenosa, arcillosa, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras redondeadas de 4 pulg de tamaño. Finos de plasticidad baja. Restos de desmonte (pedazos de ladrillos y concreto).		
2.00			Relleno antiguo. Arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja, medianamente compacta, ligeramente húmeda, marrón. Conchuelas.		
3.00			Grava arenosa, mal graduada, suelta a medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón plomizo; con piedras y bolones redondeados de 10 pulg de tamaño máximo.	GP	
4.00			Grava arenosa, mal graduada, medianamente densa a densa, ligeramente húmeda, plomo; con piedras y bolones redondeados de 12 pulg de tamaño máximo.	GP	
5.00			Grava arenosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, marrón plomizo; con piedras, bolones y fragmentos de roca redondeados de 17 pulg de tamaño máximo.	GP	
6.00			Grava arenosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, plomo; con piedras, bolones y fragmentos de roca redondeados de 12 pulg de tamaño máximo.	GP	
7.00			Grava arenosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, plomo; con piedras, bolones y fragmentos de roca redondeados de 12 pulg de tamaño máximo.	GP	
8.00			Grava arenosa, mal graduada, densa, ligeramente húmeda, plomo; con piedras, bolones y fragmentos de roca redondeados de 12 pulg de tamaño máximo.	GP	
9.00					
10.00					
11.00					

Fuente: M&M S.R.L.

**Anexo 53**

*Registro de la calicata C-11 del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" -*

2012

M&M CONSULTORES S.R.L.		PERFIL DE SUELOS		LAMINA N° M4135 - 15
Sondaje: C-11		Tipo: CALICATA		Proyecto : "COMPLEJO DEPORTIVO NIÑO HÉROE MANUEL BONILLA", MIRAFLORES - LIMA
Cota del Terreno: - 0.90 **		Registrado: J. ESCAJADILLO		Revisado: M. MARTINELLI
Prof. del Agua Subterránea: ---				Fecha: JULIO/2013
Profund. (m)	Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	sucs
1.00			Relleno. Grava arenosa, arcillosa, limosa, suelta, seca, marrón; con piedras, bolones y fragmentos de roca sub redondeados de 18 pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja.	
2.00				
3.00	□		Relleno. Arena fina, gravosa, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras, bolones y fragmentos de roca redondeados de 14 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos. Restos de desmonte (pedazos de ladrillos y concreto).	
4.00				
5.00				
6.00			Relleno. Grava arenosa, arcillosa, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón plumizo; con piedras redondeadas de 5 pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja. Restos de desmonte (pedazos de ladrillos y concreto).	
7.00	□			
8.00				
9.00				
10.00				
11.00				

Fuente: M&M S.R.L.

## Anexo 54

### Registro de la calicata C-12 del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" -

2012

M&M CONSULTORES S.R.L.		PERFIL DE SUELOS		LAMINA N° M4135 - 16	
Sondaje: C-12		Tipo: CALICATA		Proyecto : "COMPLEJO DEPORTIVO NIÑO HÉROE MANUEL BONILLA", MIRAFLORES - LIMA	
Cota del Terreno: - 1.60 m **		Registrado: J. ESCAJADILLO		Revisado: M. MARTINELLI Fecha: JULIO/2013	
Prof. del Agua Subterránea: ---					
Profund. (m)	Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	sucs	
1.00			Relleno. Limo arcilloso, arenoso, de plasticidad baja, blando, seco, marrón. Relleno. Arena fina, mal graduada, suelta, seca, marrón claro. Relleno afirmado, Grava arenosa, ligeramente limosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón; con gravas angulares de 3 pulg de tamaño máximo. Finos no plásticos.		
2.00			Relleno. Arena fina, gravosa, arcillosa, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras, bolones y fragmentos de roca redondeados de 17 pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja. Restos de desmonte (pedazos de ladrillos, concreto y fierros).		
3.00					
4.00					
5.00					
6.00			Relleno. Grava arenosa, arcillosa, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras redondeadas de 6 pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja. Restos de desmonte (pedazos de ladrillos, concreto y fierros).		
7.00					
8.00					
9.00					
10.00					
11.00					

Fuente: M&M S.R.L.

## Anexo 55

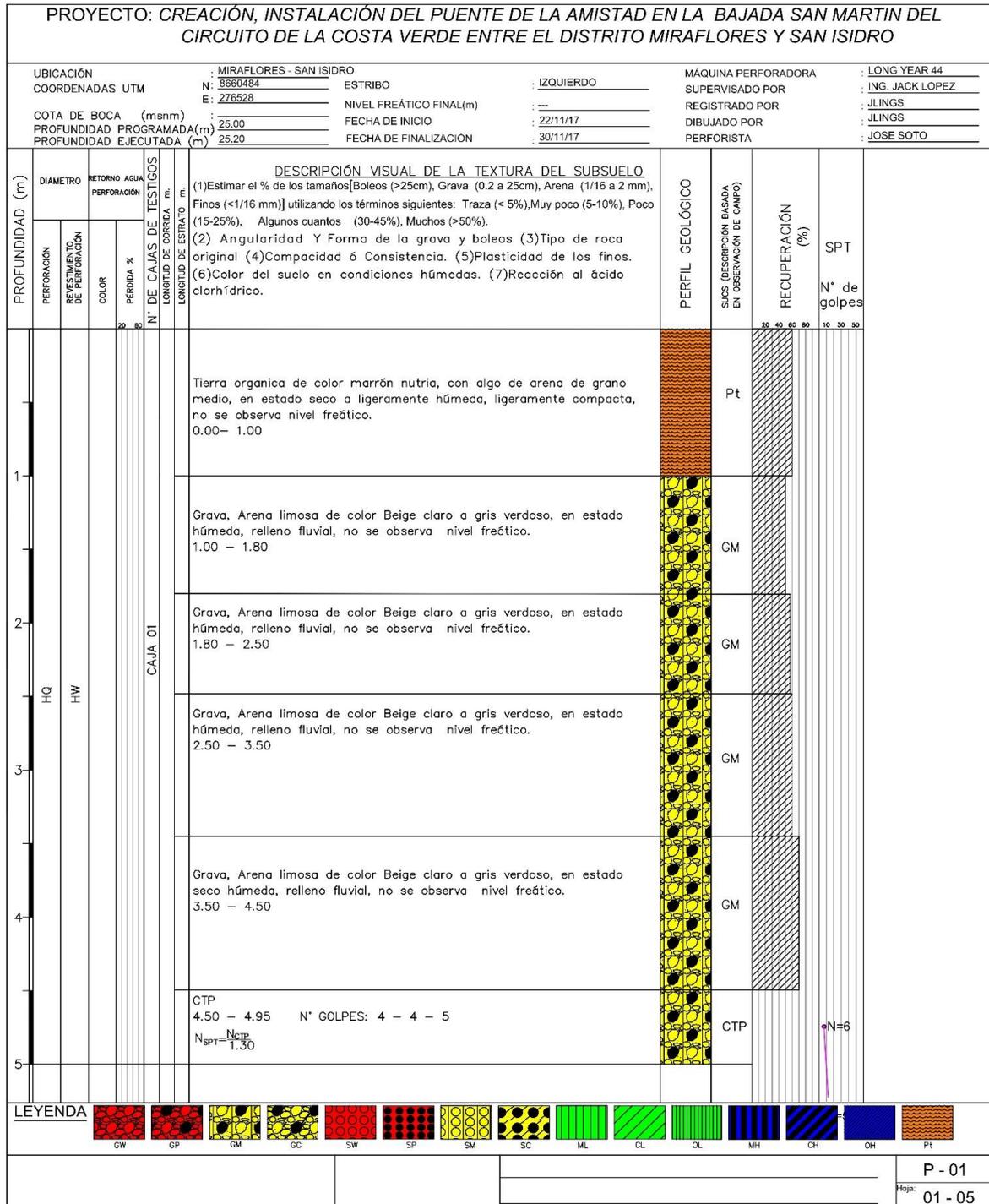
### Registro de la calicata C-13 del EMS "Complejo Deportivo Niño Héroe Manuel Bonilla" - 2012

		PERFIL DE SUELOS		LAMINA N° M4135 - 17
Sondaje: C-13	Tipo: CALICATA	Proyecto : "COMPLEJO DEPORTIVO NIÑO HÉROE MANUEL BONILLA", MIRAFLORES - LIMA		
Cota del Terreno: - 1.60 m **	Registrado: J. ESCAJADILLO	Revisado: M. MARTINELLI Fecha: JULIO/2013		
Prof. del Agua Subterránea: ---				
Profund. (m)	Muestra	Símbolo	DESCRIPCION	sucs
1.00			Relleno. Arena fina a media, gravoso, arcillosa, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón; con piedras y bolones redondeados de 12 pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja. Restos de desmonte (pedazos de ladrillos y concreto).	
2.00				
3.00			Relleno. Restos de desmonte (pedazos de ladrillos, concreto), muy suelto, seco, marrón. Vacíos.	
4.00				
5.00				
6.00				
7.00				
8.00				
9.00				
10.00				
11.00				

Fuente: M&M S.R.L.

## Anexo 56

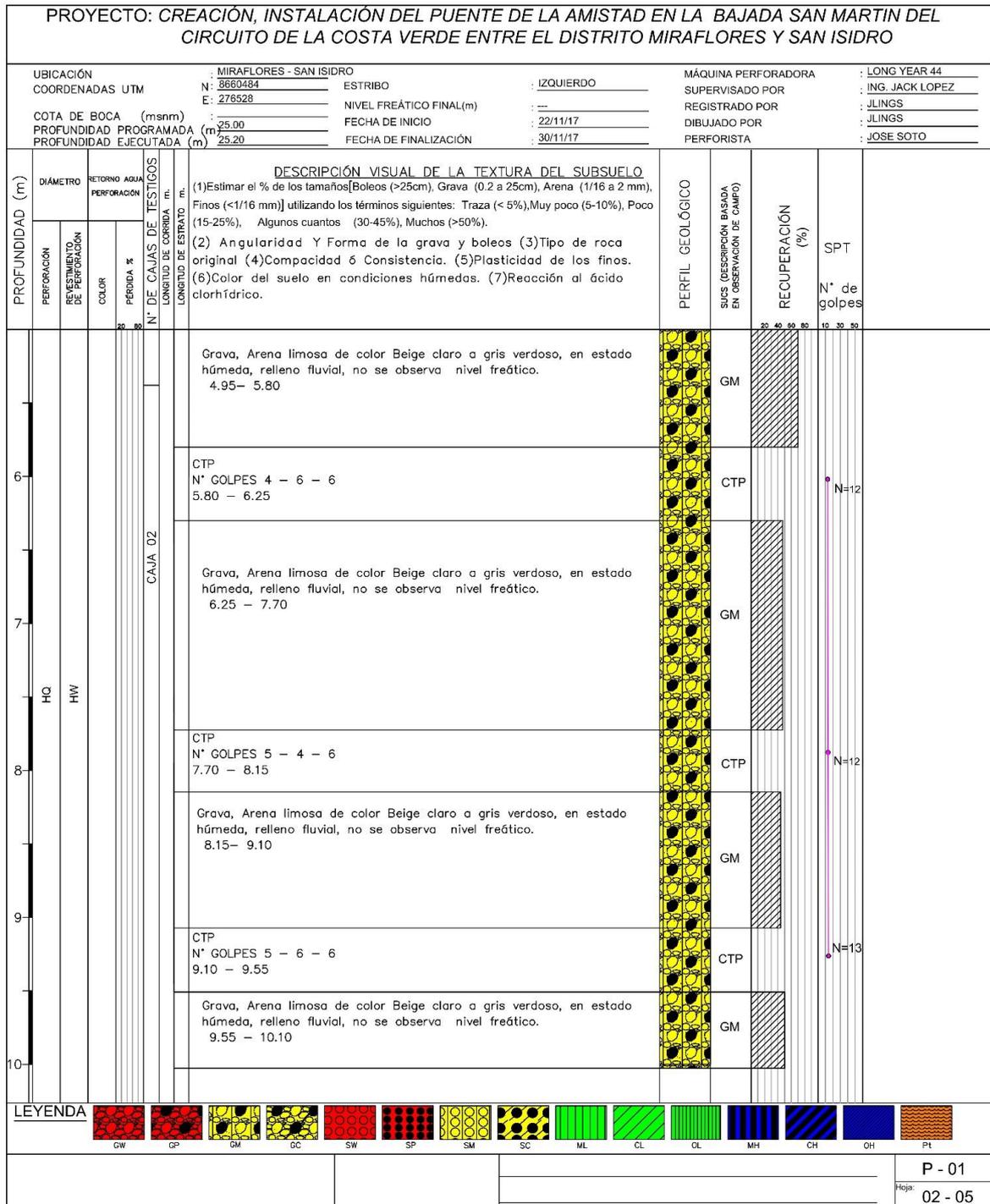
### Registro de la perforación P-01 (hoja 1 de 5) del Proyecto "Creación, instalación del Punte de la Amistad en la bajada San Martín del circuito de la Costa Verde -2018



Fuente: Jack López Ingenieros S.A.C.

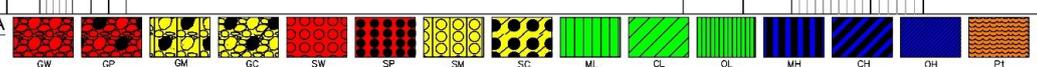
### Anexo 57

Registro de la perforación P-01 (hoja 2 de 5) del Proyecto "Creación, instalación del Puente de la Amistad en la bajada San Martín del circuito de la Costa Verde -2018



## Anexo 58

### Registro de la perforación P-01 (hoja 3 de 5) del Proyecto "Creación, instalación del Puente de la Amistad en la bajada San Martín del circuito de la Costa Verde -2018

PROYECTO: CREACIÓN, INSTALACIÓN DEL PUENTE DE LA AMISTAD EN LA BAJADA SAN MARTIN DEL CIRCUITO DE LA COSTA VERDE ENTRE EL DISTRITO MIRAFLORES Y SAN ISIDRO									
UBICACIÓN		MIRAFLORES - SAN ISIDRO			MÁQUINA PERFORADORA		LONG YEAR 44		
COORDENADAS UTM		N: 8660484	ESTRIBO	IZQUIERDO	SUPERVISADO POR		ING. JACK LOPEZ		
		E: 278528	NIVEL FREÁTICO FINAL(m)	---	REGISTRADO POR		JLINGS		
COTA DE BOCA (msnm)			FECHA DE INICIO	22/11/17	DIBUJADO POR		JLINGS		
PROFUNDIDAD PROGRAMADA (m)		25.00	FECHA DE FINALIZACIÓN	30/11/17	PERFORISTA		JOSE SOTO		
PROFUNDIDAD EJECUTADA (m)		25.20							
PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA TEXTURA DEL SUBSUELO								
	DIÁMETRO PERFORACIÓN	RETORNO AGUA PERFORACIÓN	N° DE CAJAS DE TESTIGOS			PERFIL GEOLÓGICO	SUCS (DESCRIPCIÓN BASADA EN OBSERVACIÓN DE CAMPO)	RECUPERACIÓN (%)	SPT
			LONGITUD DE CORRIERA (m)	LONGITUD DE ESTRATO (m)				N° de golpes	
11						Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 10.10 - 11.60	GM		
12						CTP N° GOLPES 6 - 6 - 7 11.60 - 12.05	CTP		N=15
13						Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 12.05 - 13.60	GM		
14						CTP N° GOLPES 7 - 7 - 6 13.60 - 14.05	CTP		N=15
15						Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 14.05 - 15.10	GM		
LEYENDA									
									
								P - 01	
								Hoja: 03 - 05	

Fuente: Jack López Ingenieros S.A.C.



**Anexo 60**

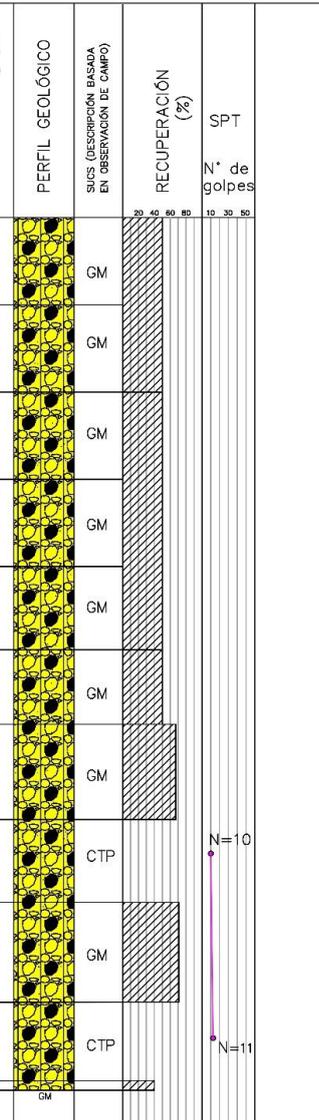
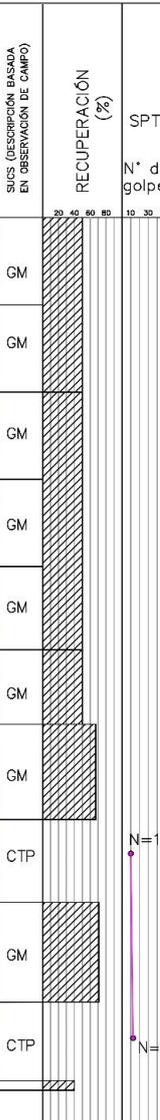
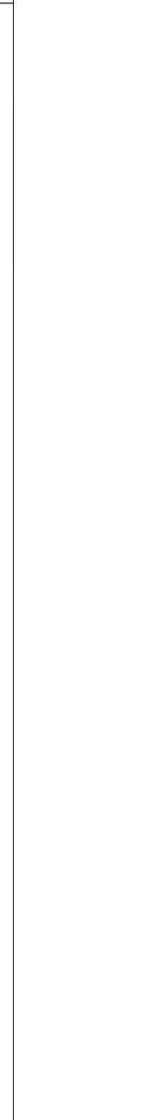
*Registro de la perforación P-01 (hoja 5 de 5) del Proyecto "Creación, instalación del Punte de la Amistad en la bajada San Martín del circuito de la Costa Verde -2018"*

PROYECTO: CREACIÓN, INSTALACIÓN DEL PUENTE DE LA AMISTAD EN LA BAJADA SAN MARTIN DEL CIRCUITO DE LA COSTA VERDE ENTRE EL DISTRITO MIRAFLORES Y SAN ISIDRO														
UBICACIÓN		MIRAFLORES - SAN ISIDRO			MÁQUINA PERFORADORA		LONG YEAR 44							
COORDENADAS UTM		N: 8680484	ESTRIBO		IZQUIERDO		SUPERVISADO POR							
		E: 276528					ING. JACK LOPEZ							
COTA DE BOCA (msnm)				NIVEL FREÁTICO FINAL(m)		---		REGISTRADO POR						
PROFUNDIDAD PROGRAMADA (m)		25.00		FECHA DE INICIO		22/11/17		JLINGS						
PROFUNDIDAD EJECUTADA (m)		25.20		FECHA DE FINALIZACIÓN		30/11/17		DIBUJADO POR						
								JLINGS						
								PERFORISTA						
								JOSE SOTO						
PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO	DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA TEXTURA DEL SUBSUELO (1) Estimar el % de los tamaños [Boleos (>25cm), Grava (0.2 a 25cm), Arena (1/16 a 2 mm), Finos (<1/16 mm)] utilizando los términos siguientes: Traza (< 5%), Muy poco (5-10%), Poco (15-25%), Algunos cuantos (30-45%), Muchos (>50%). (2) Angularidad Y Forma de la grava y boleos (3) Tipo de roca original (4) Compacidad ó Consistencia. (5) Plasticidad de los finos. (6) Color del suelo en condiciones húmedas. (7) Reacción al ácido clorhídrico.								PERFIL GEOLÓGICO	SUCS (DESCRIPCIÓN BASADA EN OBSERVACIÓN DE CAMPO)	RECUPERACIÓN (%)	SPT	N° de golpes
	20	20	80	CAJA 05	CTP	N° GOLPES 50 - 10 - 0	20.00 - 20.45	CTP	N=48					
	21				Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático.	20.45 - 21.20	GM							
	22				CTP N° GOLPES 50 - 25 - 0	21.20 - 21.65	CTP	N>50						
	23				Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático.	21.65 - 22.20	GM							
	24				CTP N° GOLPES 50 - 25 - 0	22.20 - 22.65	CTP	N>50						
25				Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático.	22.65 - 23.65	GM								
				CTP N° GOLPES 50 - 30 - 0	23.65 - 24.10	CTP	N=50							
				Grava limosa con mezclas de grava arena limosa de color gris, húmedo, no se observa nivel freático.	24.10 - 25.20	GM								
<b>LEYENDA</b> 														
								P - 01						
								Hoja: 05 - 05						

Fuente: Jack López Ingenieros S.A.C.

**Anexo 61**

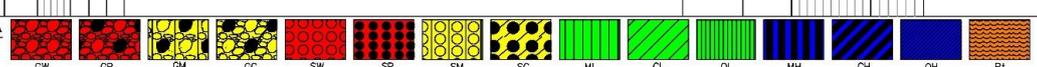
*Registro de la perforación P-02 (hoja 1 de 6) del Proyecto "Creación, instalación del Punte de la Amistad en la bajada San Martín del circuito de la Costa Verde -2018"*

PROYECTO: CREACIÓN, INSTALACIÓN DEL PUENTE DE LA AMISTAD EN LA BAJADA SAN MARTIN DEL CIRCUITO DE LA COSTA VERDE ENTRE EL DISTRITO MIRAFLORES Y SAN ISIDRO									
UBICACIÓN		MIRAFLORES – SAN ISIDRO			MÁQUINA PERFORADORA		LONG YEAR 44		
COORDENADAS UTM		N: 8660518	TORRE	DERECHO	SUPERVISADO POR		ING. JACK LOPEZ		
COTA DE BOCA (msnm)		64.50	NIVEL FREÁTICO FINAL(m)		REGISTRADO POR		JLINGS		
PROFUNDIDAD PROGRAMADA (m)		30.00	FECHA DE INICIO		DIBUJADO POR		JLINGS		
PROFUNDIDAD EJECUTADA (m)		.....	FECHA DE FINALIZACIÓN		PERFORISTA		JESUS SOTO		
PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO		RETORNO AGUA PERFORACIÓN	N° DE CAJAS DE TESTIGOS	DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA TEXTURA DEL SUBSUELO (1) Estimar el % de los tamaños [Boleos (>25cm), Grava (0.2 a 25cm), Arena (1/16 a 2 mm), Finos (<1/16 mm)] utilizando los términos siguientes: Traza (< 5%), Muy poco (5-10%), Poco (15-25%), Algunos cuantos (30-45%), Muchos (>50%). (2) Angularidad Y Forma de la grava y boleos (3) Tipo de roca original (4) Compacidad ó Consistencia. (5) Plasticidad de los finos. (6) Color del suelo en condiciones húmedas. (7) Reacción al ácido clorhídrico.	PERFIL GEOLOGICO	SUS (DESCRIPCIÓN BASADA EN OBSERVACIÓN DE CAMPO)	RECUPERACIÓN (%)	SPT N° de golpes
	PERFORACIÓN	REVESTIMIENTO DE PERFORACIÓN							
1 2 3 4 5	HQ HW	CAJA 01	20 40 60	20 40 60	Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 0.00 – 0.50				
					Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 0.50 – 1.00				
					Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 1.00 – 1.50				
					Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 1.50 – 2.00				
					Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 2.00 – 2.40				
					Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 2.40 – 2.70				
					Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 2.70 – 3.30				
					CTP N° GOLPES: 4 – 4 – 5 3.30 – 3.75				
Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 3.75 – 4.50									
CTP N° GOLPES: 4 – 4 – 6 4.50 – 4.95									

Fuente: Jack López Ingenieros S.A.C.

## Anexo 62

### Registro de la perforación P-02 (hoja 2 de 6) del Proyecto "Creación, instalación del Punte de la Amistad en la bajada San Martín del circuito de la Costa Verde -2018

PROYECTO: CREACIÓN, INSTALACIÓN DEL PUENTE DE LA AMISTAD EN LA BAJADA SAN MARTIN DEL CIRCUITO DE LA COSTA VERDE ENTRE EL DISTRITO DE MIRAFLORES Y SAN ISIDRO														
UBICACIÓN		MIRAFLORES - SAN ISIDRO			MÁQUINA PERFORADORA		LONG YEAR 44							
COORDENADAS UTM		N: 8660518		TORRE		SUPERVISADO POR		ING. JACK LOPEZ ACUÑA						
		E: 276493		NIVEL FREÁTICO FINAL(m)		REGISTRADO POR		JLINGS						
COTA DE BOCA (msnm)		64.50		FECHA DE INICIO		DIBUJADO POR		JLINGS						
PROFUNDIDAD PROGRAMADA (m)		30.00		FECHA DE FINALIZACIÓN		PERFORISTA		JESUS SOTO						
PROFUNDIDAD EJECUTADA (m)														
PROFUNDIDAD (m)	DÍAMETRO		RETORNO AGU PERFORACIÓN		DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA TEXTURA DEL SUBSUELO					PERFIL GEOLÓGICO	SUCS (DESCRIPCIÓN BASADA EN OBSERVACIÓN DE CAMPO)	RECUPERACIÓN (%)	SPT N° de golpes	
	PERFORACIÓN	REMEDIAMENTO DE PERFORACIÓN	COLOR	PERDIDA %	(1) Estimar el % de los tamaños [Boleos (>25cm), Grava (0.2 a 25cm), Arena (1/16 a 2 mm), Finos (<1/16 mm)] utilizando los términos siguientes: Traza (<5%), Muy poco (5-10%), Poco (15-25%), Algunos cuantos (30-45%), Muchos (>50%). (2) Angularidad Y Forma de la grava y boleos (3) Tipo de roca original (4) Compacidad δ Consistencia. (5) Plasticidad de los finos. (6) Color del suelo en condiciones húmedas. (7) Reacción al ácido clorhídrico.									
6 7 8 9 10	HQ HW	CAJA 02	20	50	N° DE CAJAS DE TESTIGOS	LONGITUD DE CORRIENTA (m)	LONGITUD DE ESTRATO (m)	Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 4.95 - 5.80	GM					
								CTP N° GOLPES 5 - 4 - 6 5.80 - 6.25	CTP				N=12	
								Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 6.25 - 7.50	GM					
								CTP N° GOLPES 6 - 5 - 6 7.50 - 7.95	CTP				N=13	
								Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 7.95 - 9.30	GM					
							CTP N° GOLPES 6 - 6 - 7 9.30 - 9.75	CTP				N=15		
							Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 9.75 - 11.30	GM						
<b>LEYENDA</b> 														
												P - 02		
												Hoja: 02 - 06		

Fuente: Jack López Ingenieros S.A.C.



## Anexo 64

Registro de la perforación P-02 (hoja 4 de 6) del Proyecto "Creación, instalación del Punte de la Amistad en la bajada San Martín del circuito de la Costa Verde -2018

PROYECTO: CREACIÓN, INSTALACIÓN DEL PUENTE DE LA AMISTAD EN LA BAJADA SAN MARTIN DEL CIRCUITO DE LA COSTA VERDE ENTRE EL DISTRITO DE MIRAFLORES Y SAN ISIDRO									
UBICACIÓN		MIRAFLORES - SAN ISIDRO			MÁQUINA PERFORADORA		LONG YEAR 44		
COORDENADAS UTM		N: 8660518	TORRE		DERECHO		SUPERVISADO POR		
		E: 276493	NIVEL FREÁTICO FINAL(m)				REGISTRADO POR		
COTA DE BOCA (msnm)		64.50		FECHA DE INICIO		04/12/17		DIBUJADO POR	
PROFUNDIDAD PROGRAMADA (m)		30.00		FECHA DE FINALIZACIÓN		20/12/17		PERFORISTA	
PROFUNDIDAD EJECUTADA (m)								JESUS SOTO	
PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO		RETORNO AGUA PERFORACIÓN	N° DE CAJAS DE TESTIGOS	DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA TEXTURA DEL SUBSUELO (1) Estimar el % de los tamaños [Boleos (>25cm), Grava (0.2 a 25cm), Arena (1/16 a 2 mm), Finos (<1/16 mm)] utilizando los términos siguientes: Traza (< 5%), Muy poco (5-10%), Poco (15-25%), Algunos cuantos (30-45%), Muchos (>50%). (2) Angularidad Y Forma de la grava y boleos (3) Tipo de roca original (4) Compacidad ó Consistencia. (5) Plasticidad de los finos. (6) Color del suelo en condiciones húmedas. (7) Reacción al ácido clorhídrico.	PERFIL GEOLÓGICO	SUGS (DESCRIPCIÓN BASADA EN OBSERVACIÓN DE CAMPO)	RECUPERACIÓN (%)	SPT N° de golpes
	PERFORACIÓN	REMUESTRO DE PERFORACIÓN							
				CAJA 04					
16					Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 14.75 - 15.50		GM		
17					Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 15.50 - 17.00		GM		
18					CTP, N° GOLPES 49 - 0 - 0 17.00 - 17.45		CTP		N=38
19					Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 17.45 - 30.00				
20									
<b>LEYENDA</b> 									
								P - 02	
								Hoja: 04 - 06	

Fuente: Jack López Ingenieros S.A.C.

**Anexo 65**

*Registro de la perforación P-02 (hoja 5 de 6) del Proyecto "Creación, instalación del Punte de la Amistad en la bajada San Martín del circuito de la Costa Verde -2018*

PROYECTO: CREACIÓN, INSTALACIÓN DEL PUENTE DE LA AMISTAD EN LA BAJADA SAN MARTIN DEL CIRCUITO DE LA COSTA VERDE ENTRE EL DISTRITO DE MIRAFLORES Y SAN ISIDRO																																									
UBICACIÓN		MIRAFLORES - SAN ISIDRO			MÁQUINA PERFORADORA		LONG YEAR 44																																		
COORDENADAS UTM		N: 8660518	TORRE		DERECHO		SUPERVISADO POR																																		
COTA DE BOCA (msnm)		E: 276493	NIVEL FREÁTICO FINAL(m)		REGISTRADO POR		JLINGS																																		
PROFUNDIDAD PROGRAMADA (m)		30.00	FECHA DE INICIO		04/12/17		DIBUJADO POR																																		
PROFUNDIDAD EJECUTADA (m)		.....	FECHA DE FINALIZACIÓN		20/12/17		PERFORISTA																																		
PERFORISTA		JESUS SOTO																																							
PROFUNDIDAD (m)	DIÁMETRO		RETORNO AGUA PERFORACIÓN		DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA TEXTURA DEL SUBSUELO					PERFIL GEOLÓGICO	SUCS (DESCRIPCIÓN BASADA EN OBSERVACIÓN DE CAMPO)	RECUPERACIÓN (%)	SPT	N° de golpes																											
	PERFORACIÓN	REVESTIMIENTO DE PERFORACIÓN	COLOR	PERDIDA %	(1) Estimar el % de los tamaños [Boleos (>25cm), Grava (0.2 a 25cm), Arena (1/16 a 2 mm), Finos (<1/16 mm)] utilizando los términos siguientes: Traza (< 5%), Muy poco (5-10%), Poco (15-25%), Algunos cuantos (30-45%), Muchos (>50%). (2) Angularidad Y Forma de la grava y boleos (3) Tipo de roca original (4) Compacidad ó Consistencia. (5) Plasticidad de los finos. (6) Color del suelo en condiciones húmedas. (7) Reacción al ácido clorhídrico.																																				
21					Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdosa, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 17.45 - 30.00					GM																															
22																																									
23																																									
24																																									
25																																									
LEYENDA <table border="0"> <tr> <td></td> </tr> <tr> <td>GW</td> <td>GP</td> <td>GM</td> <td>GC</td> <td>SW</td> <td>SP</td> <td>SM</td> <td>SC</td> <td>ML</td> <td>CL</td> <td>OL</td> <td>MH</td> <td>OH</td> <td>OH</td> <td>PT</td> </tr> </table>																									GW	GP	GM	GC	SW	SP	SM	SC	ML	CL	OL	MH	OH	OH	PT	P - 02	
GW	GP	GM	GC	SW	SP	SM	SC	ML	CL	OL	MH	OH	OH	PT																											
														Hoja: 05 - 06																											

Fuente: Jack López Ingenieros S.A.C.

## Anexo 66

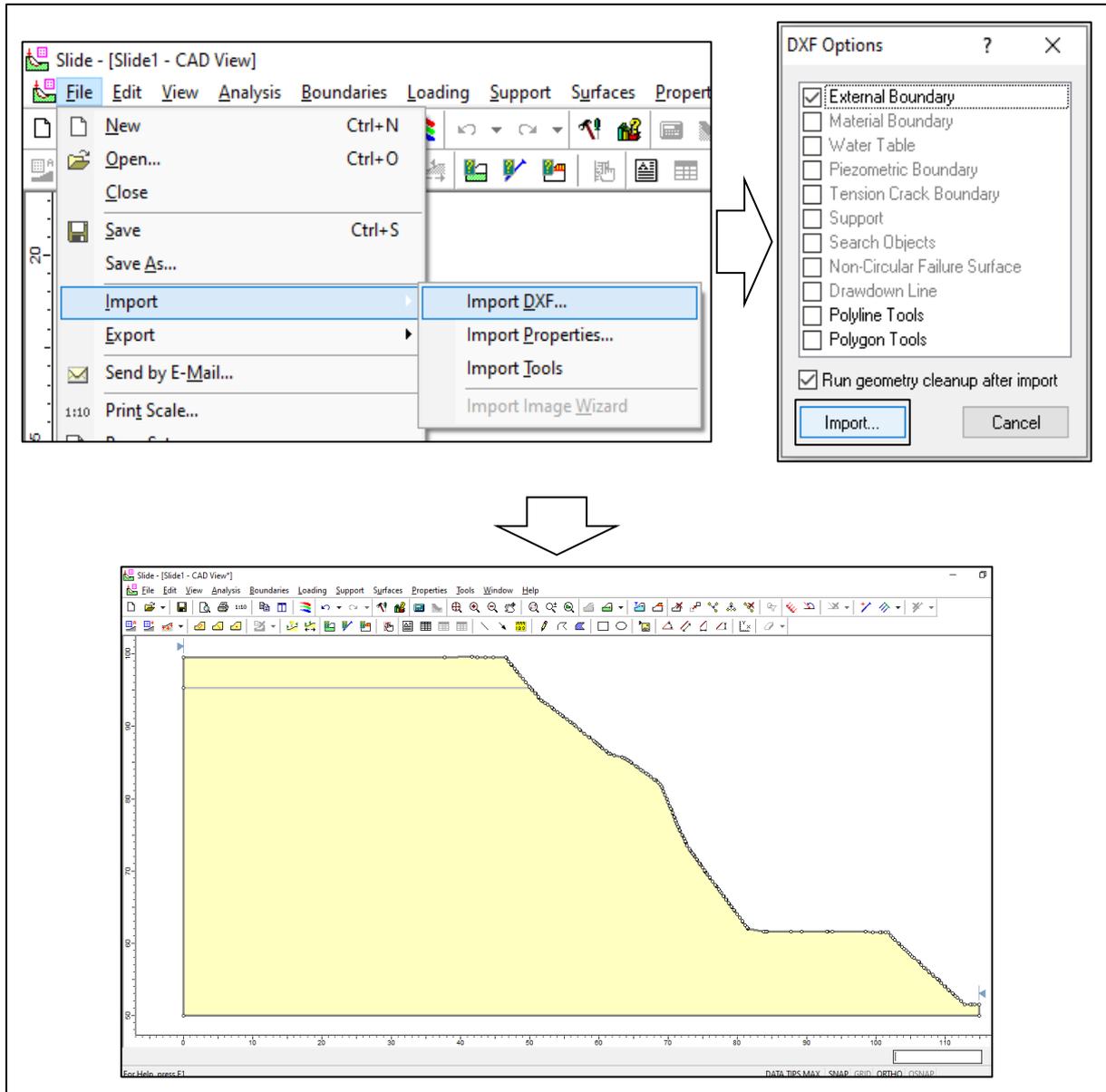
Registro de la perforación P-02 (hoja 6 de 6) del Proyecto "Creación, instalación del Punte de la Amistad en la bajada San Martín del circuito de la Costa -2018

PROYECTO: CREACIÓN, INSTALACIÓN DEL PUNTE DE LA AMISTAD EN LA BAJADA SAN MARTIN DEL CIRCUITO DE LA COSTA VERDE ENTRE EL DISTRITO DE MIRAFLORES Y SAN ISIDRO																			
UBICACIÓN		MIRAFLORES - SAN ISIDRO			MÁQUINA PERFORADORA		LONG YEAR 44												
COORDENADAS UTM		N: 8660518		TORRE		SUPERVISADO POR		ING. JACK LOPEZ ACUÑA											
		E: 276493		NIVEL FREÁTICO FINAL(m)		REGISTRADO POR		JLINGS											
COTA DE BOCA (msnm)		64.50		FECHA DE INICIO		DIBUJADO POR		JLINGS											
PROFUNDIDAD PROGRAMADA (m)		30.00		FECHA DE FINALIZACIÓN		PERFORISTA		JESUS SOTO											
PROFUNDIDAD EJECUTADA (m)																			
PROFUNDIDAD (m)	DÍAMETRO		RETORNO AGUA PERFORACIÓN		<b>DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA TEXTURA DEL SUBSUELO</b> (1) Estimar el % de los tamaños [Boleos (>25cm), Grava (0.2 a 25cm), Arena (1/16 a 2 mm), Finos (<1/16 mm)] utilizando los términos siguientes: Traza (< 5%), Muy poco (5-10%), Poco (15-25%), Algunos cuantos (30-45%), Muchos (>50%). (2) Angularidad Y Forma de la grava y boleas (3) Tipo de roca original (4) Compacidad ó Consistencia. (5) Plasticidad de los finos. (6) Color del suelo en condiciones húmedas. (7) Reacción al ácido clorhídrico.					PERFIL GEOLÓGICO	SUCS (DESCRIPCIÓN BASADA EN OBSERVACIÓN DE CAMPO)	RECUPERACIÓN (%)	SPT						
	PERFORACIÓN	REVESTIMIENTO DE PERFORACIÓN	COLOR	PERDIDA %										N° DE CAJAS DE TESTIGOS	LONGITUD DE CORRIEDA (m)	LONGITUD DE ESTIMADO (m)			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
Grava, Arena limosa de color Beige claro a gris verdoso, en estado húmeda, relleno fluvial, no se observa nivel freático. 17.45 - 30.00																			
<b>LEYENDA</b> 																			
								P - 02											
								Hoja: 06 - 06											

Fuente: Jack López Ingenieros S.A.C.

## Anexo 67

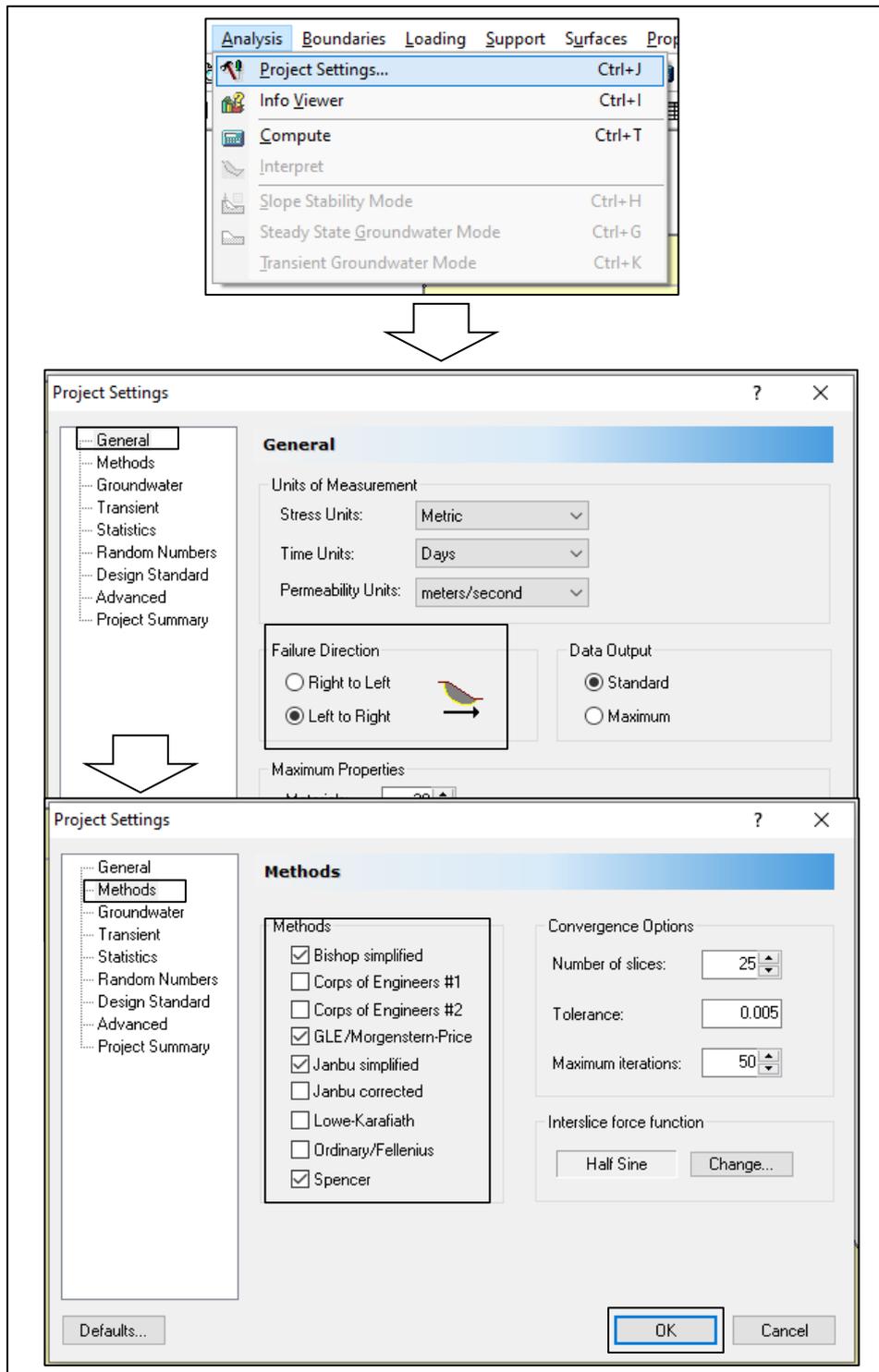
*Importación de sección a Slide – Manual de instrucción Slide v.6.004*



Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 68

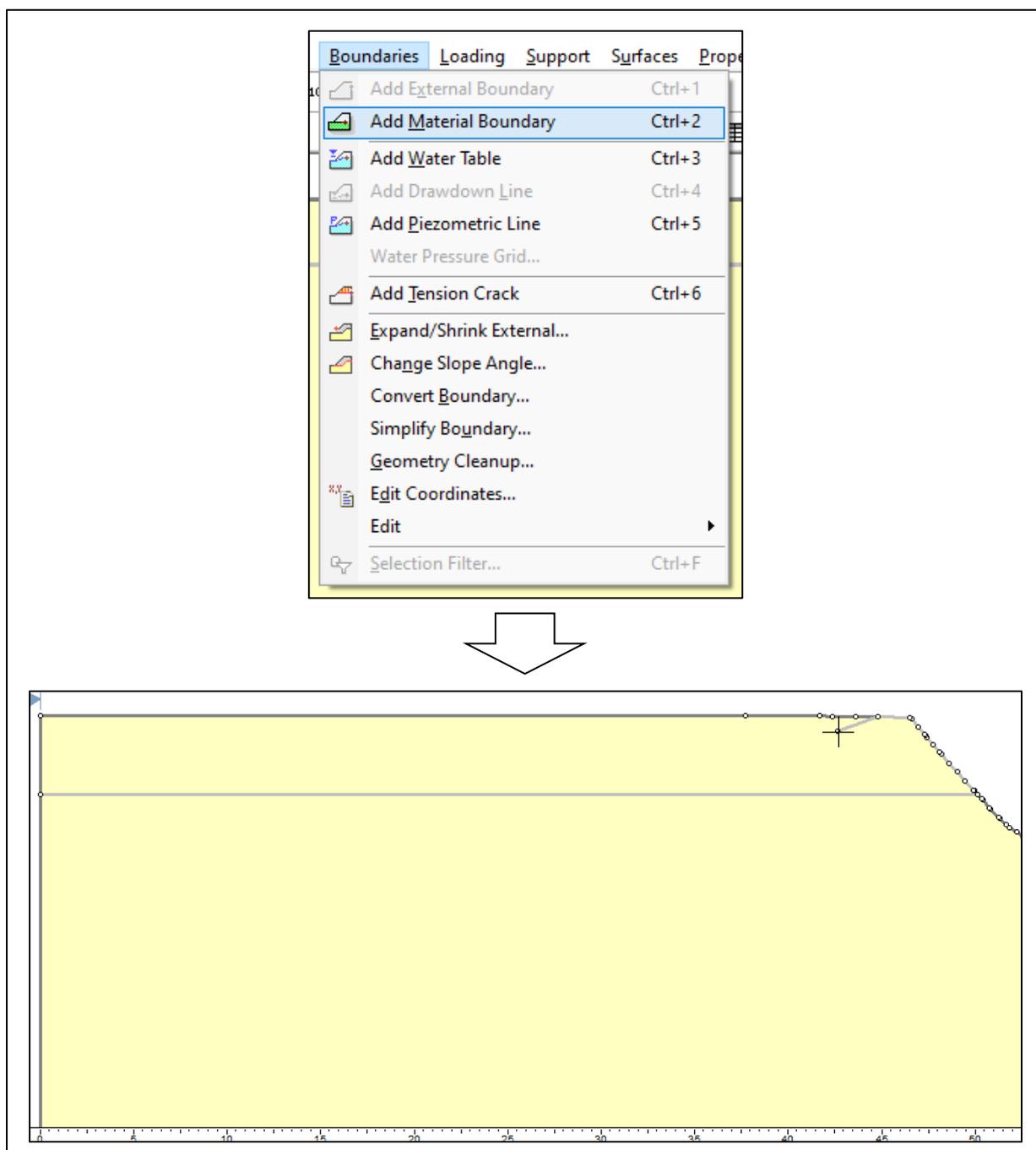
*Ajustar la configuración del proyecto – Manual de instrucción Slide v.6.004*



Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 69

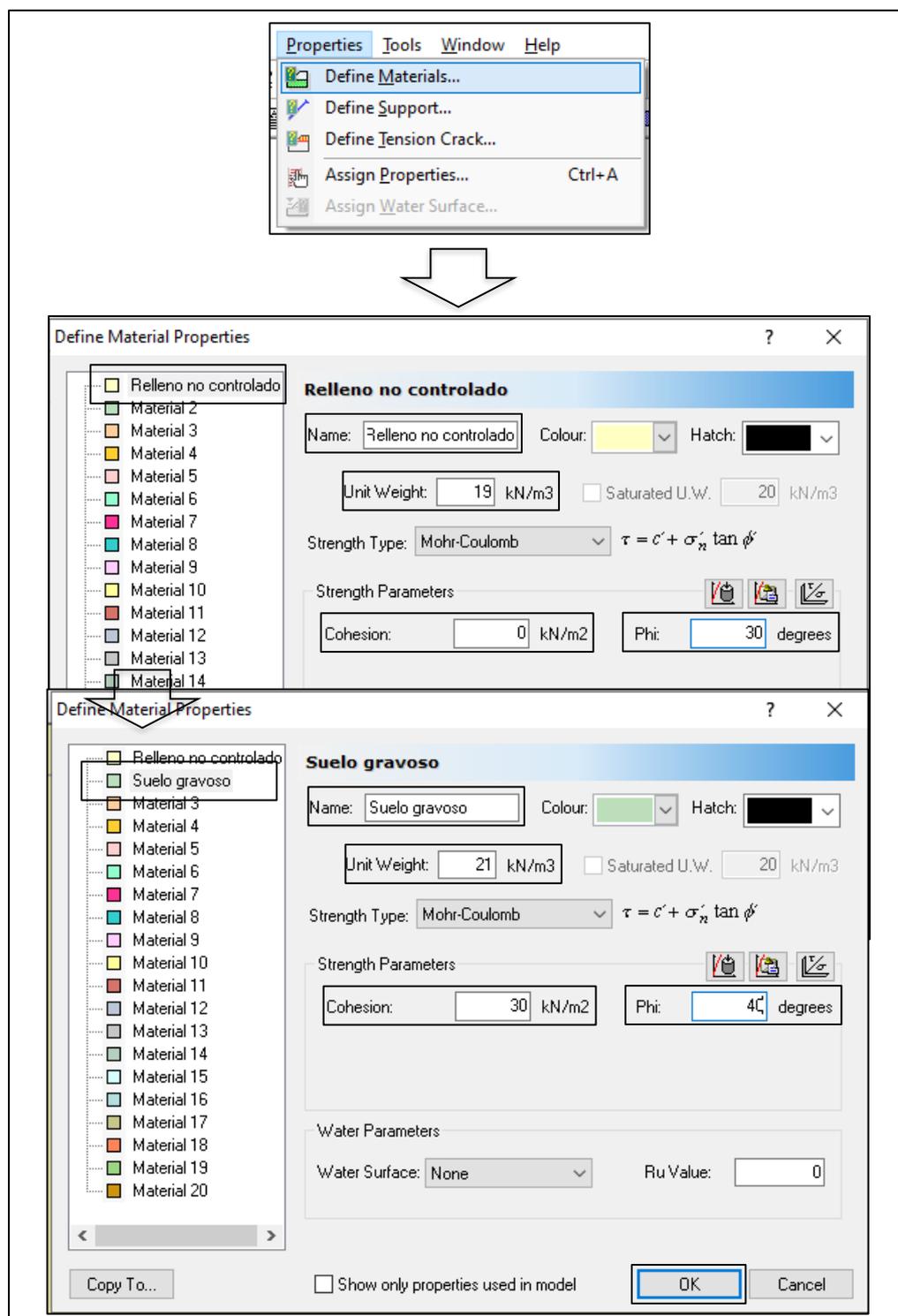
*Definir límite de materiales – Manual de instrucción Slide v.6.004*



Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 70

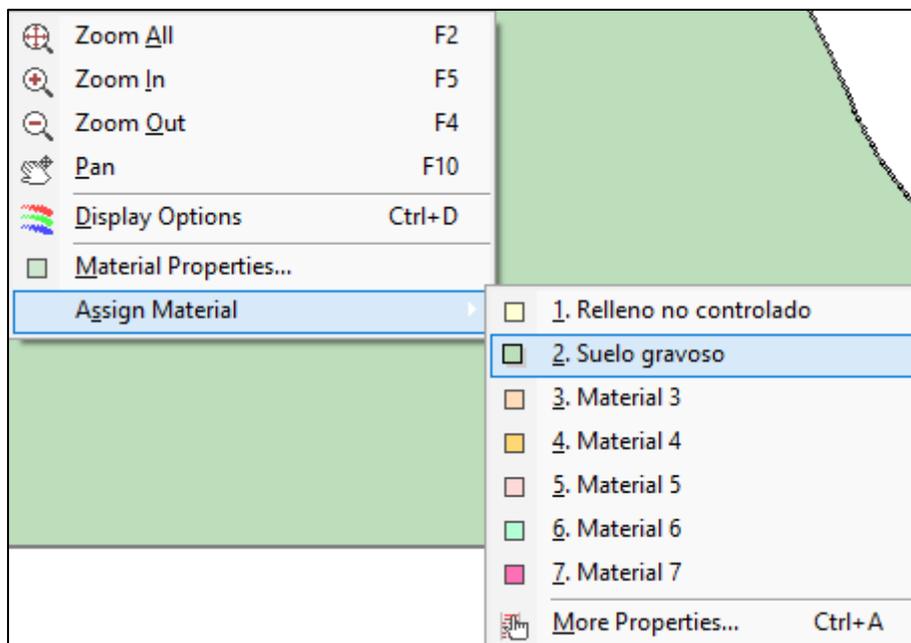
### Definir materiales – Manual de instrucción Slide v.6.004



Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 71

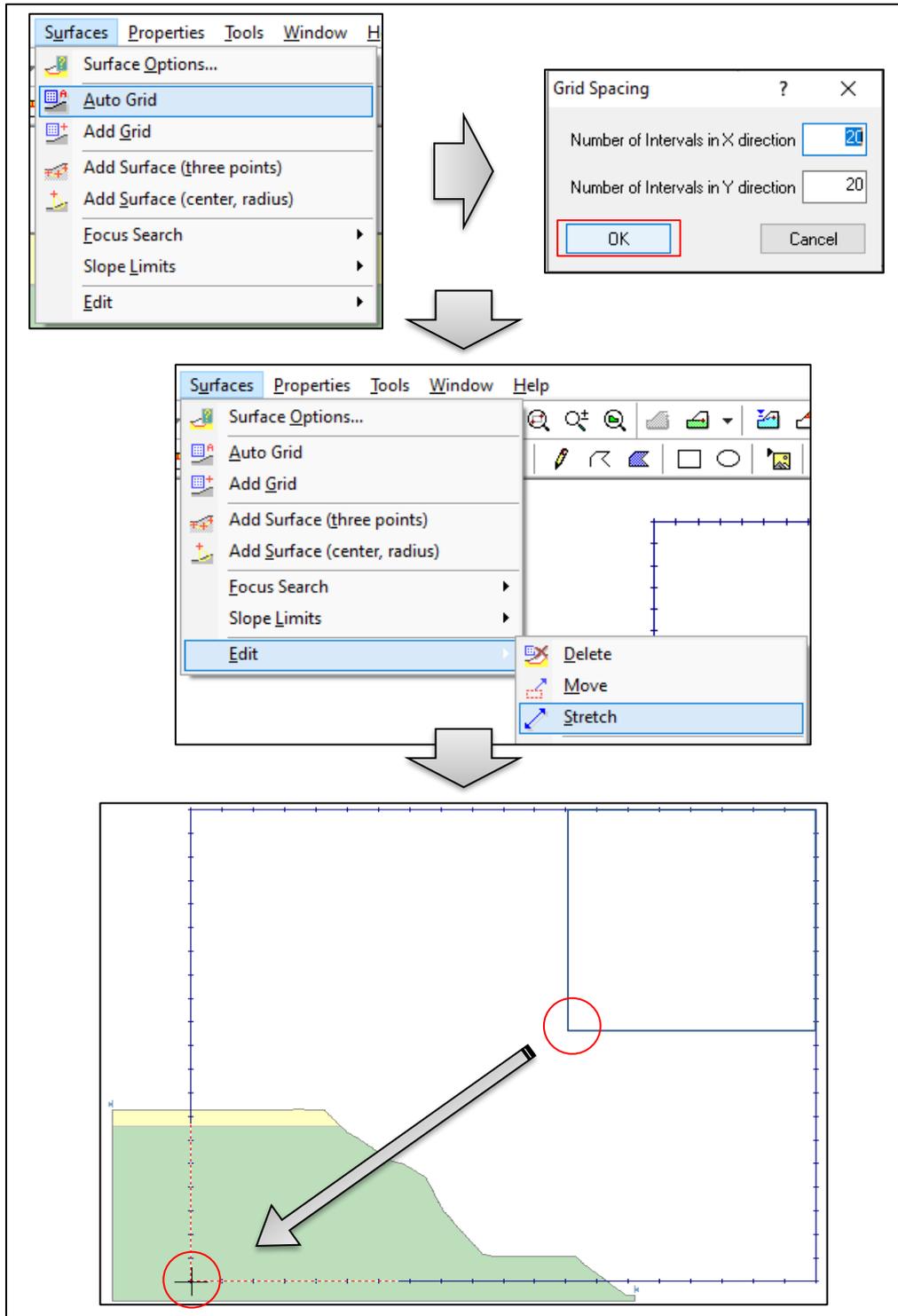
*Asignar materiales con clic secundario simple – Manual de instrucción Slide v.6.004*



Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 72

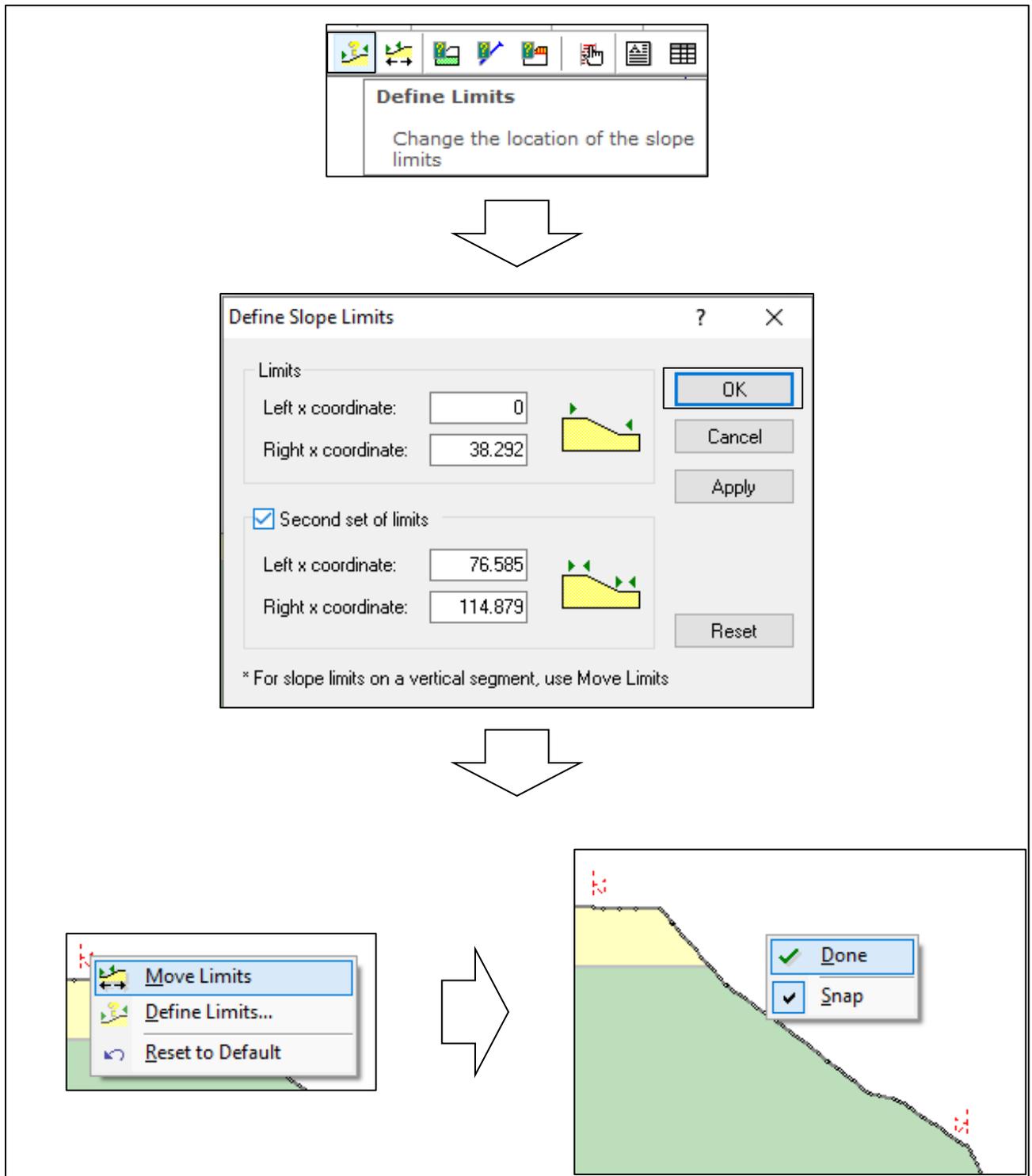
Crear y estirar grilla – Manual de instrucción Slide v.6.004



Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 73

#### Definir y mover límites – Manual de instrucción Slide v.6.004

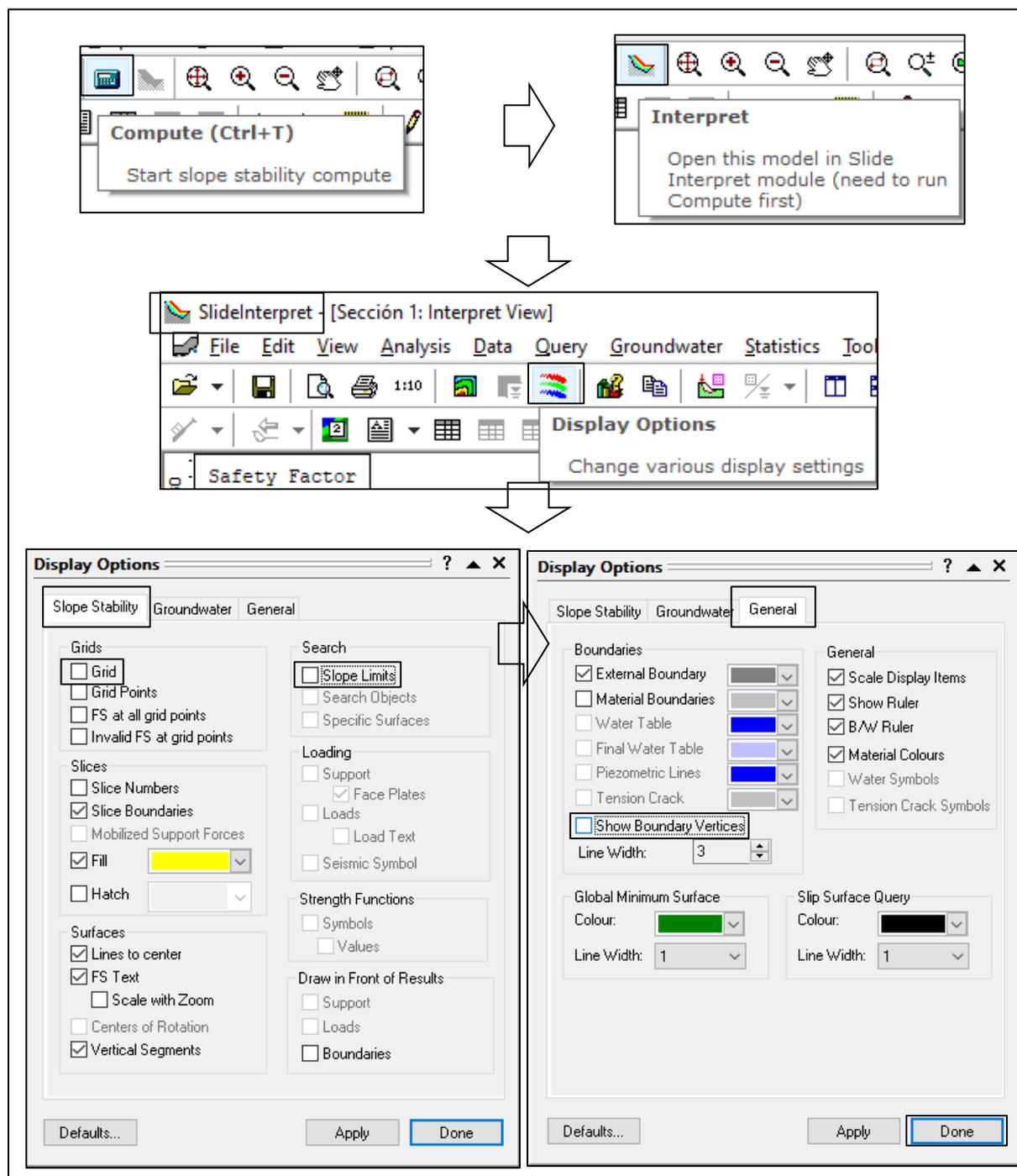


Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 74

Calcular, interpretar y luego configurar las opciones de vista – Manual de instrucción Slide

v.6.004

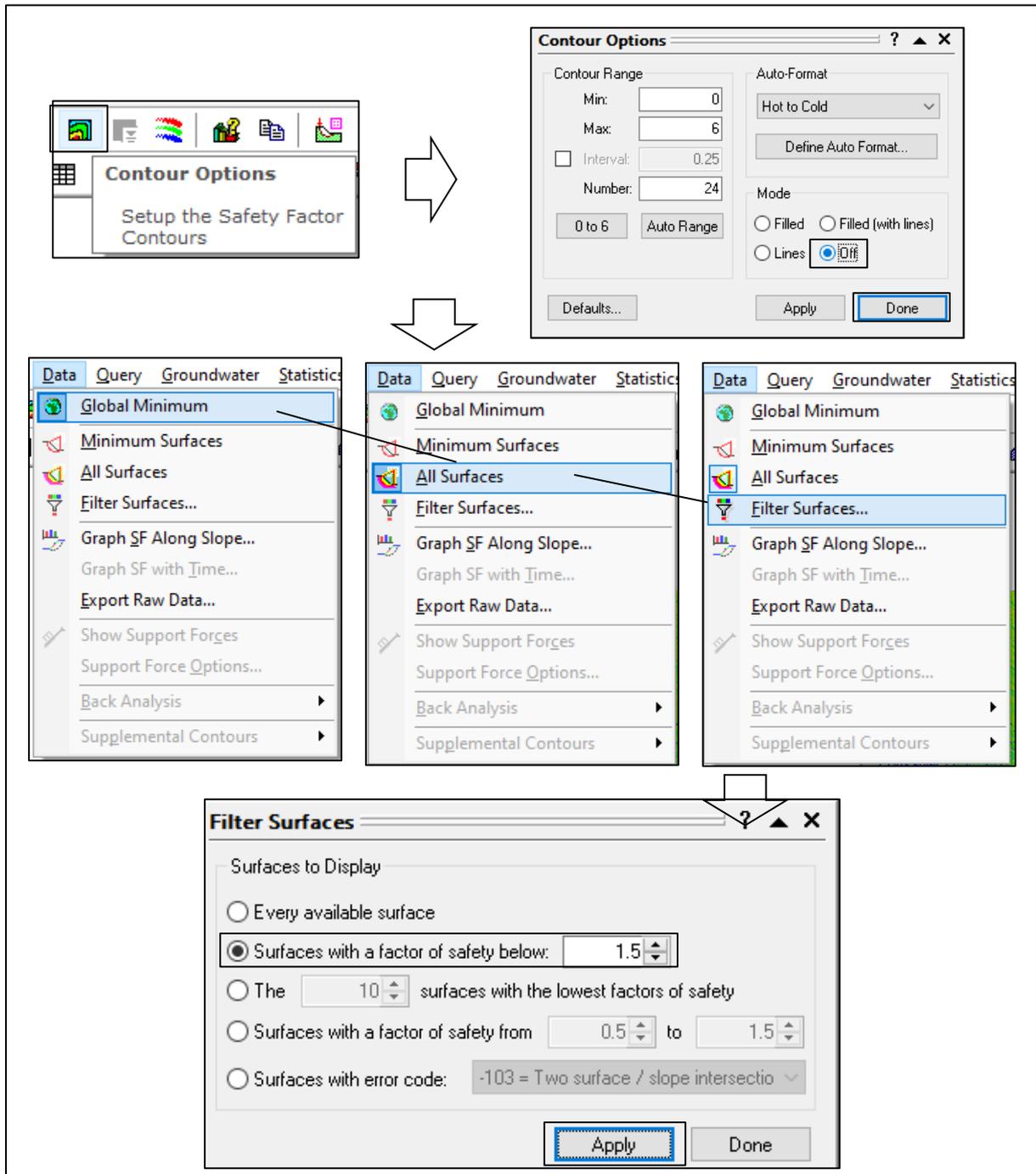


Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 75

### Ocultar contorno y configurar la visualización de resultados – Manual de instrucción Slide

v.6.004



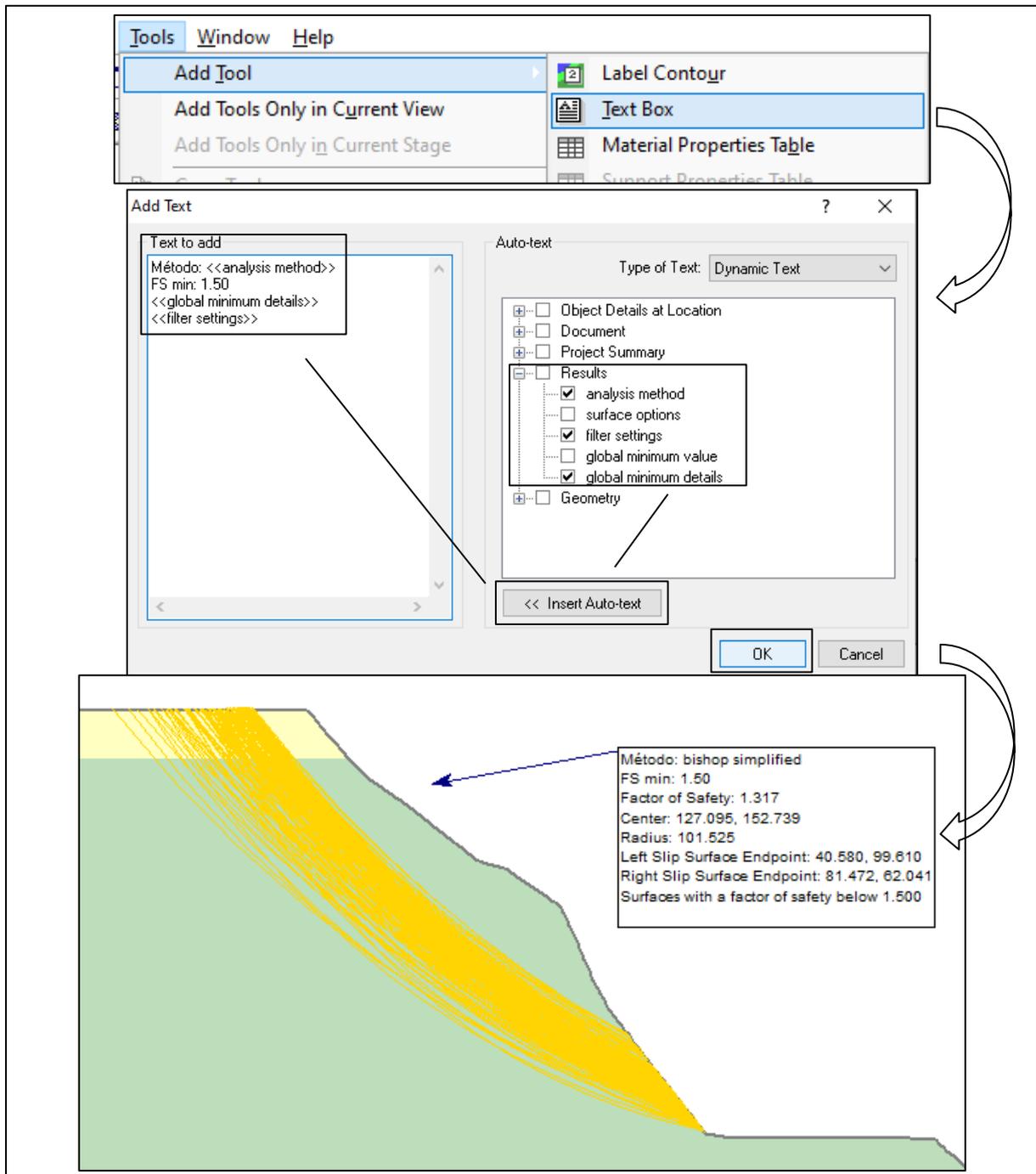
The image illustrates the steps to configure contour options and filter surfaces in a software application. It shows three sequential states of the software interface:

- Initial State:** A toolbar with a 'Contour Options' button. Below it, a tooltip reads: "Setup the Safety Factor Contours".
- Contour Options Dialog:** A dialog box titled "Contour Options" is open. It contains:
  - Contour Range: Min: 0, Max: 6, Interval: 0.25, Number: 24. Buttons for "0 to 6" and "Auto Range".
  - Auto-Format: "Hot to Cold" dropdown, "Define Auto Format..." button.
  - Mode: Radio buttons for "Filled", "Filled (with lines)", and "Lines" (which is selected).
  - Buttons: "Defaults...", "Apply", and "Done".
- Filter Surfaces Dialog:** A menu is open with "Filter Surfaces..." selected. This leads to a dialog box titled "Filter Surfaces" with the following options:
  - Surfaces to Display:
    - Every available surface
    - Surfaces with a factor of safety below: 1.5
    - The 10 surfaces with the lowest factors of safety
    - Surfaces with a factor of safety from 0.5 to 1.5
    - Surfaces with error code: -103 = Two surface / slope intersectio
  - Buttons: "Apply" and "Done".

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 76

*Añadir caja de texto con resultados – Manual de instrucción Slide v.6.004*

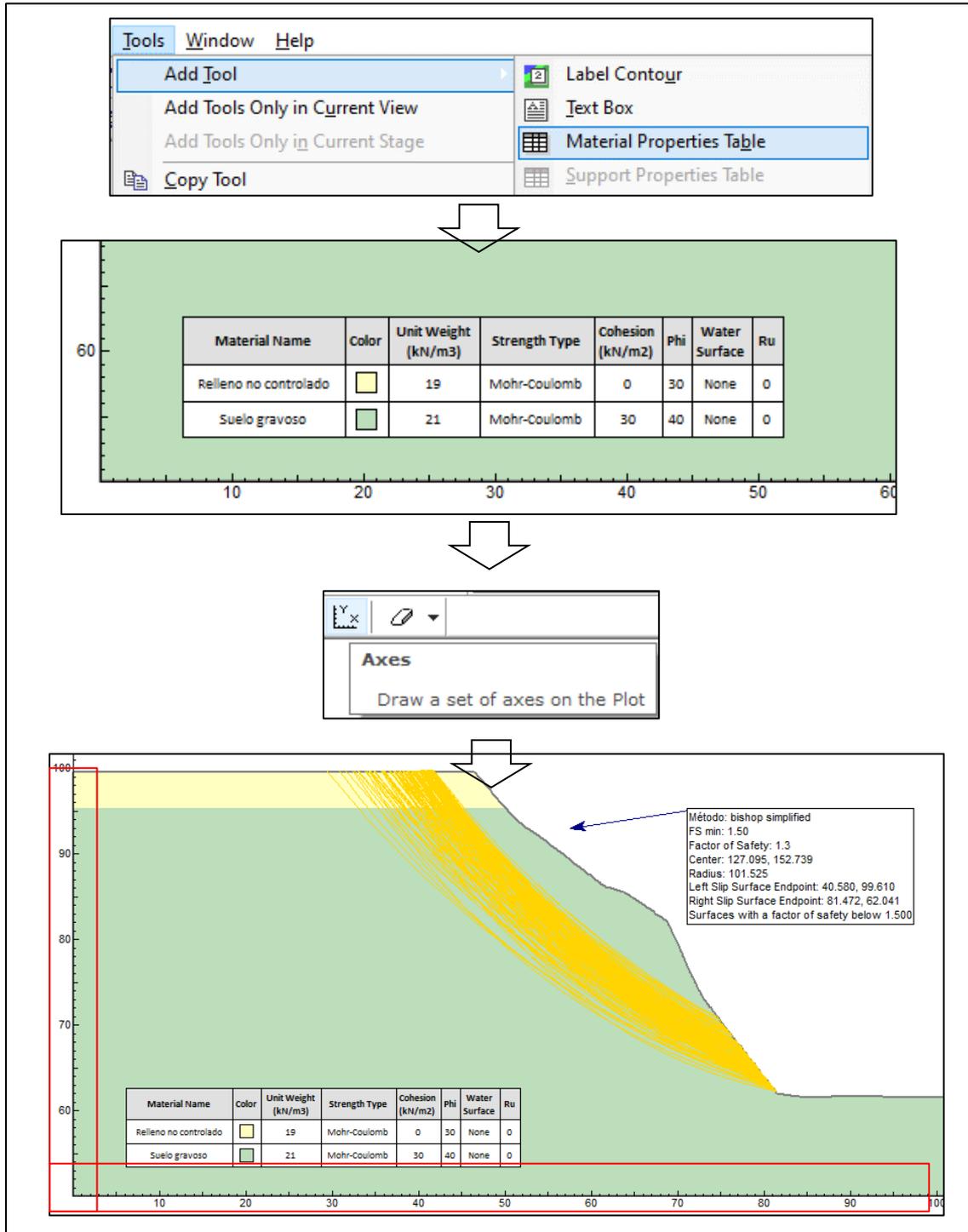


Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 77

Añadir tabla de propiedades de material, eje horizontal y vertical – Manual de instrucción

Slide v.6.004



The image illustrates the steps to add material properties and axes to a plot in a software application. It is divided into three main stages:

- Menu Selection:** The 'Tools' menu is open, and 'Material Properties Table' is selected.
- Material Properties Table:** A table is added to the plot area. The table contains the following data:
 

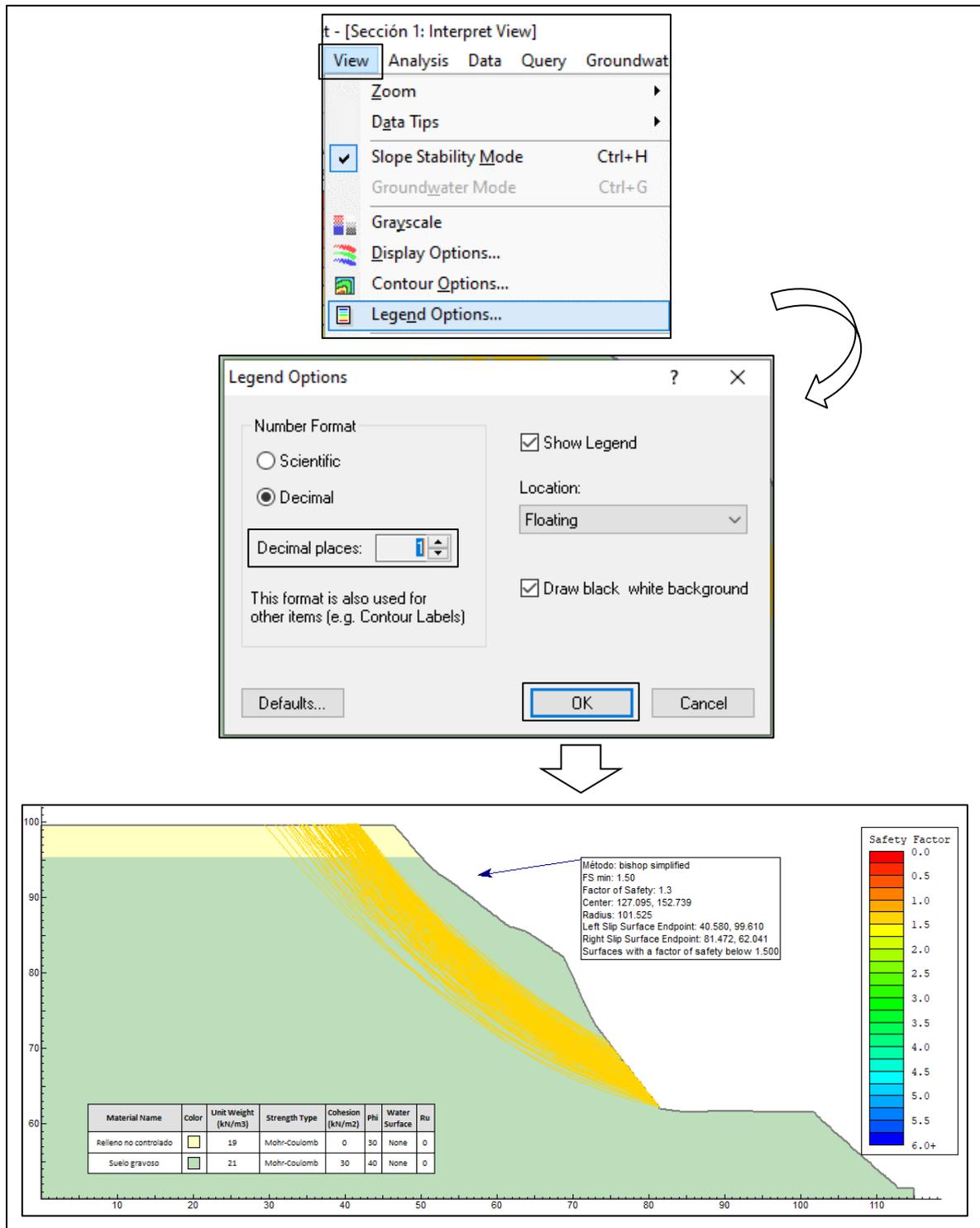
Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface	Ru
Relleno no controlado	Yellow	19	Mohr-Coulomb	0	30	None	0
Suelo gravoso	Green	21	Mohr-Coulomb	30	40	None	0
- Axis Addition and Analysis:** The 'Axes' tool is used to draw a set of axes on the plot. The final plot shows a cross-section of a slope with a yellow fill (uncontrolled fill) on top and a green fill (clayey soil) below. A safety analysis box is present, containing the following information:
 

Método: bishop simplified  
 FS min: 1.50  
 Factor of Safety: 1.3  
 Center: 127.095, 152.739  
 Radius: 101.525  
 Left Slip Surface Endpoint: 40.580, 99.610  
 Right Slip Surface Endpoint: 81.472, 62.041  
 Surfaces with a factor of safety below 1.500

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 78

Configurar las opciones de leyenda – Manual de instrucción Slide v.6.004



Fuente: Elaboración propia.