

SERVIPET S.A. - CN SAPAG S.A. UTE

NUEVO HOSPITAL REGIONAL RAMÓN CARRILLO
SAN MARTIN DE LOS ANDES

VERIFICACIÓN A LA ESTABILIDAD
DEL TALUD INTERMEDIO
(1-691)

OCTUBRE DE 2015

INDICE

1-INTRODUCCIÓN.....	2
2-PLANTEO DEL PROBLEMA	2
3-EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO DEL TALUD	2
3.1- Modelación.....	2
3.2- Geometría	3
3.3- Cargas.....	3
3.4- Parámetros geotécnicos para la verificación.....	4
3.5- Resultados obtenidos.....	4
4-ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	5
5-RELLENOS.....	5
5.1- Zona 1	5
5.2- Zona 2	5
5.3- Zona 3.....	6
5.4- General	6
6-PROTECCIÓN SUPERFICIAL	6

1- INTRODUCCIÓN

El presente informe resume los resultados de la verificación de seguridad al deslizamiento del talud de transición entre los niveles superior e inferior de implantación de la obra “Nuevo Hospital San Martín de los Andes”, provincia del Neuquén, realizado a solicitud de SERVIPET S.A-CN SAPAG S.A. UTE.

2- PLANTEO DEL PROBLEMA

El proyecto prevé la construcción del hospital en dos niveles ubicados en cotas 719 y 713. Como alternativa a la construcción del muro de sostenimiento previsto se plantea la realización de un talud de transición entre esos niveles.

Atento a las características y propósito de la obra, así como a las condiciones del suelo del sitio, resulta necesario diseñar un talud que cumpla con las condiciones de estabilidad apropiadas.

3- EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO DEL TALUD

3.1- Modelación

El cálculo de los factores de seguridad al deslizamiento fue realizado mediante programa de análisis de estabilidad de taludes para un modelo bidimensional de equilibrio límite, analizando fajas de ancho unitario, por lo que no tiene en cuenta la contribución lateral del terreno por el efecto tridimensional.

A fin de cubrir la mayoría de las situaciones se consideraron superficies de falla circulares para los siguientes casos:

Caso 1: Falla superficial

Se trata de superficies de falla ubicadas próximo a la superficie exterior del talud. Estas superficies buscan establecer el valor mínimo correspondiente a fallas locales, muy próximas a las del tipo “paralela al talud”, que corresponde a la situación crítica pero son fallas que no movilizan un gran volumen de material. Las superficies se consideraron que emergen en el pie del talud.

Caso 2: Falla intermedia

En este caso se trata de superficies más profundas que las anteriores, que se desarrollan iniciándose en la cresta del talud y emergen en puntos ubicados en la parte baja del talud, sobre el pie.

Caso 3: Falla profunda por el pie del talud

Aquí las superficies son más profundas aún y emergen más allá del pie del talud, involucrando a la totalidad del mismo, provocando una falla de tipo “general”. Teniendo en cuenta las características geométricas y de conformación del talud este caso tiene baja probabilidad de ocurrencia.

3.2- Geometría

El espacio disponible para el desarrollo del talud está limitado por la distancia entre los edificios del Sector B y el Sector C. Tomando en cuenta esta restricción se ha diseñado un talud con una inclinación 1V:1,7H.

El diseño dispone de un talud heterogéneo de 3 zonas:

ZONA 1: Corresponde a la parte externa del talud, que es la más crítica, conformada por suelo seleccionado de gravas arenosas compactadas, con tamaño máximo 4", de características similares a las utilizadas para el recambio en la zona de los pilotes.

ZONA 2: Por detrás de la anterior se ha previsto un dren granular de gravas gruesas limpias con el fin de captar cualquier flujo de agua a través del terreno y conducirlo rápidamente a la parte inferior del talud para su evacuación por el sistema de drenaje. Esto tiene dos propósitos:

- Evitar que el flujo pueda alcanzar la zona 1 dejándola en condición sumergida lo que se traduce en una reducción del factor de seguridad al deslizamiento.
- Evitar que el flujo pueda aparecer en la cara del talud provocando un escurrimiento superficial que erosione al mismo.

ZONA 3: Corresponde a aquellos rellenos que sea necesario realizar donde el perfil del terreno natural esté sobreexcavado, para conformar la base del dren. Para este sector se podrán utilizar materiales gravo arenosos naturales del sitio limitando el tamaño máximo a 8" de modo que pueda ser compactado.

Alrededor del dren se ha previsto la colocación de un geotextil para actuar de filtro entre aquél y el terreno circundante, de modo de evitar la migración de finos que puedan colmatarlo.

3.3- Cargas

Agua

Para la verificación estática se analizaron dos condiciones en relación con la presencia de agua en el suelo:

- Condición natural, sin napa freática.
- Con nivel freático próximo a la superficie.

Sismo

La verificación sísmica de la estabilidad se realizó mediante método pseudo-estático, con un valor de coeficiente sísmico horizontal $K_h = 0,18$ correspondiente a la Zona 2, según el reglamento CIRSOC 103 – 2005.

3.4- Parámetros geotécnicos para la verificación

Para realizar las verificaciones correspondientes, se adoptaron los siguientes parámetros que pueden considerarse mínimos razonables para los suelos presentes.

Zona	Descripción del suelo	Parámetros geotécnicos			
		γ_H (tn/m ³)	γ_S (tn/m ³)	c (tn/m ²)	ϕ (°)
1	Suelo seleccionado de gravas arenosas compactadas	2,0	2,2	0	38
2	Dren granular de gravas gruesas limpias	1,7	2,0	0	40
3	Materiales gravo arenosos naturales del sitio, tamaño máximo 8"	1,8	2,0	0	36

La resistencia al deslizamiento se define a través de la cohesión y ángulo de fricción del material por la ecuación de Mohr Coulomb: $\tau_r = c + \sigma_N \cdot \text{tg } \phi$

3.5- Resultados obtenidos

En el cuadro siguiente se resumen los resultados obtenidos para el factor de seguridad mínimo al deslizamiento en condiciones estáticas, de cada caso.

Condición del Suelo	Tipo de Falla	F.S. mín.
Natural	Superficial	1.33
Napa freática		1.33
Natural	Intermedia	1,68
Napa freática		1,63
Natural	Profunda	1.96
Napa freática		1.65

Para la verificación sísmica resultó un FS = 1,2

En el Anexo se presentan las figuras con los resultados de los diez factores más críticos obtenidos para cada caso considerado.

4- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

La verificación a la falla superficial tiene como objetivo establecer la condición límite más desfavorable, aunque debe tenerse presente que sólo involucra a volúmenes muy pequeños de suelo que no ponen en riesgo la estabilidad general. El $FS_{\min} = 1,33$ indicado en la tabla se corresponde con superficies prácticamente coincidentes con el talud (valor límite igual a $\text{tg } \phi / \text{tg } \alpha$) por lo que carece de significado práctico. Para superficies levemente más profundas los resultados se ubican por encima de $FS = 1,4$. Bajo estas premisas, el grado de seguridad resulta adecuado.

Para el caso de falla intermedia o profunda los FS más críticos se ubican en valores superiores a 1,6 superando al $FS_{\min} = 1,5$ que se considera razonable, lo que implica que el talud proyectado tiene un grado de seguridad al deslizamiento muy bueno.

En cuanto al análisis sísmico, se asume que esta es una condición extrema para la cual sólo se requiere que el talud no falle, lo cual implica que se debe tener un $FS_{\min} \geq 1,0$. El valor de $FS = 1,2$ obtenido implica nuevamente un grado de seguridad al deslizamiento óptimo.

Más allá de todo lo anterior, no debe perderse de vista que la contribución lateral del suelo por efecto tridimensional, no considerada en el modelo, hará que los FS reales sean algo más altos, mejorando aún más la seguridad del talud.

5- RELLENOS

5.1- Zona 1

Para los rellenos que conforman la Zona 1 del talud, se deberán utilizar suelos gravo arenosos seleccionados, con las siguientes características:

- Tamaño máximo: 4"
- Pasante Tamiz N° 4: $\geq 30\%$
- Pasante Tamiz N° 200: $\leq 5\%$

El material será colocado y compactado en capas de espesor comprendido entre 0,15 y 0,20 m, hasta alcanzar el nivel requerido, con una densidad de por lo menos el 98% de la máxima Proctor AASHTO T180, para lo cual se utilizará equipo de rodillo liso vibratorio pesado, con un número mínimo de cuatro pasadas por capa.

5.2- Zona 2

Para el material de dren de la Zona 2 del talud, se deberán utilizar gravas gruesas y limpias, con las siguientes características:

- Tamaño máximo: 4"
- Tamaño mínimo: 1"

El material será colocado sobre la base de apoyo, previamente cubierta con el geotextil de filtro, con el espesor de 0,5 m previsto, cuidando de no producir daño al geotextil.

5.3- Zona 3

Para aquellos sectores donde el terreno se encuentre sobreexcavado, los rellenos que deban realizarse para conformar el talud que sirve de asiento al dren de la Zona 2, se podrán utilizar los suelos gravo arenosos naturales presentes en el sitio, con las siguientes características:

- Tamaño máximo: 8"
- Pasante Tamiz N° 4: $\geq 30\%$
- Pasante Tamiz N° 200: $\leq 5\%$

El material será colocado y compactado en capas de espesor comprendido entre 0,20 y 0,25 m, hasta alcanzar el nivel requerido, con una densidad de por lo menos el 96% de la máxima Proctor AASHTO T180, para lo cual se utilizará equipo de rodillo liso vibratorio pesado, con un número mínimo de cuatro pasadas por capa.

5.4- General

a) Limpieza superficial

Antes de la colocación de cualquier material de las Zona 1 y Zona 2 se deberá excavar hasta la profundidad necesaria para retirar cualquier material inapropiado (vegetación, suelo vegetal, etc.).

b) Compactación de la superficie de asiento resultante

La superficie de asiento resultante luego de la limpieza deberá ser compactada apropiadamente antes de comenzar la colocación de material de relleno.

6- PROTECCIÓN SUPERFICIAL

Resulta necesario la colocación de una protección sobre la cara expuesta del talud para evitar la erosión superficial por cualquier flujo de agua producto de lluvia u otro origen.

Para tal fin se ha indicado una capa de suelo vegetal que permita la colocación de césped u otra cobertura vegetal que cumpla con tal propósito. No obstante, esta solución es sólo indicativa y podría ser reemplazada por otra, como un recubrimiento de material granular grueso resistente a la erosión.

Ing. Sergio Heredia

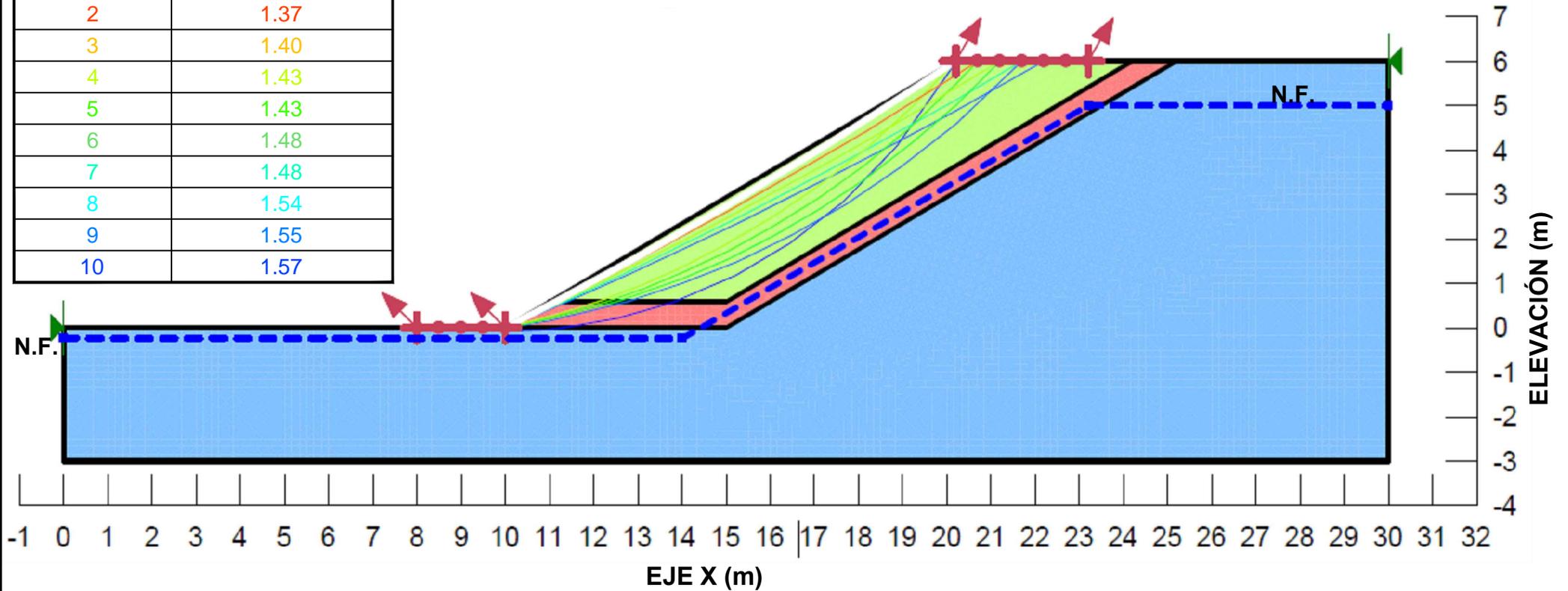
M. P. 759 - INC

Neuquén, 28 de octubre de 2015.

ANEXO SALIDAS DEL PROGRAMA

CASO: FALLA SUPERFICIAL - CONDICIÓN CON NAPA FREÁTICA

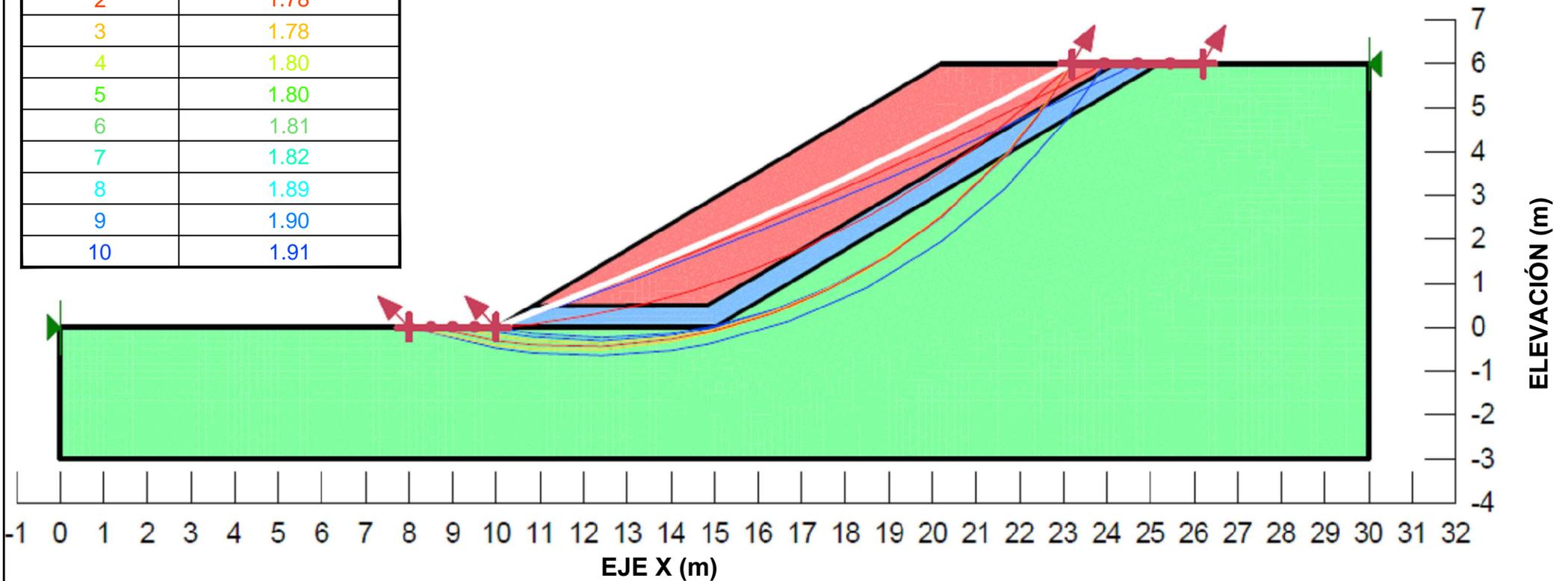
Nº DE CURVA	F.S.
1	1.33
2	1.37
3	1.40
4	1.43
5	1.43
6	1.48
7	1.48
8	1.54
9	1.55
10	1.57



SUELO TIPO Nº	PESO ESPECÍFICO HÚMEDO (t/m³)	PESO ESPECÍFICO SATURADO (t/m³)	COHESIÓN INTRINSECA (t/m²)	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)
1	2.00	2.20	0	38
2	1.70	2.00	0	40
3	1.80	2.00	0	36

Nº DE CURVA	F.S.
1	1.68
2	1.78
3	1.78
4	1.80
5	1.80
6	1.81
7	1.82
8	1.89
9	1.90
10	1.91

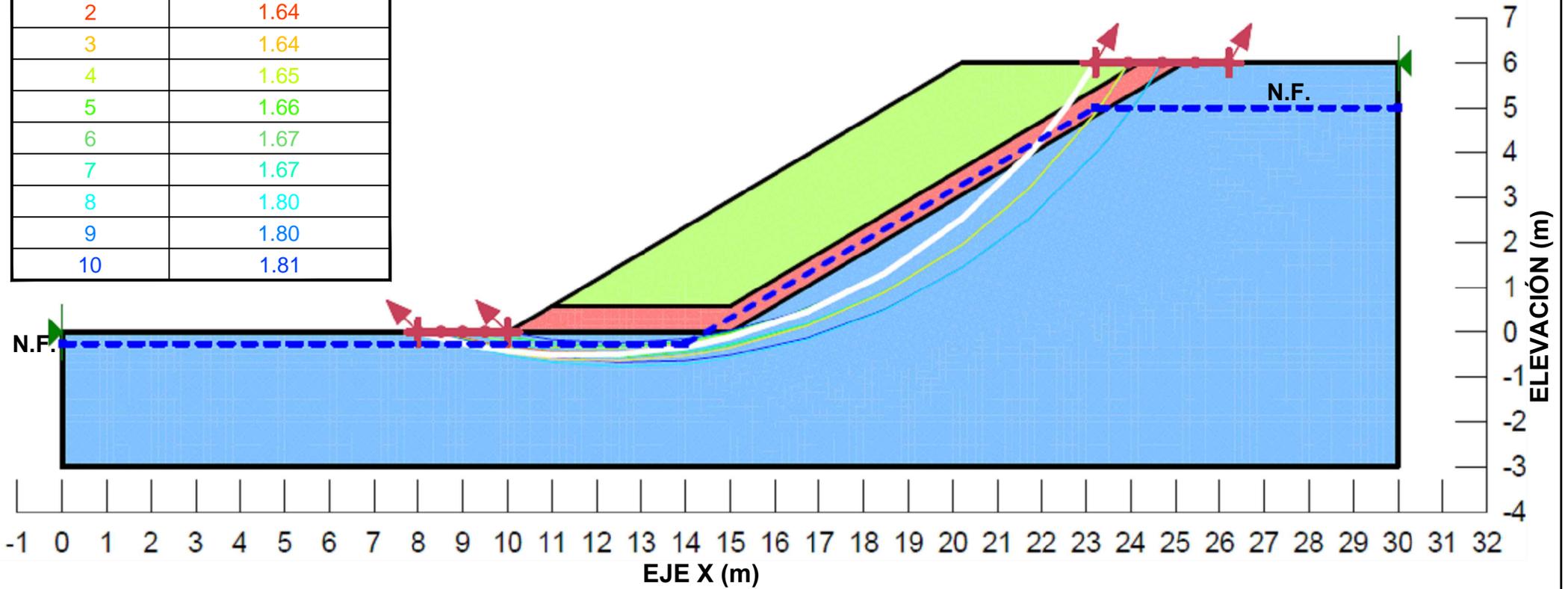
CASO: FALLA INTERMEDIA - CONDICIÓN DE SUELO NATURAL



SUELO TIPO Nº	PESO ESPECÍFICO HÚMEDO (t/m³)	PESO ESPECÍFICO SATURADO (t/m³)	COHESIÓN INTRINSECA (t/m²)	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)
1	2.00	2.20	0	38
2	1.70	2.00	0	40
3	1.80	2.00	0	36

CASO: FALLA INTERMEDIA - CONDICIÓN CON NAPA FREÁTICA

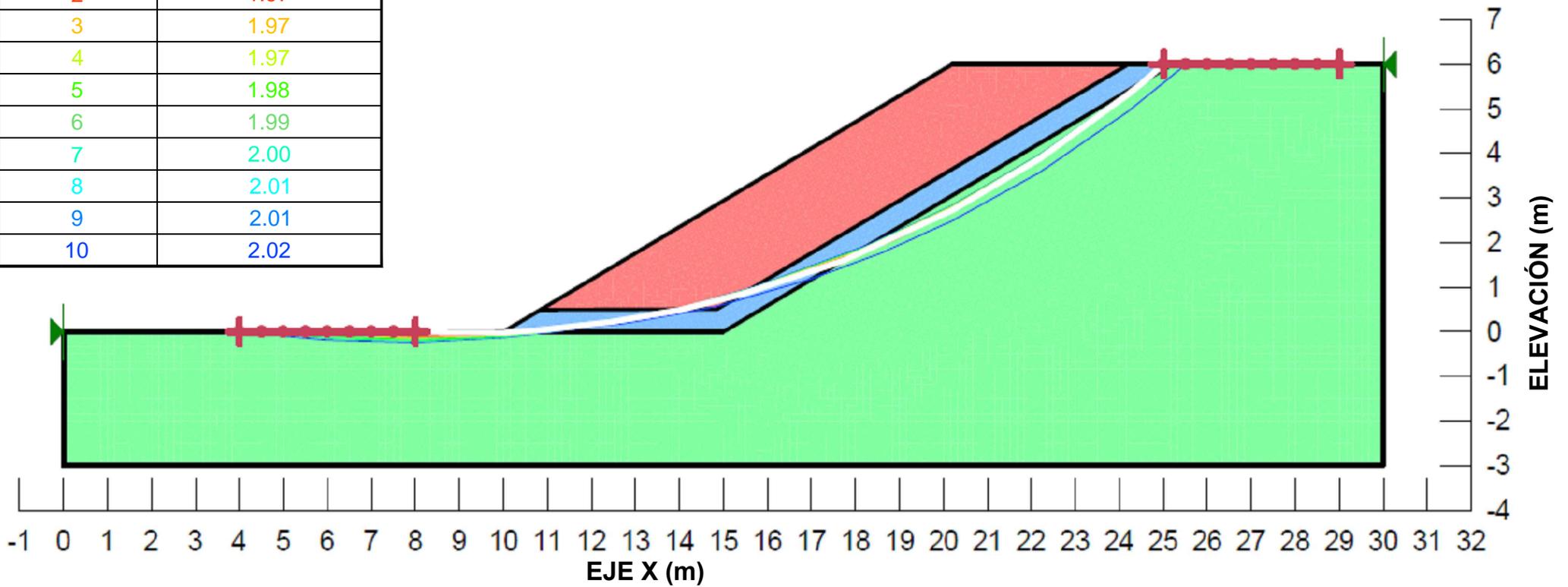
Nº DE CURVA	F.S.
1	1.63
2	1.64
3	1.64
4	1.65
5	1.66
6	1.67
7	1.67
8	1.80
9	1.80
10	1.81



SUELO TIPO Nº	PESO ESPECÍFICO HÚMEDO (t/m³)	PESO ESPECÍFICO SATURADO (t/m³)	COHESIÓN INTRINSECA (t/m²)	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)
1	2.00	2.20	0	38
2	1.70	2.00	0	40
3	1.80	2.00	0	36

Nº DE CURVA	F.S.
1	<u>1.96</u>
2	1.97
3	1.97
4	1.97
5	1.98
6	1.99
7	2.00
8	2.01
9	2.01
10	2.02

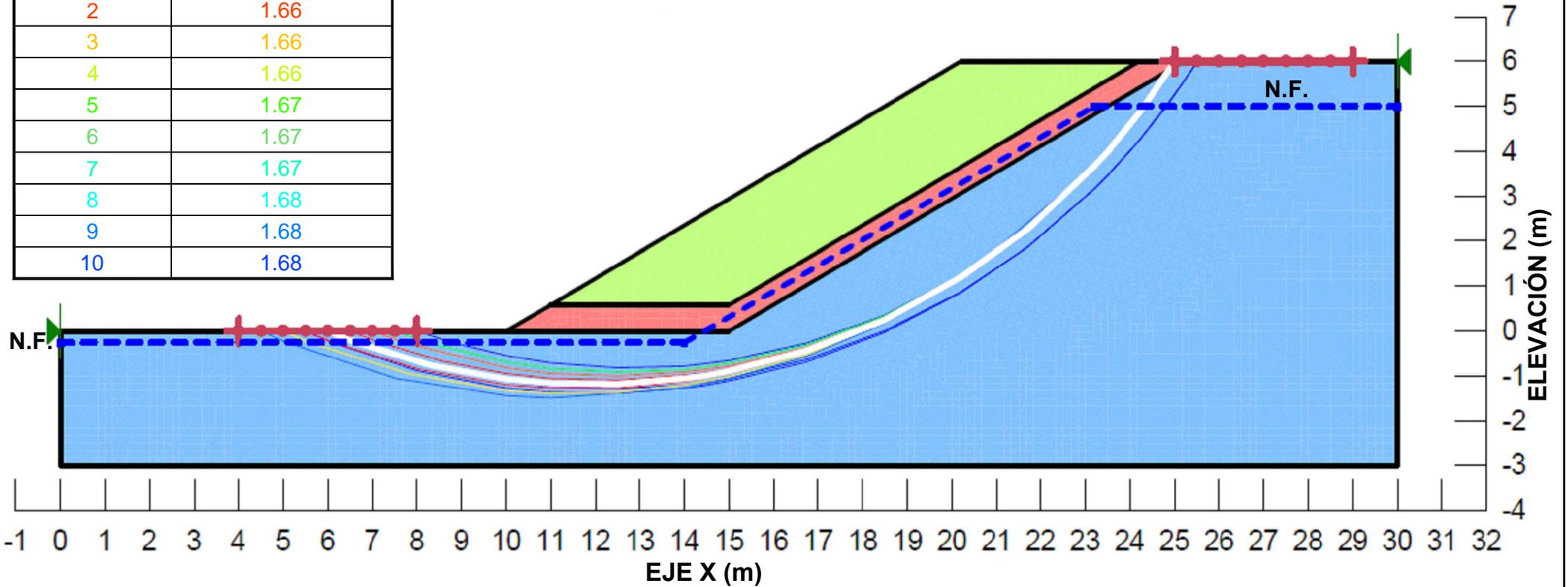
CASO: FALLA PROFUNDA - CONDICIÓN DE SUELO NATURAL



SUELO TIPO Nº	PESO ESPECÍFICO HÚMEDO (t/m³)	PESO ESPECÍFICO SATURADO (t/m³)	COHESIÓN INTRINSECA (t/m²)	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)
1	2.00	2.20	0	38
2	1.70	2.00	0	40
3	1.80	2.00	0	36

CASO: FALLA PROFUNDA - CONDICIÓN CON NAPA FREÁTICA

Nº DE CURVA	F.S.
1	<u>1.65</u>
2	1.66
3	1.66
4	1.66
5	1.67
6	1.67
7	1.67
8	1.68
9	1.68
10	1.68



SUELO TIPO Nº	PESO ESPECÍFICO HÚMEDO (t/m³)	PESO ESPECÍFICO SATURADO (t/m³)	COHESIÓN INTRINSECA (t/m²)	ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)
1	2.00	2.20	0	38
2	1.70	2.00	0	40
3	1.80	2.00	0	36