

las deformaciones no se estabilizan, lo que nos indica que hemos sobrepasado la carga de rotura.

- Ensayos de deformación controlada. La mitad móvil de la caja se desplaza a una velocidad determinada; los esfuerzos horizontales se van midiendo con un anillo dinamométrico conectado en serie con la fuerza horizontal.



Foto 6. Equipo para el ensayo de corte directo.

1.2.8 Ensayo edométrico o de consolidación.

Su finalidad es determinar la velocidad y grado de asentamiento que experimentará una muestra de suelo arcilloso saturado al someterla a una serie de incrementos de presión o carga.

El fenómeno de consolidación, se origina debido a que si un suelo parcial o totalmente saturado se carga, en un comienzo el agua existente en los poros absorberá parte de dicha carga puesto que esta es incompresible, pero con el transcurso del tiempo, escurrirá y el suelo irá absorbiendo esa carga paulatinamente. Este proceso de transferencia de carga, origina cambios de volumen en la masa de suelo, iguales al volumen de agua drenada.

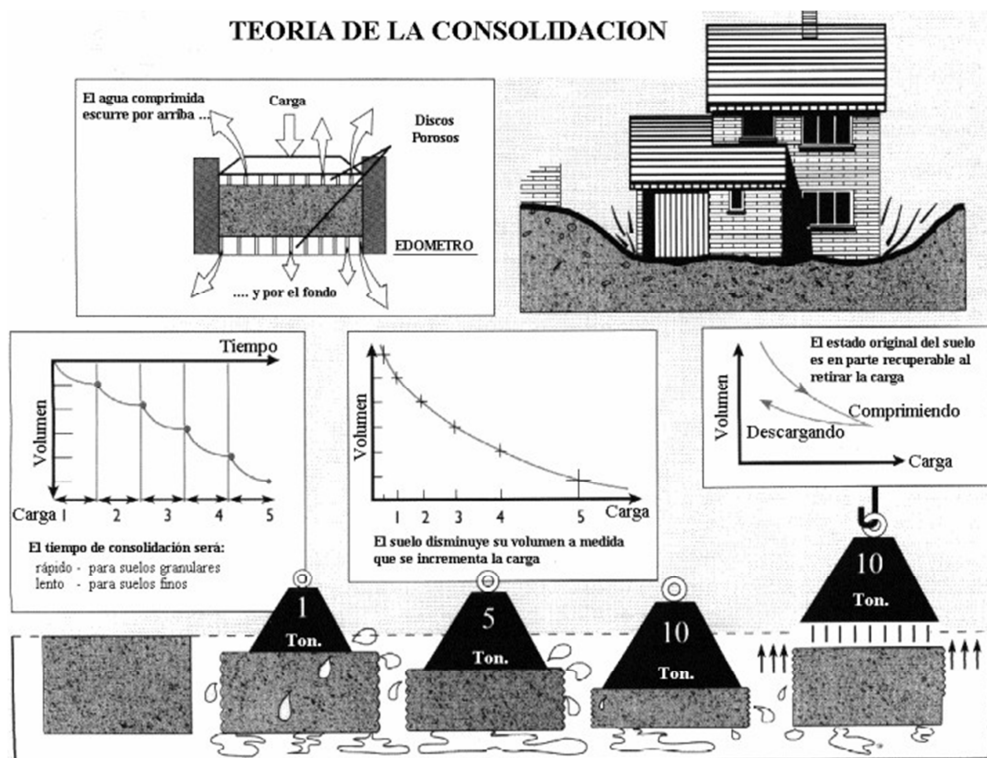


Figura 19. Teoría de consolidación. (www.icc.ucv.cl , Noviembre 2010)

En suelo granulares, la reducción del volumen de vacíos se produce casi instantáneamente cuando se aplica la carga, sin embargo en suelos arcillosos tomará mayor tiempo, dependiendo de factores como el grado de saturación, el coeficiente de permeabilidad, la longitud de la trayectoria que tenga que recorrer el fluido expulsado, las condiciones de drenaje y la magnitud de la sobrecarga.

El ensayo de consolidación se realiza por medio de alguna de las siguientes metodologías:

Metodología 1:

Se toma una muestra de suelo inalterada, la que deberá ser cuidadosamente tallada y dispuesta en la misma dirección que ocupaba en el estrato natural, dentro de la célula de consolidación. Se ajusta el consolidómetro en el aparato de carga y se somete la muestra a un ensayo edométrico hasta alcanzar una presión de $2,00 \text{ kgs/cm}^2$. Para esto, se aplican escalones de presión de $0,10 - 0,20 - 0,50 - 1,00$ y $2,00 \text{ kgs/cm}^2$ separados uno del otro cada 24 horas. Cuando el suelo ha estabilizado sus asientos con la presión de $2,00 \text{ kgs/cm}^2$, se lo inunda aplicando una presión por la base de $0,20 \text{ kgs/cm}^2$, elevando la presión de sobrecarga a $2,20 \text{ kgs/cm}^2$, dejando consolidar la muestra por 24 horas.

Se registra la lectura de descenso de la muestra por inundación (Δe) y se prosigue cargando el suelo por medio del siguiente escalón de presión: 2,00 - 4,00 y 8,00 kg/cm². Finalmente, se descarga la muestra y el total de ella se coloca dentro del horno por 24 horas para determinar el peso seco (W_1).

Posteriormente, se procede a realizar los cálculos así:

- Calcular el área (A) de la probeta:

$$A = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 \text{ [cm}^2\text{]}$$

donde:

D = diámetro interior del molde [cm]

- Calcular el volumen (V):

$$V = A * H_0 \text{ [cm}^3\text{]}$$

donde:

H_0 = altura inicial de la probeta [cm]

- Calcular la altura de sólidos (H_S) de la probeta:

$$H_S = \frac{W_1}{(G_S * \gamma_w * A)} \text{ [cm]}$$

donde:

W_1 = peso de la probeta seca al horno [g]

G_S = valor de la gravedad específica de los sólidos

γ_w = densidad del agua (valor ≈ 1)

- Calcular la altura inicial de vacíos (H_{v0}) de la probeta:

$$H_{v0} = H_0 - H_S \text{ [cm]}$$

- Calcular la relación de vacíos inicial (e_0) de la probeta:

$$e_0 = \frac{H_{v0}}{H_S}$$

- Calcular la altura de vacíos (H'_v) para cada incremento de carga:

$$H'_v = H_f - H_S[\text{cm}]$$

donde:

$$H_f = \text{altura final de la muestra [cm]}$$

- Calcular la relación de vacíos (e') para cada incremento de carga, mediante la expresión:

$$e' = \frac{H'_v}{H_S}$$

- Determinar el potencial de colapso (CP) de la muestra, mediante la expresión:

$$CP = \frac{\Delta e}{(1+e_0)} * 100 [\%]$$

donde:

Δe = disminución del e al inundar la probeta

Metodología 2:

Se coloca en el interior de la base del molde del consolidómetro la piedra porosa inferior y sobre ésta un papel de filtro. Luego se introduce el anillo que contiene la muestra de suelo a ensayar, colocándose sobre la muestra papel de filtro y la piedra porosa superior. Posteriormente se fija con los tornillos correspondientes el anillo de sujeción de la piedra porosa superior, el que permite mantener agua sobre la muestra, para evitar pérdida de humedad por evaporación. Para prevenir que las piedras porosas tomen humedad de la muestra, deben estar libres de aire entrampado antes de montar la unidad. Es importante centrar correctamente las piedras porosas para prevenir el atascamiento contra el anillo durante la prueba. Después de armado, el consolidómetro se asienta sobre la plataforma del mecanismo de transmisión de cargas, ubicando el cabezal de carga sobre la piedra porosa superior, y se llenan de agua los tubos laterales que comunican con la piedra porosa inferior, comenzando la saturación de la muestra. Cuando está preparado para iniciar el ensayo, el extensiómetro para medir las deformaciones verticales debe ser puesto en cero, y la palanca de aplicación de carga debe estar en posición

horizontal. Se aplica una carga en el sistema de tal manera que se transfiera a la muestra de suelo y se comienza a tomar lecturas de tiempo y deformaciones verticales, para conocer la deformación correspondiente a distintos tiempos. Las mediciones se realizan hasta que la velocidad de deformación se reduzca prácticamente a cero, o sea cuando se haya sobrepasado la consolidación primaria y se encuentra la consolidación secundaria, lo que podrá determinarse en los gráficos de consolidación, realizados durante la ejecución del mismo.

Luego de obtenida la lectura final de un escalón, se prosigue el ensayo aplicando cargas en una progresión geométrica con una relación incremental, registrándose lecturas de tiempo y de deformaciones verticales como en el punto anterior.

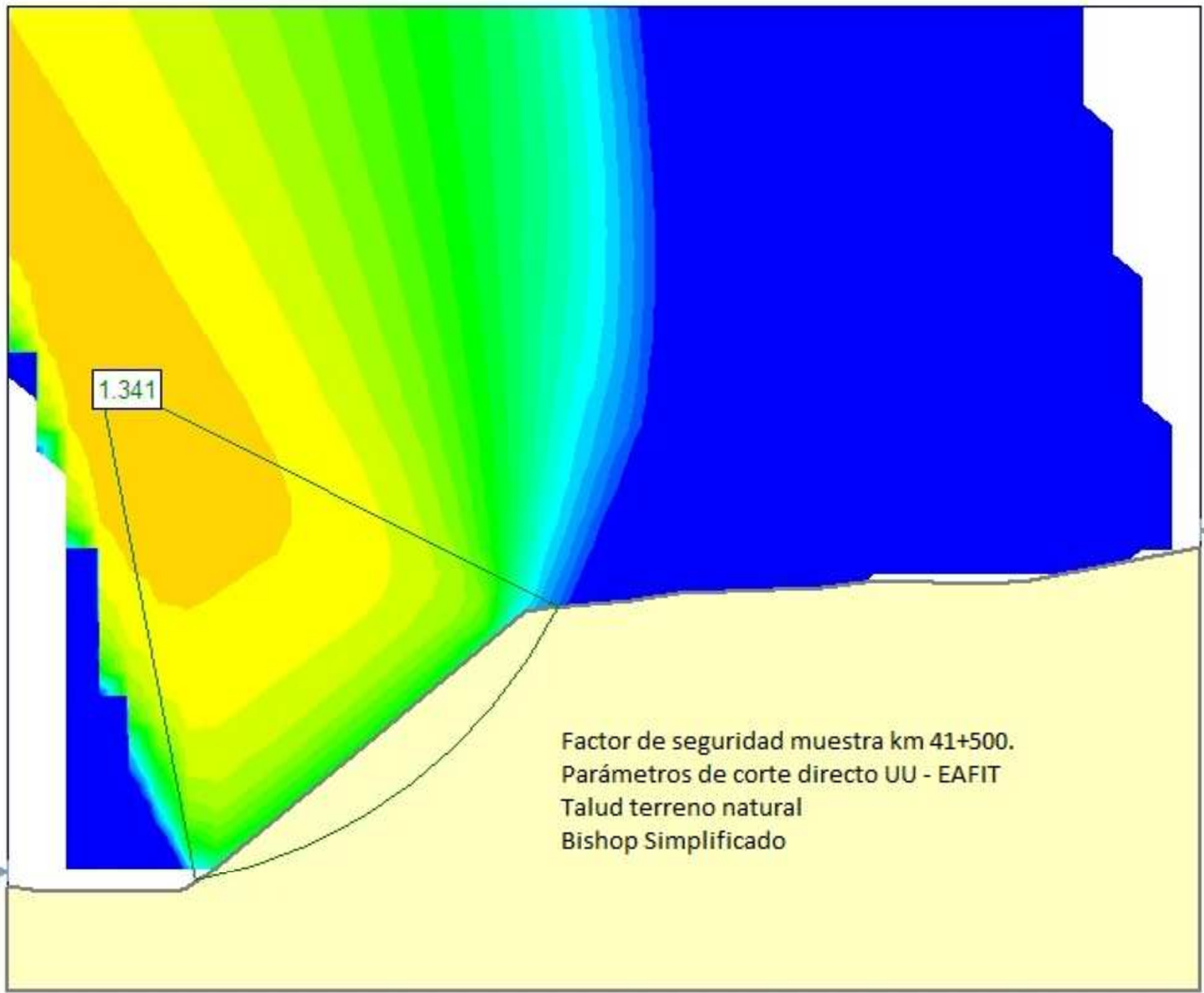
Se sigue aplicando incrementos de carga hasta que en la gráfica de compresibilidad se esté en el tramo recto o virgen. Luego se podrá descargar en dos o tres decrementos de carga hasta la presión inicial. Posteriormente se recargará hasta llegar a una presión superior a la lograda en la etapa de carga, de manera de ingresar a la prolongación del tramo virgen correspondiente al primer ciclo de carga. Luego de retirada toda la carga, se deja que la muestra expanda hasta que no se registre expansión en el extensiómetro por un período de 24 hs. Al terminar la prueba, se quita el extensiómetro y se desarma el consolidómetro. Se seca el agua del anillo de consolidación y de la superficie de la muestra, para registrar el peso del conjunto. Luego de secado en horno se conoce el peso seco de la muestra, con lo que se puede calcular peso específico seco final.



Foto 7. Equipo para el ensayo de consolidación.

ANEXO 4

**CÁLCULOS FACTORES DE
SEGURIDAD MUESTRA KM
41+500 MARINILLA**



-40

-20

0

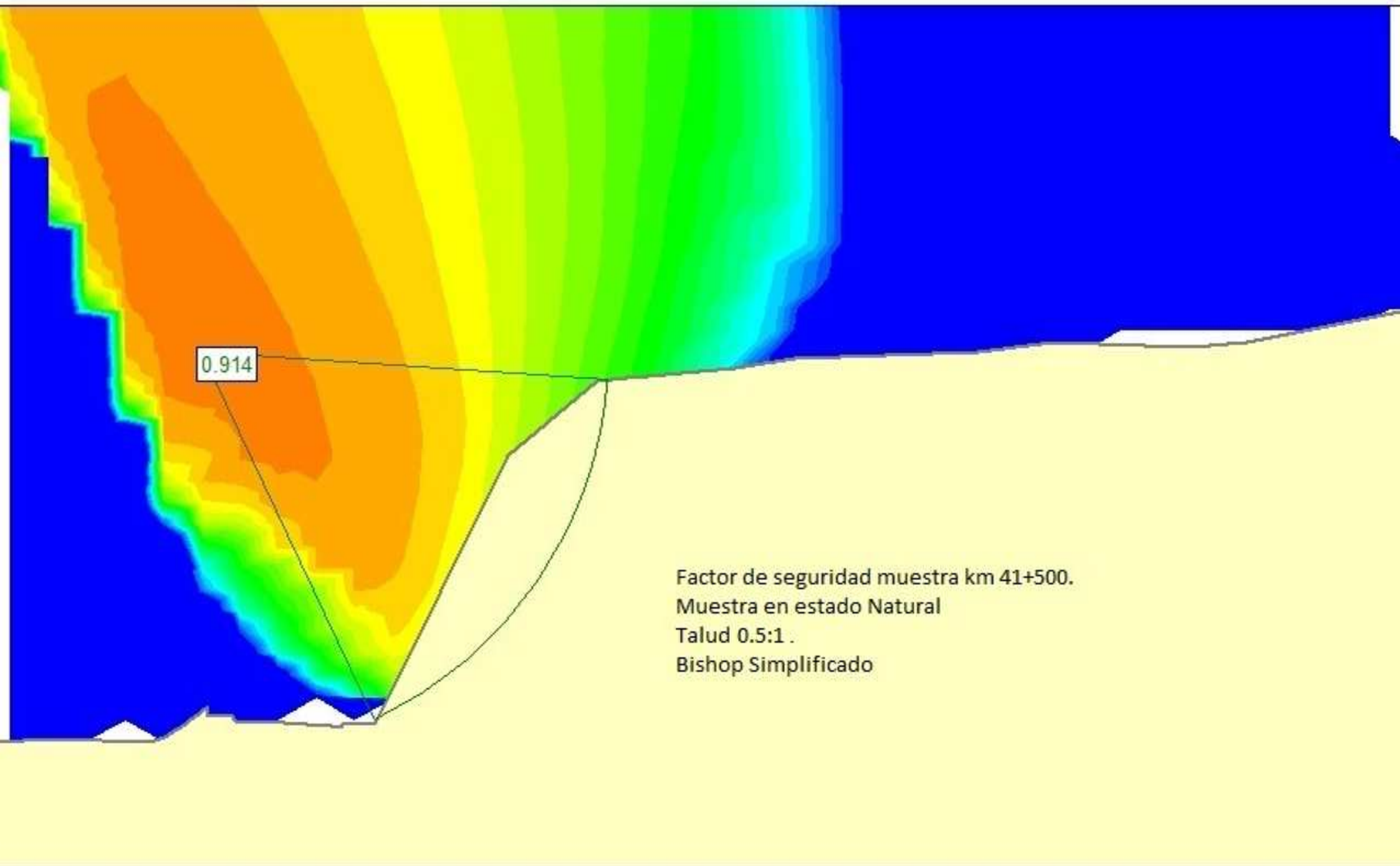
20

40

60

80

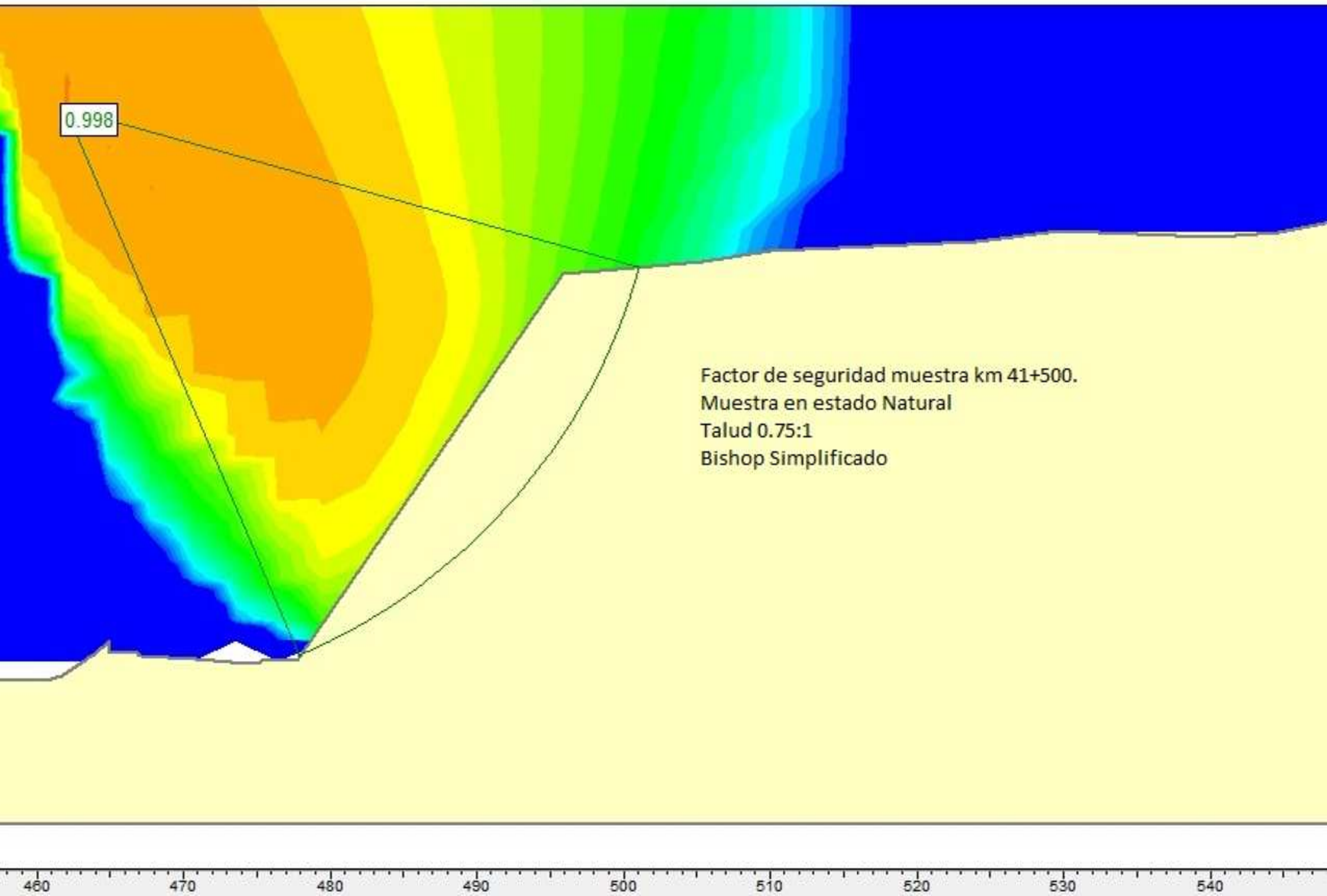
100

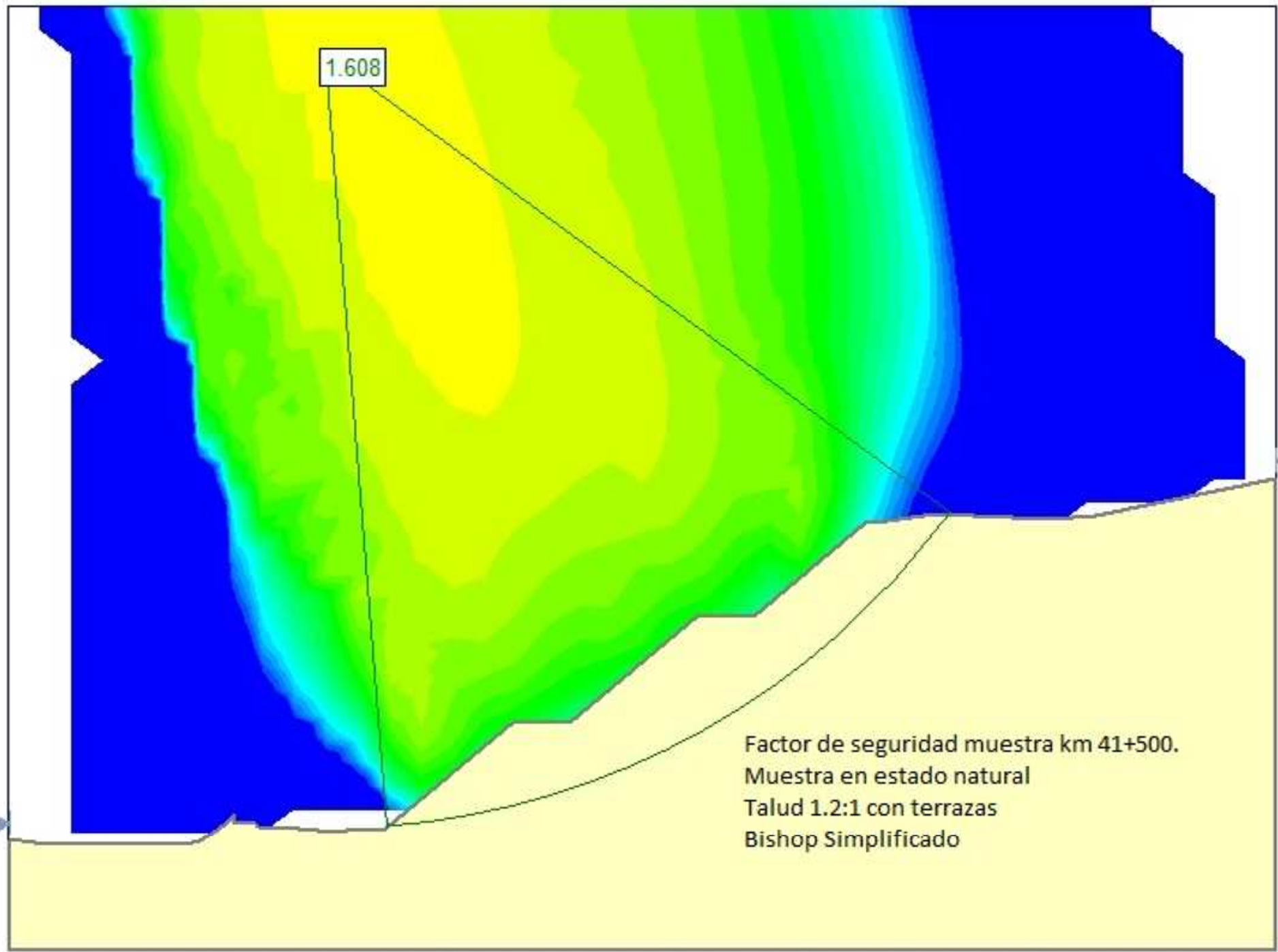


0.914

Factor de seguridad muestra km 41+500.
Muestra en estado Natural
Talud 0.5:1 .
Bishop Simplificado

320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420





1.608

Factor de seguridad muestra km 41+500.
Muestra en estado natural
Talud 1.2:1 con terrazas
Bishop Simplificado

160 180 200 220 240 260 280

