



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,  
Canales y Puertos

Estabilización de la ladera localizada en el PK 2+000 de la  
carretera CV-652, término municipal de Moixent (Valencia)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Bordes Buigues, Rafael

Tutor/a: Hidalgo Signes, Carlos

Cotutor/a: Garrido de la Torre, M<sup>a</sup> Elvira

Cotutor/a externo: ROBLEDO PIRIS, JAIRO

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



# TRABAJO DE FIN DE GRADO

ESTABILIZACIÓN DE LA LADERA LOCALIZADA EN EL P.K. 2+000 DE LA CARRETERA CV-652, TÉRMINO MUNICIPAL DE MOIXENT (VALENCIA)

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

Curso: 2021/2022

Autor: Bordes Buigues, Rafael

Tutor: Hidalgo Signes, Carlos

Cotutora: Garrido de la Torre, María Elvira

Tutor externo: Robledo Piris, Jairo



**ÍNDICE DE CONTENIDO:**

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES</b> .....	<b>4</b>
<b>1.2 OBJETO</b> .....	<b>5</b>
<b>1.3 METODOLOGÍA DE TRABAJO</b> .....	<b>5</b>
<b>1.4 DOCUMENTACIÓN UTILIZADA</b> .....	<b>5</b>
<b>1.5 SOFTWARE EMPLEADO</b> .....	<b>5</b>
<b>2. ESTUDIOS PREVIOS</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1 CLIMATOLOGÍA</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2 SISMICIDAD</b> .....	<b>6</b>
<b>2.3 GEOMORFOLOGÍA</b> .....	<b>7</b>
<b>2.4 HIDROLOGÍA</b> .....	<b>8</b>
<b>3. GEOLOGÍA</b> .....	<b>9</b>
<b>3.1 GEOLOGÍA REGIONAL</b> .....	<b>9</b>
<b>3.2 GEOLOGÍA LOCAL</b> .....	<b>10</b>
<b>4. TRABAJO DE CAMPO</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TALUDES</b> .....	<b>12</b>
<b>4.2 DRENAJE TRANSVERSAL</b> .....	<b>14</b>
<b>4.3 DESCRIPCIÓN DE LA CALZADA</b> .....	<b>17</b>
<b>4.4 GEOLOGÍA DE DETALLE</b> .....	<b>18</b>
<b>4.5 OBRAS DE EMERGENCIA</b> .....	<b>19</b>
<b>4.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>21</b>
<b>5. CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DEL TERRENO</b> .....	<b>21</b>
<b>5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS</b> .....	<b>21</b>
<b>5.2 LOCALIZACIÓN DE LAS MUESTRAS</b> .....	<b>22</b>
<b>5.3 RESULTADOS DE ENSAYOS</b> .....	<b>24</b>
<b>6. ESTABILIDAD DE LA LADERA</b> .....	<b>29</b>
<b>6.1 REVISIÓN TEÓRICA PREVIA</b> .....	<b>30</b>
<b>6.2 ANÁLISIS DE LA ROTURA</b> .....	<b>32</b>
<b>7. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y PROPUESTA DE ACTUACIÓN</b> .....	<b>34</b>
<b>7.1 MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DE LADERAS</b> .....	<b>34</b>
<b>7.2 REVISIÓN DE LAS ALTERNATIVAS VIABLES</b> .....	<b>34</b>
<b>7.3 ESTUDIO DE SOLUCIONES</b> .....	<b>37</b>
<b>7.4 DEFINICIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.</b> .....	<b>40</b>
<b>8. RESTAURACIÓN DEL PAISAJE</b> .....	<b>43</b>
<b>9. PLANIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS</b> .....	<b>44</b>

<b>10. VALORACIÓN DE LAS OBRAS</b> .....	<b>45</b>
<b>11. RESUMEN Y CONCLUSIONES</b> .....	<b>46</b>

**ANEJOS**

**ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:**

Ilustración 1. Imagen satélite de la zona de estudio. Fuente: Google Earth. ....	4
Ilustración 2. Detalle del deslizamiento del talud. Fuente: Memoria Valorada “Acondicionamiento del talud del P.K. 1+980 de la CV-652. T.M. Moixent (Valencia). ....	4
Ilustración 3. Temperaturas medias y precipitaciones. Fuente: Meteoblue. ....	6
Ilustración 4. Temperaturas máximas. Fuente: Meteoblue. ....	6
Ilustración 5. Mapa sísmico de España. Fuente: Norma Sismorresistente NCSE-02. ....	7
Ilustración 6. Geomorfología de la zona. Fuente: Google Earth. ....	8
Ilustración 7. Mapa geológico de la zona de estudio. Fuente: IGME e Iberpix4. ....	9
Ilustración 8. Leyenda del mapa geológico. Fuente: IGME. ....	9
Ilustración 9. Mapa geológico de la zona. Fuente: IGME e Iberpix4. ....	9
Ilustración 10. Leyenda del mapa geológico. Fuente: IGME. ....	10
Ilustración 11. Mapa geológico de la zona. Fuente: IGME. ....	10
Ilustración 12. Niveles litológicos. Fuente: Elaboración propia. ....	11
Ilustración 13. Imagen general de ambos taludes. Fuente: Elaboración propia. ....	11
Ilustración 14. Talud del P.K. 1+950. Fuente: Elaboración propia. ....	12
Ilustración 15. Muro de protección al pie del talud del P.K. 1+950. Fuente: Elaboración propia. ....	12
Ilustración 16. Malla de protección del talud del P.K. 1+950. Fuente: Elaboración propia. ....	13
Ilustración 17. Talud del P.K. 2+000. Fuente: Elaboración propia. ....	13
Ilustración 18. Muro de protección al pie del talud del P.K. 2+000. Fuente: Elaboración propia. ....	14
Ilustración 19. Berma a mitad talud del P.K. 2+000. Fuente: Elaboración propia. ....	14
Ilustración 20. Cuneta longitudinal a lo largo de la CV-652. Fuente: Elaboración propia. ....	15
Ilustración 21. Talud colindante repleto de vegetación. Fuente: Elaboración propia. ....	15
Ilustración 22. Obra de drenaje transversal. Fuente: Elaboración propia. ....	16
Ilustración 23. Barranco entre ambos taludes. Fuente: Elaboración propia. ....	16
Ilustración 24. Obra de drenaje transversal entre ambos taludes. Fuente: Elaboración propia. ....	17
Ilustración 25. Sección de la carretera CV-652. Fuente: Elaboración propia. ....	17
Ilustración 26. Planos de exfoliación en el pie del talud. Fuente: Elaboración propia. ....	18
Ilustración 27. Planos de exfoliación en la zona de la berma. Fuente: Elaboración propia. ....	18
Ilustración 28. Fisuras de las margas en la zona de la berma. Fuente: Elaboración propia. ....	18
Ilustración 29. Coluvión de gravas en la zona superior del talud. Fuente: Elaboración propia. ....	19
Ilustración 30. Afloramiento de las arcillas rojizas. Fuente: Elaboración propia. ....	19
Ilustración 31. Berma, solución provisional ejecutada. Fuente: Elaboración propia. ....	20
Ilustración 32. Muro de protección y contención del material desprendido. Fuente: Elaboración propia. ....	20
Ilustración 33. Muestras tomadas en la vista de campo. Fuente: Elaboración propia. ....	21
Ilustración 34. Localización de las muestras en la zona de estudio. Fuente: Google Earth. ....	22
Ilustración 35. Toma de muestra 1. Fuente: Elaboración propia. ....	22
Ilustración 36. Toma de muestra 3. Fuente: Elaboración propia. ....	23
Ilustración 37. Zona de dónde se obtiene la muestra 4. Fuente: Elaboración propia. ....	23
Ilustración 38. Muestra 1. Fuente: Elaboración propia. ....	24
Ilustración 39. Ensayo de la cuchara de Casagrande. Fuente: Elaboración propia. ....	25
Ilustración 40. Muestra 2. Fuente: Elaboración propia. ....	25
Ilustración 41. Resultado de la granulometría de la muestra 2. Fuente: Elaboración propia. ....	26
Ilustración 42. Marga en transición con los planos de exfoliación. Fuente: Elaboración propia. ....	26
Ilustración 43. Muestra 3. Fuente: Elaboración propia. ....	27
Ilustración 44. Fragmento de roca marga-caliza rompiendo por los planos de exfoliación. Fuente: Elaboración propia. ....	27
Ilustración 45. Muestra 4. Fuente: Elaboración propia. ....	28
Ilustración 46. Realización del ensayo de granulometría. Fuente: Elaboración propia. ....	28
Ilustración 47. Roturas de un talud. Fuente: Google imágenes. ....	29
Ilustración 48. Esquema de rotura plana. Fuente: Google imágenes. ....	30
Ilustración 49. Esquema de rotura en cuña. Fuente: Google imágenes. ....	31
Ilustración 50. Esquema de rotura por vuelco. Fuente: Google imágenes. ....	31
Ilustración 51. Esquema de rotura por pandeo. Fuente: Google imágenes. ....	32
Ilustración 52. Esquema de rotura global. Fuente: Google imágenes. ....	32
Ilustración 53. Arrastre y deslizamiento de la tierra vegetal. Fuente: Memoria Valorada “Acondicionamiento del talud del P.K. 1+980 de la CV-652. T.M. Moixent (Valencia). ....	33
Ilustración 54. Vista del terreno de la cabeza del talud. Fuente: Memoria Valorada “Acondicionamiento del talud del P.K. 1+980 de la CV-652. T.M. Moixent (Valencia). ....	33
Ilustración 55. Ejemplo de estructura jerárquica AHP. Fuente: Blog del Profesor Victor Yepes. ....	35
Ilustración 56. Escala fundamental de comparación por pares (Saaty, 1980). Fuente: Blog del Profesor Victor Yepes. ....	36
Ilustración 57. Índice aleatorio RI. Fuente: Blog del Profesor Victor Yepes. ....	36
Ilustración 58. Porcentajes máximos de ratio de consistencia. Fuente: Blog del Profesor Victor Yepes. ....	36
Ilustración 59. Resultado del análisis de la estabilidad con bulones. Fuente: Elaboración propia. ....	40
Ilustración 60. Sección cuneta de la berma de pie. Fuente: Elaboración propia. ....	42
Ilustración 61. Sección de la cuneta de la berma intermedia. Fuente: Elaboración propia. ....	42
Ilustración 62. Sección de la cuneta de la berma de guarda. ....	42
Ilustración 63. Zona de restauración principal. Fuente: Google Earth. ....	44
Ilustración 64. PEM de las tareas a ejecutar. Fuente: Elaboración propia. ....	45



**ÍNDICE DE TABLAS:**

<b>Tabla 1. Resumen de los resultados de los ensayos. Fuente: Elaboración propia .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 2. Matriz de decisión de criterios. Determinación de los pesos por el método SAATY. ....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 3. Pesos de los criterios. ....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 4. Criterio de ponderación. ....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 5. Subcriterios del criterio 1. ....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 6. Matriz de decisión sobre el criterio 1. ....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 7. Pesos de las alternativas en función del criterio de proceso y facilidad constructiva. ....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 8. Subcriterios del criterio 2. ....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 9. Matriz de decisión sobre el criterio 2. ....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 10. Pesos de las alternativas en función del criterio económico. ....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 11. Subcriterios del criterio 3. ....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 12. Matriz de decisión sobre el criterio 3. ....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 13. Pesos de las alternativas en función de la variable social. ....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 14. Subcriterios del criterio 4. ....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 15. Matriz de decisión sobre el criterio 4. ....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 16. Pesos de las alternativas en función del impacto ambiental. ....</b>	<b>39</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

La zona que se va a estudiar (Ilustración 1) se ubica próxima a la localidad de Moixent, concretamente en el P.K. 2+000 de la carretera CV-652, dirección Moixent-Fontanars dels Alforins.



Ilustración 1. Imagen satélite de la zona de estudio. Fuente: Google Earth.

La conservación de la CV-625 pertenece a la Diputación de Valencia, más concretamente a la Demarcación de L'Alcudia de Crespins. Dicho esto, durante el periodo de 2013 a 2016, se propusieron algunas actuaciones de mejora de los taludes que no se podían considerar de proyecto de conservación. Por ello, en 2014, el Servicio de Conservación y Explotación del Área de Carreteras de la Diputación Provincial de Valencia, redactó el proyecto "PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE ACTUACIONES DE MEJORA FUNCIONALES EN CARRETERAS DE LA DEMARCACIÓN DE L'ALCUDIA (VALENCIA), en el cual se contemplaba la actuación sobre el talud de desmonte en el margen izquierdo de a carretera CV-652 entre el P.K. 1+900 y 1+950, de la actuación N°10 "Estabilidad de taludes en la CV-652 en T.M. de Moixent". El 21 de noviembre de 2016 se produjo la firma del Acta de Comienzo de las Obras.

Entre los días 16 y 19 de diciembre del 2016 se produjeron episodios de gota fría en la Comunidad Valenciana que en los momentos de máxima intensidad provocaron el deslizamiento del talud existente entre el P.K. 1+960 y P.K. 2+000 del margen izquierdo de la CV-652 (Ilustración 2), obligando al corte completo de dicha carretera.



Ilustración 2. Detalle del deslizamiento del talud. Fuente: Memoria Valorada "Acondicionamiento del talud del P.K. 1+980 de la CV-652. T.M. Moixent (Valencia).

El talud al cual se hace referencia es lindante con la carretera CV-652 con una altura máxima de unos 23m y una longitud de 40m. Además, contiene una abundante vegetación formada por arbustos y árboles que van cayendo sobre la carretera durante los días de lluvia. En esos días, donde las condiciones climáticas son adversas, se producen deslizamientos superficiales del talud de la carretera, que afectan a la calzada obligando a cortar el tráfico en diversas ocasiones para poder realizar los trabajos de limpieza y retirada de los materiales deslizados.

Actualmente, el talud presenta una inclinación importante que va de 1H:4V a 1H:5V y está excavado en un suelo de tránsito constituido por margas calcáreas del Mioceno (Facies Tap), característico de la zona. Dicho material que presenta colores grises azulados, cuando se altera por los ciclos de humedad-sequedad llega a tener un color blanco y amarillo y se produce la erosión de este, llegando a acumularse el material desmoronado en el pie del talud. Aunque los bloques desestabilizados no son de un tamaño importante, no se ha previsto ninguna actuación orientada a desviar el agua de lluvia de la calzada y los taludes.

Después de estos sucesos, los técnicos de la Demarcación de Carreteras de la Diputación de Valencia realizaron una serie de trabajos de campo, que consistieron en la realización de una visita del talud, teniendo en cuenta la litología



y estructura de los materiales geológicos, además del análisis de estabilidad, erosión, afección de agua y demás propiedades importantes respecto a la estabilidad del talud. Por esta razón, la excelentísima Diputación decidió realizar un análisis de estabilidad del mencionado talud de desmonte.

Una vez finalizado el estudio del terreno, se optó por la realización de un muro de pequeñas dimensiones cuya función principal era evitar que los desprendimientos que se producían en la ladera no llegaran a causar incidentes en la carretera y así mantener dentro de lo posible una seguridad vial adecuada. De este modo, todo el material que deslizaba quedaba acumulado entre el muro y dicha ladera. Cabe destacar que en dicho talud situado en el P.K. 2+000, posteriormente, se ejecutó una berma en la zona intermedia del talud con una anchura 3m.

## 1.2 OBJETO

Dada la finalidad de la ejecución de este trabajo, como es, la consecución del título de Ingeniero Civil, se quiere realizar un estudio de estabilidad de la ladera situada en el P.K. 2+000 de la carretera CV-652, llegando a una solución adecuada mediante alguna de las técnicas que se pueden implementar. Para ello, se necesita realizar un estudio geológico-geotécnico para conocer el terreno y detectar las zonas que pueden ser susceptibles de desprendimiento o demás afecciones. Además, se deben tener en cuenta otros factores como la orografía, la climatología y la integración paisajística de la solución adoptada. De acuerdo con la finalidad del trabajo de final de grado (TFG), el alumno autor aplicará los diversos conocimientos necesarios, adquiridos previamente en las distintas asignaturas realizadas durante el Grado en Ingeniería Civil.

## 1.3 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para realizar el Trabajo de Fin de Grado, hay diversas fases para la consecución del objeto de este.

La primera fase consiste en recopilar toda la información existente de la zona como los trabajos realizados previamente o los problemas que han ocurrido sobre esta. Esto es necesario para poder realizar un buen análisis de las causas de la inestabilidad, si la hubiera.

Por otra parte, la visita a la zona permite la familiarización con el entorno para poder comparar y comprobar lo que se había obtenido a partir de la información inicial con el estado actual del talud u otras actuaciones que no estaban en la información recopilada inicialmente. Además, al visitar el talud se recogen una serie de muestras de distintas zonas de este y de otro talud que existe en el P.K. 1+950 sobre el cual ya se ha actuado, para así poder realizar distintos ensayos de laboratorio y de esta manera realizar un buen estudio e identificación de los materiales de la ladera en cuestión.

Finalmente, se efectúa el estudio de las diversas soluciones a adoptar, comparando entre estas para determinar cuál será la más viable en cuanto al coste de construcción y mantenimiento, la facilidad y tiempo de ejecución, así como la integración paisajística.

## 1.4 DOCUMENTACIÓN UTILIZADA

La documentación utilizada de apoyo para realizar la primera parte de este trabajo se basa en una memoria valorada “ACONDICIONAMIENTO DEL TALUD EN EL PK 1+980 DE LA CV-652. T.M. MOIXENT (VALENCIA)”, realizada por la Diputación de Valencia, en la cual se recogen los problemas y trabajos realizados anteriormente en la zona estudiada, además de un estudio de la geología y geotecnia de la zona, aunque sin detallar suficientemente como para poder conocer más profundamente la situación de los materiales que caracterizan la zona.

También, para conocer la geología de la zona se ha utilizado:

- Hoja Nº 794/28-31 “Canals” del Mapa Geológico de España, Escala 1:50.000 del Instituto Geológico y Minero de España.
- Hoja Nº 63/7-8 “Onteniente” del Mapa Geotécnico de España, Escala 1:200.000 del Instituto Geológico y Minero de España.

## 1.5 SOFTWARE EMPLEADO

Para analizar la estabilidad de la ladera se ha utilizado el programa *Slide2* de la casa comercial *ROCSCIENCE*, el cual se basa en el método de equilibrio límite para analizar la estabilidad de taludes en 2D.

## 2. ESTUDIOS PREVIOS

### 2.1 CLIMATOLOGÍA

Para realizar el análisis de estabilización de la ladera, es necesario realizar un estudio de la climatología, ya que las precipitaciones en la zona son el factor más determinante en ocasionar serios problemas en la ladera y provocar cambios sustanciales en las características del terreno existente en esta. Por ello, hay que analizar las características de la zona y de la solución que se adopta para conseguir la estabilidad del talud inestable.

La localidad de Moixent se sitúa a una altitud de 340 metros sobre el nivel del mar. El clima de la zona es templado y cálido, donde los meses de invierno son mucho más lluviosos que los de verano.

En la Ilustración 3 se muestra una gráfica de la media de las precipitaciones y de la temperatura que se da en Moixent a lo largo del año, con datos de los últimos 30 años. En ella podemos observar como las precipitaciones están presentes durante todo el año, aunque en los meses de verano, como son junio, julio y agosto, las precipitaciones bajan bruscamente en comparación con los meses anterior (mayo), y posterior (setiembre). Por ello, podemos determinar que la mejor época del año para actuar sería en los meses de verano, donde la marga no sufre tantos cambios bruscos de humectación y desecación y las lluvias son menos frecuentes, por lo que las interrupciones de las obras serán menores.

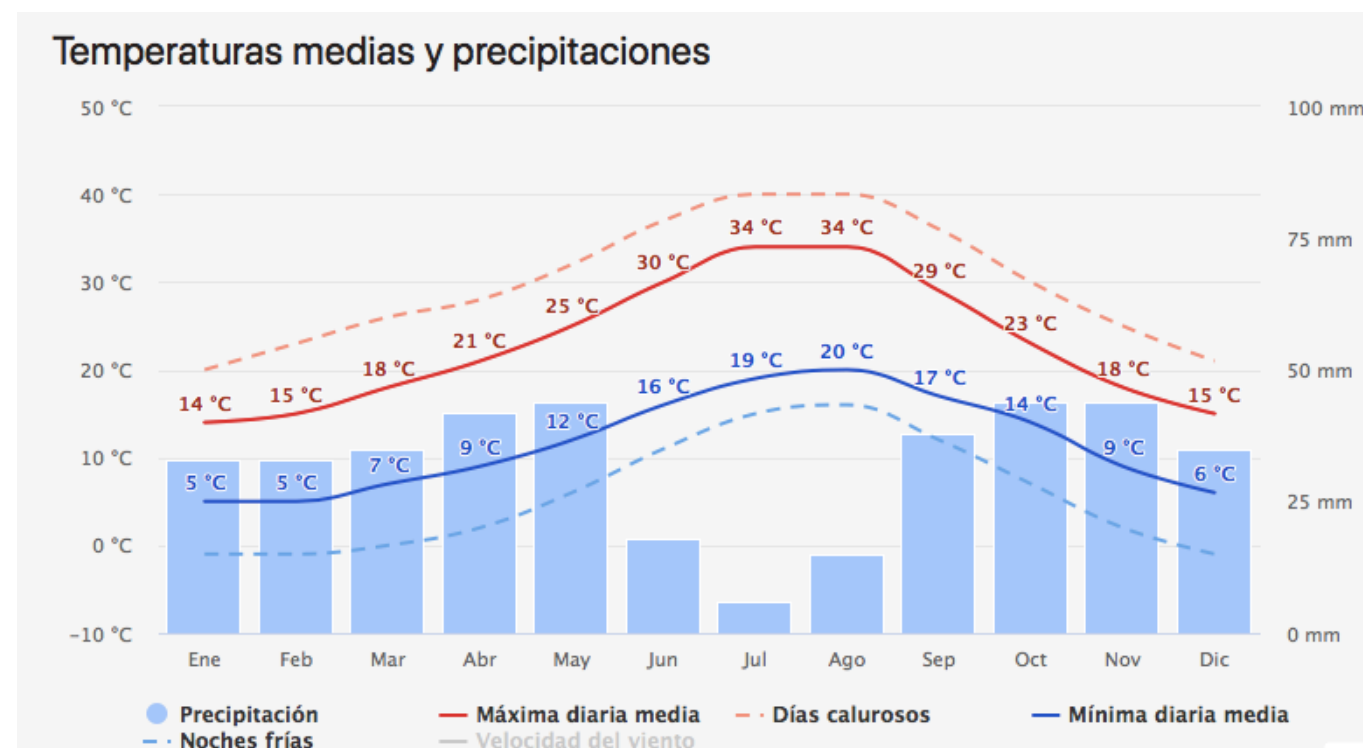


Ilustración 3. Temperaturas medias y precipitaciones. Fuente: Meteoblue.

En relación con las temperaturas de la zona, como podemos observar en la ilustración 3, en los meses de invierno las mínimas rondan los 5°C, mientras que en los meses de verano las máximas rondan los 35°C. Esto corrobora que en esta zona existe un clima muy variable. En la ilustración 4, podemos observar la temperatura que se da a lo largo de cada mes, además de los días de heladas que se producen. Este factor determina la limitación de realizar las distintas actuaciones.

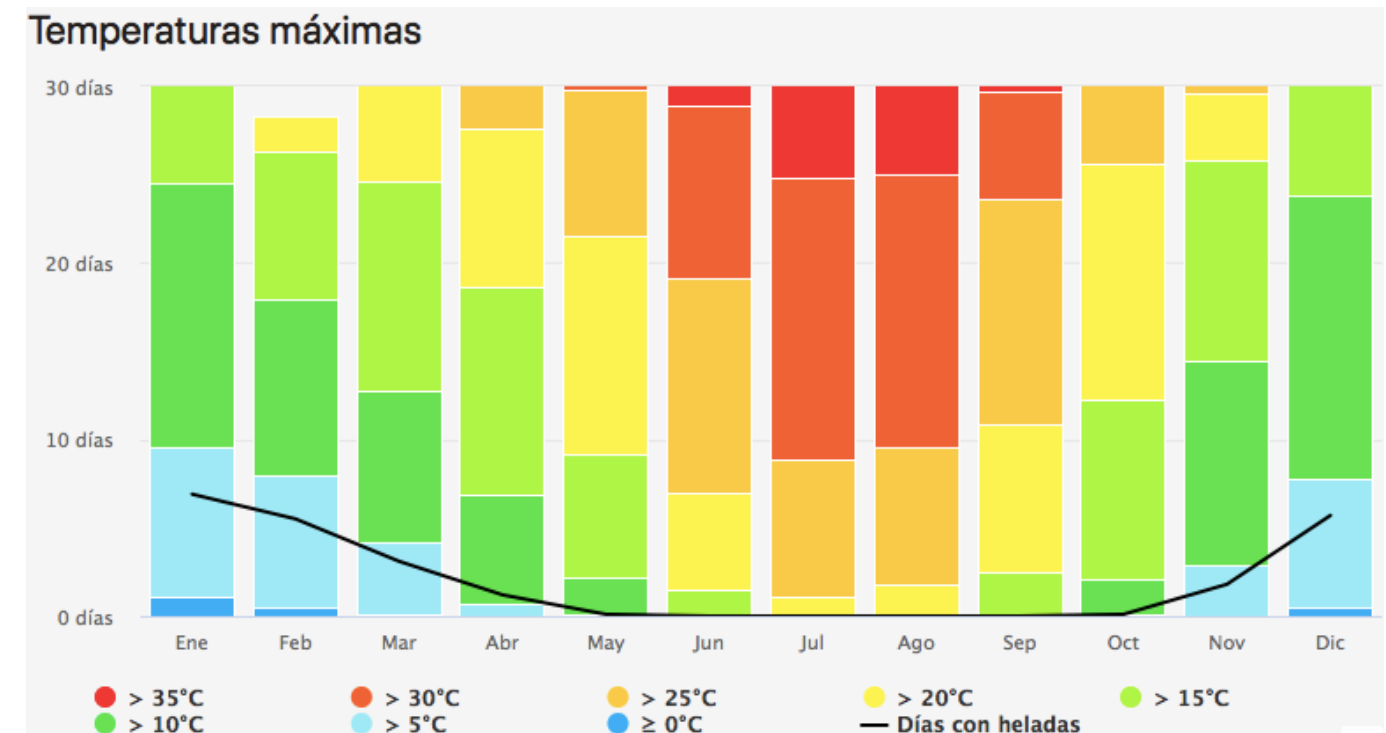


Ilustración 4. Temperaturas máximas. Fuente: Meteoblue.

### 2.2 SISMICIDAD

Para tener en cuenta la sismicidad de la zona, se estudia el mapa de peligrosidad sísmica (Ilustración 5) recogido en el capítulo II de la norma “Norma de Construcción Sismorresistente Española NCSE-02” (Real Decreto 997/2002 del 27 de Setiembre) y el listado incluido en su anejo I, donde están los términos municipales con los valores de aceleración sísmica mayores o iguales a 0,04g, junto con los valores del coeficiente de contribución K.



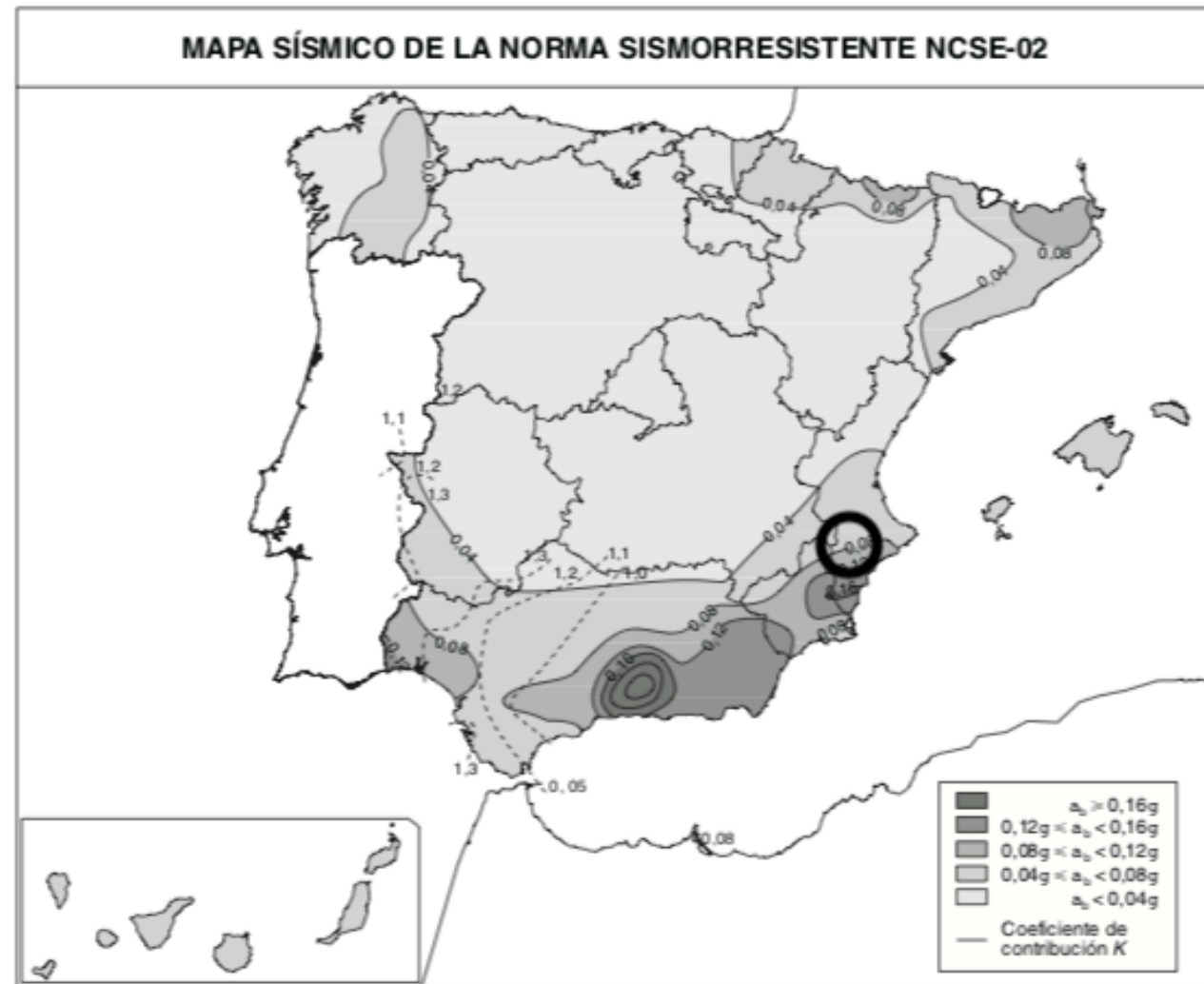


Ilustración 5. Mapa sísmico de España. Fuente: Norma Sismorresistente NCSE-02.

Se aprecia que el término municipal de Moixent (Valencia), donde se ubica el talud de la zona de estudio de la CV-652, se encuentra en una zona donde la aceleración básica ( $a_b$ ) es de  $0,07g$ , siendo la  $g$  la aceleración de la gravedad y con un coeficiente de contribución  $K=1$ , que contempla la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

Según la norma NCSE-02, si la aceleración sísmica básica es igual o mayor de  $0,04g$  se deberá tener en cuenta los posibles efectos del sismo en terrenos potencialmente inestables, por ello se debe aplicar esta norma y calcular la aceleración sísmica de cálculo:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

Donde:

$A_b$ , es la aceleración básica de cálculo recogida en el anejo I, de la NCSE-02.

$R_o$ , es el coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda  $a_c$  en el período de vida para el que se proyecta la construcción. Y que para construcciones de importancia especial como la que nos ocupa, el valor es de  $1,3$ .

$S$ , es el coeficiente de amplificación del terreno y en función del resultado del producto de  $a_c$  por  $R_o$ , se aplica una fórmula diferente. En el caso del estudio dicho producto tiene un resultado de  $0,091$  ( $1,3 \cdot 0,07$ ) y como es menor que  $0,1g$  la  $S$  tomará un valor de:

$$S = \frac{C}{1,25}$$

Donde  $C$ , depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación y se clasifica según el artículo 2.4. Según esto, el suelo en cuestión encajaría en el terreno tipo III, ya que se trata de un terreno en transición de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme o muy firme y que por tanto tendría un valor de  $C=1,6$ .

Con ello, se obtendría el valor del coeficiente de ampliación del terreno que sería:

$$S = 1,6 / 1,25 = 1,28$$

Finalmente, obtenidos todos los valores de los que depende la aceleración sísmica de cálculo, se procede al cálculo de esta:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

$$a_c = 1,28 \cdot 1,3 \cdot 0,07 = 0,116 \text{ m/s}^2$$

Aunque, como la ladera se sitúa al lado de la CV-652, que es una carretera secundaria con una IMD baja y realmente no es una infraestructura imprescindible que ofrezca un servicio primario. La población puede utilizar la A-35 en caso de que la CV-652 se vea afectada debido a afecciones sísmicas y por tanto se puede clasificar como de importancia moderada.

Por ello, según el artículo 1.2.1 de la NCSE-02, en las construcciones de importancia moderada no es obligatoria la aplicación de la norma.

### 2.3 GEOMORFOLOGÍA

La ladera objeto de estudio está situada en la CV-652 en el P.K. 2+000. Se trata de una ladera situada en el margen de la izquierda en dirección Moixent-Fontanars dels Alforins, a una altura de 340 metros sobre el nivel del mar. El trazado de la carretera tiene una pendiente del  $0,6\%$  y una inclinación media del talud de  $70^\circ$ .

El relieve de la zona cercana al talud de estudio forma parte del final oriental de la sierra Grosa. Por ello el terreno en cuestión se caracteriza por su accidentalidad ya que existen numerosas elevaciones y con ellas la formación de pequeños barrancos y escorrentías que encauzan el agua en los periodos de abundantes precipitaciones. Además de

esta serie conjunta de elevaciones también hay algunas que están un poco más separadas y que entre ellas se encuentran zonas mucho más planas. En ellas y debido a las distintas condiciones ambientales y del terreno que se dan, existen grandes superficies en las que la población de la zona les ha atribuido un desarrollo importante en el sector de la agricultura. Mientras que en las zonas más elevadas de montaña son mucho más pobladas de pinadas, arbustos y demás vegetación.

Por otra parte, la zona del talud se encuentra un poco más alejada de las elevaciones más pronunciadas, aunque en esta parte el terreno tampoco es llano, sino que tiene una accidentalidad menos acusada y más concretamente donde se encuentra el talud se trata de una pequeña depresión del terreno hasta llegar al río Cãnoles.

Todo ello se puede observar en la Ilustración 6.



Ilustración 6. Geomorfología de la zona. Fuente: Google Earth.

Respeto a la geología de la zona a estudiar se tienen datos cronológicos de casi la totalidad de la serie estratigráfica que aflora. Pero más concretamente en el talud se aprecia claramente como aflora un tramo concreto que es el de las margas (Facies Tap) del Mioceno. También los depósitos cuaternarios se han podido apreciar en esta zona concreta

y bastante clara, que se relacionan por todo el territorio de la imagen anterior por medio de una cronología relativa con respecto a otros materiales.

En relación con la tectónica de la zona, la zona de estudio se encuentra en la denominada área sinclinal del río Cãnoles, que tiene una longitud de unos 60 km y unos 4 km de ancho. Esta área tiene vergencia norte y el flanco del anticlinal de Sierra Grossa, situado al sur, cabalga al Neógeno que rellena el sinclinal.

## 2.4 HIDROLOGÍA

Los diferentes barrancos existentes en la zona e incluso el río Cãnoles situado a los pies del talud permanecen secos las temporadas del año en las cuales no ocurren precipitaciones frecuentemente. Pero en las épocas en las que las precipitaciones son mucho más abundantes y de carácter torrencial tienen una influencia importante en el comportamiento general del talud y del terreno en general ya que afecta también a los cultivos de la zona.

Por otra parte, las alternancias de margas con las arcillas, que se observan a simple vista, dan lugar a un estrato muy poco permeable, lo que hace que la afección del agua se visibilice perfectamente en la superficie, donde las margas adoptan un color amarillento debido a la humectación que sufren.

### 3. GEOLOGÍA

Al tratarse de un estudio de la estabilidad de un desmonte de carretera que previamente ha presentado señales de inestabilidad, hay que tener muy en cuenta el estudio de la geología en el entorno del objeto principal del estudio de la carretera CV-652, P.K. 2+000.

En primer lugar, se ha estudiado la hoja geológica nº794 “Canals”, publicada por el IGME. Con ello se puede conocer a nivel regional la geología y además unas pinceladas de las características de los materiales que afloran en la zona de estudio, todo ello teniendo en cuenta la elevada escala del mapa, 1:50.000.

Después de haber realizado el análisis de la geología regional, se efectúa un trabajo mucho más detallado del entorno geológico de la zona. Por ello se realiza una visita a la zona de estudio para poder extraer información sobre la geología local, extrayendo muestras que se analizarán posteriormente en el laboratorio.

#### 3.1 GEOLOGÍA REGIONAL

Para la obtención de dicha información se recurre al IGME (Instituto Geográfico y Minero de España). De esta manera se obtiene la información sobre la geología de la zona que se pretende estudiar.

Para la realización de esta parte, como podemos observar en la siguiente ilustración, se ha utilizado el programa Iberpix 4, con el que se superpone y ajusta el mapa geológico, en formato pdf, que se obtiene del IGME y de esta manera obtenemos la geología de la zona de estudio modificando la capa “litologías color MAGNA 50” y regulando la opacidad en función de lo que interesa analizar.

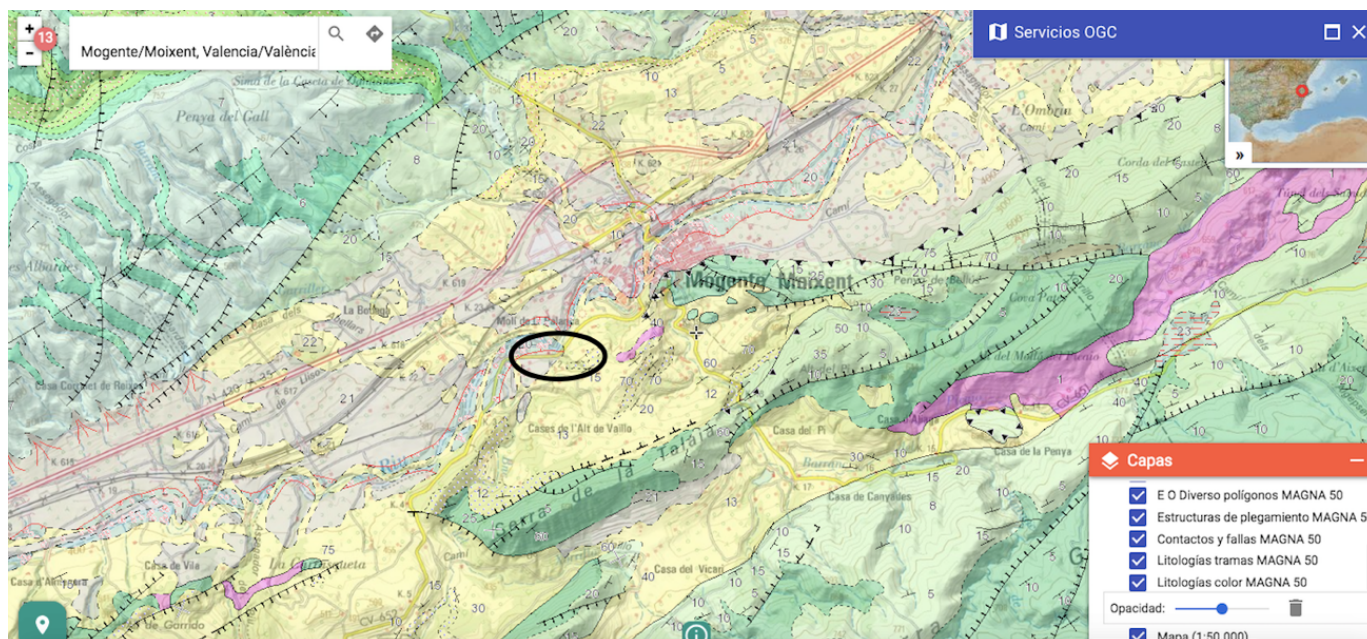


Ilustración 7. Mapa geológico de la zona de estudio. Fuente: IGME e Iberpix4.

De la leyenda de la imagen que superponemos en el Iberpix 4, detallada en la ilustración 8, observamos como en la zona de estudio, señalada en la imagen anterior y con mayor detalle en la ilustración 9, se trata de materiales terciarios constituidos por margas azules (Tap.) y materiales cuaternarios en forma de terrazas (Cantos, arenas y arcillas).

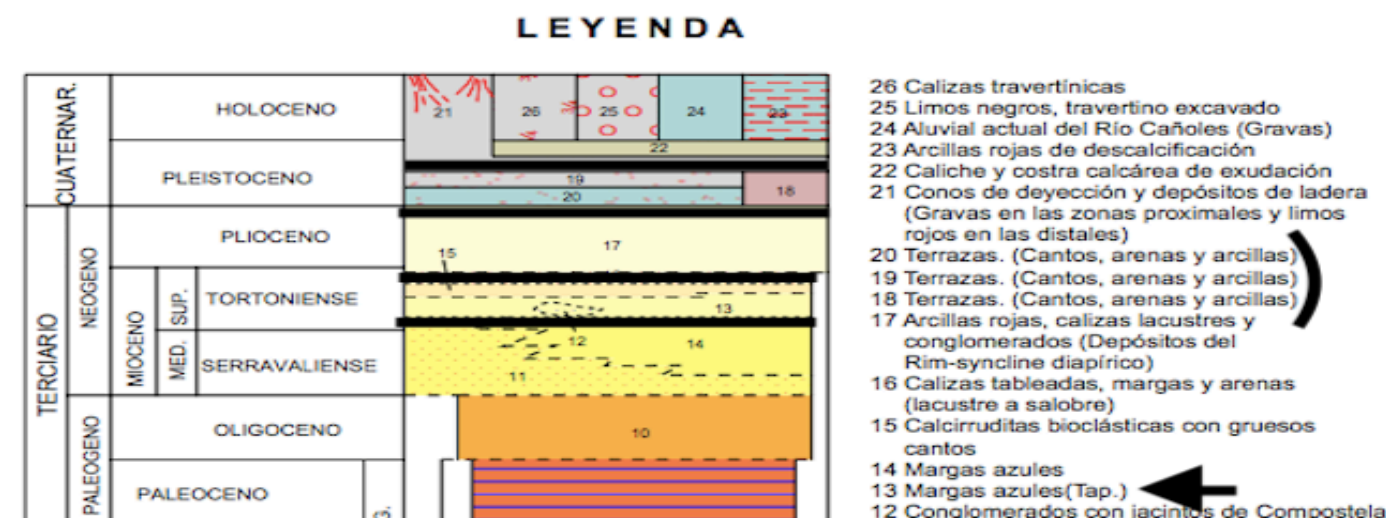


Ilustración 8. Leyenda del mapa geológico. Fuente: IGME.

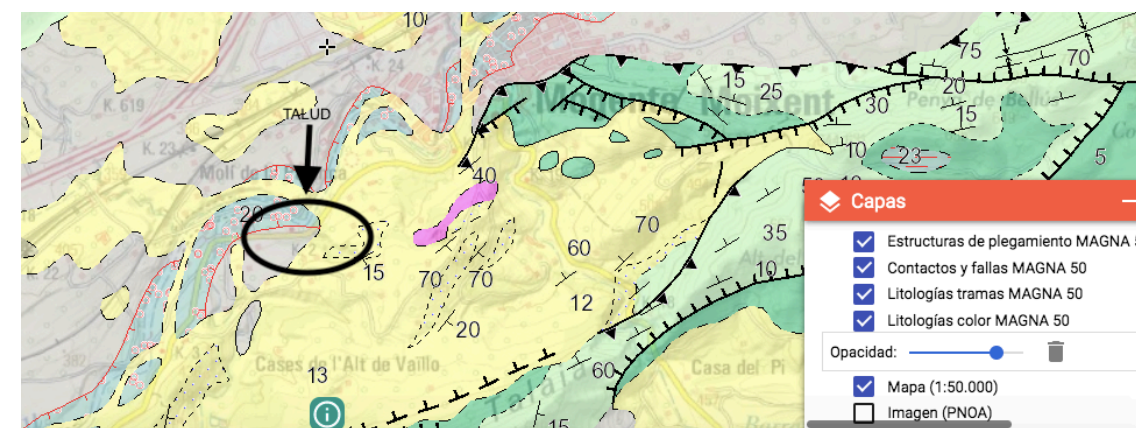


Ilustración 9. Mapa geológico de la zona. Fuente: IGME e Iberpix4.

Por otra parte, para describir los materiales que afloran se utiliza la memoria asociada al mapa de la hoja 794, que está referenciada a otro mapa del IGME (Imagen escaneada del mapa editado de la hoja 794) con distinta nomenclatura del terreno existente.

Por ello, al compararlo con la leyenda y el mapa de las ilustraciones 10 y 11, a las cuales está referenciada la memoria del IGME, se entiende que la nomenclatura será T<sub>11</sub><sup>Bc</sup> (Margas azules (Tap.)) y QT, QT<sub>2</sub> y QT<sub>1</sub> (Terrazas. (Cantos, arenas y arcillas)), como muestra la leyenda:

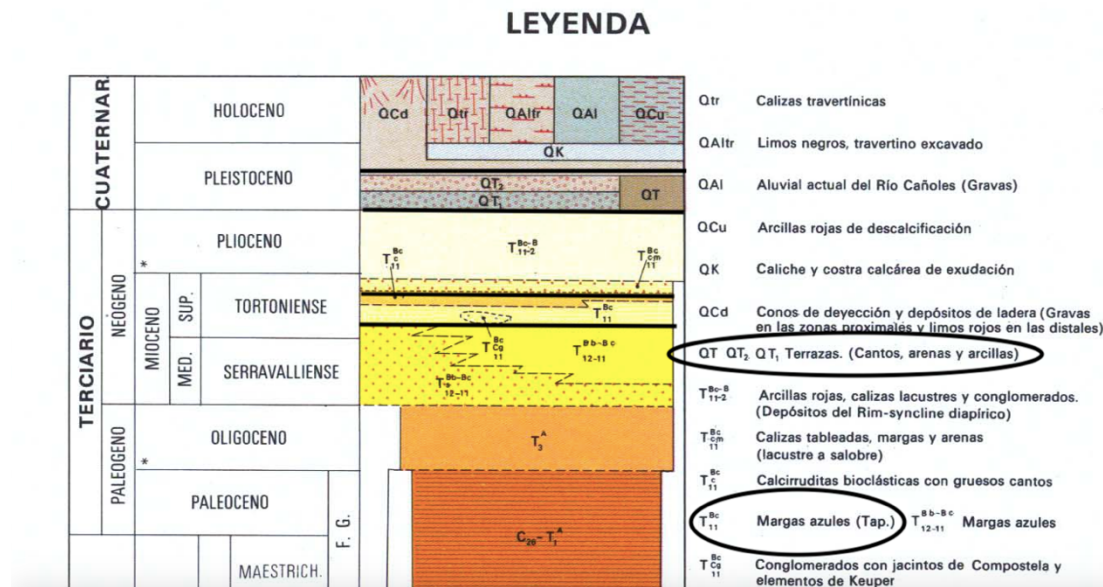


Ilustración 10. Leyenda del mapa geológico. Fuente: IGME

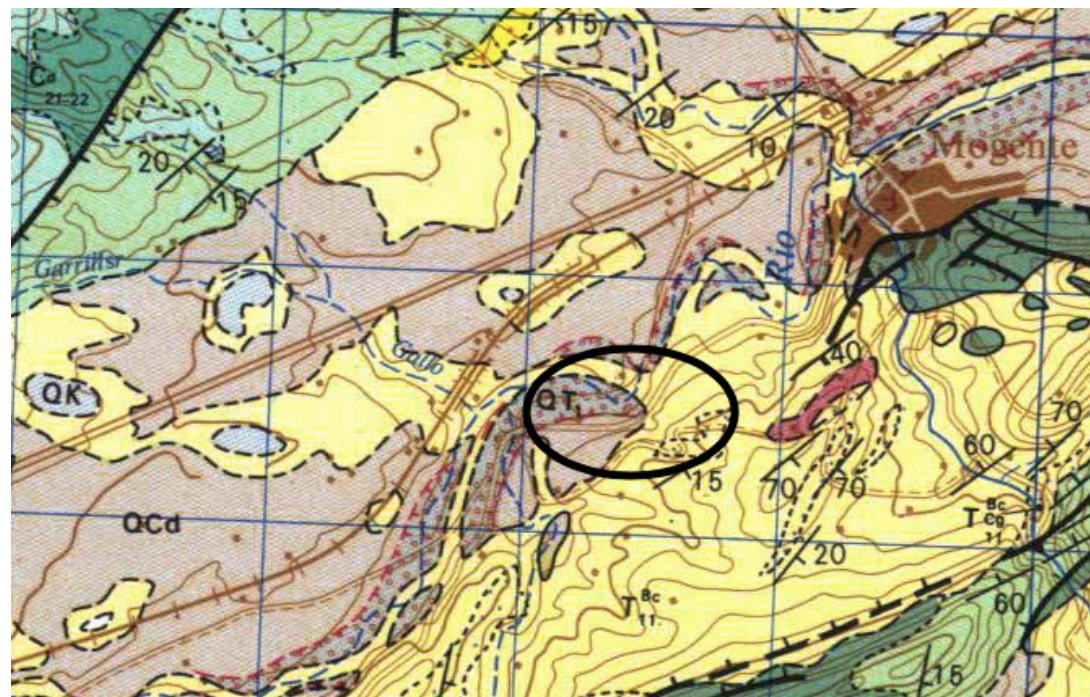


Ilustración 11. Mapa geológico de la zona. Fuente: IGME.

### TERCIARIO NEÓGENO MIOCENO SUPERIOR TORTONIENSE

Se caracteriza por la heterocronía de depósitos basales que hacen que a un lado y otro de la Serra Grosa-Gorda las series sean de diferente cronología. La superficie de espesor del <<Tap>> no se puede medir como consecuencia de la ausencia de buzamientos y cortes continuos.

Las margas, transgresivas sobre sí mismas y sobre las litofacies basales aparecen amarillas en superficie y azules negras en sondeo. El espesor supera los 1.350 m, que se llegaron a alcanzar mediante un sondeo en el sinclinal de Onteniente sin llegar a la base de formación.

El ascenso de la serie margosa muestra claramente la microfauna del Mioceno Superior.

### CUATERNARIO PLEISTOCENO

Estos depósitos cuaternarios se encuentran ampliamente repartidos recubriendo las depresiones ocupadas por sedimentos del neógeno, sin llegar a espesores muy grandes. La superficie puede ser extensa pero no llegan a superar los 10m.

En el río Cãñoles, cerca de la zona de estudio, se distinguen dos niveles de terrazas con características litológicas similares. Las terrazas altas (QT<sub>1</sub>), situadas a cotas entre 5 y 15 m. presentan cantos calcáreos, limos rojos y arenas, diferenciándose de la baja, que se encuentra a cotas entre 1 y 5 m, por la cementación eficaz y la presencia de limos rojos.

### 3.2 GEOLOGÍA LOCAL

Se pretende alcanzar un mayor nivel de detalle en cuanto a los rasgos geológicos de la zona. Para ello se realiza una visita de campo a la zona de estudio para comprobar que es lo que aflora en la zona realmente.

Como se ha mencionado, el talud en estudio está excavado en un terreno de tránsito como son las margas. Se trata de una roca blanda que a menudo presenta planos de exfoliación. Cabe destacar que en la zona más baja de la ladera los planos de estratificación presentan una dirección de buzamiento 10°/32° y en la zona intermedia de la berma los planos de sedimentación siguen la orientación de 150°/20°. Esto permite deducir que realmente los planos reales del terreno son los que se encuentran en la berma, mientras que en la parte más baja se ha producido esta orientación como consecuencia de la acumulación de material que se ha ido desprendiendo del talud original.

Por otra parte, la información geológica obtenida a partir de la memoria del IGME coincide con lo que se aprecia en el talud, donde se observan margas alteradas en la mayoría de la superficie a causa de los periodos de humectación y desecación. Estas margas se intercalan con zonas menos alteradas, donde se aprecia otro color de estas. Además, también se observan zonas de material rojizo, que hacen referencia a las arcillas que se acumulan por encima de estas margas debido al deslizamiento de estos desde la parte más elevada del talud. Por ello, a lo largo del talud podemos diferenciar entre las formaciones de margas alteradas e inalteradas, junto con zonas recubiertas superficialmente por las arcillas.

Además, en el conjunto general del talud se pueden apreciar tres niveles litológicos distintos (ilustración 12). En la parte más elevada de este se ha determinado el nivel 1 de unos 3 metros de potencia, que hace referencia al material perteneciente al Cuaternario formado por los limos rojos y arenas. Por otra parte, en ambos lados del talud aparece el segundo nivel justo debajo del nivel 1, que hace referencia a dos coluviones importantes de gravas. Finalmente, el resto del talud se considera como el nivel 3 de la litología y el más abundante que hace referencia a las margas que afloran en la parte inferior del talud y hasta los dos niveles superiores.



Ilustración 12. Niveles litológicos. Fuente: Elaboración propia.

#### 4. TRABAJO DE CAMPO

El 1 de marzo de 2022, se realiza la visita a la zona de estudio para observar la medida de estabilización realizada en el talud que existe en el P.K. 1+950 y de este modo contrastar la actuación y la geología local con el talud en cuestión de estudio del P.K. 2+000. Para ello, es necesario tomar muestras para realizar ensayos en laboratorio, analizar el estado general de la ladera y las actuaciones que se han ido realizando en el talud en cuestión en función de los problemas que se han ido ocasionando.

Para acceder a la ladera, al salir de la población de Moixent por la CV-652, a la izquierda de la calzada entre los P.K. 1+950 y 2+000 existe una zona habilitada donde se puede estacionar el vehículo y que separa ambos taludes. En esta visita, primeramente, se realiza una inspección desde la carretera de la solución propuesta en el talud del P.K. 1+950. Seguidamente, se procede al análisis de las diferentes zonas del talud a estudiar, tomando muestras en los puntos singulares de este.

En la Ilustración 13 tomada desde la calzada, se pueden distinguir perfectamente el talud sobre el cual ya se ha actuado y el talud que se pretende estudiar.



Ilustración 13. Imagen general de ambos taludes. Fuente: Elaboración propia.

## 4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TALUDES

### Talud P.K. 1+950

Respecto al talud del P.K. 1+950 (Ilustración 14) tiene unos 20m de altura con una inclinación de  $65^\circ$ , formado mayoritariamente por margas y con una zona en la parte central superior de suelo orgánico con un color marrón que lo diferencia a simple vista de las margas.



*Ilustración 14. Talud del P.K. 1+950. Fuente: Elaboración propia.*

En la ilustración 15 se aprecia la existencia de un muro de hormigón en masa que está separado a 1,10m del talud y que su función es evitar que los materiales que se van desprendiendo de dicho talud puedan llegar a la calzada y afecten al tráfico de esta. Este muro tiene unas dimensiones de 0,75m de altura y 0,30m de ancho.



*Ilustración 15. Muro de protección al pie del talud del P.K. 1+950. Fuente: Elaboración propia.*

Por otra parte, como se observa en la ilustración 16, la solución dispuesta en este talud se trata de una malla de triple torsión y otra malla de acero que refuerza la anterior y forma cuadrados de  $0,20 \times 0,20$ m con cordones de 8mm de diámetro. Esta malla está anclada cada 3m a lo largo de toda la longitud del talud mediante bulones de 25mm de diámetro. Por tanto, se tienen 4 niveles de anclaje en altura y 14 secciones a lo largo de toda su longitud.



*Ilustración 16. Malla de protección del talud del P.K. 1+950. Fuente: Elaboración propia.*



*Ilustración 17. Talud del P.K. 2+000. Fuente: Elaboración propia.*

En la ilustración 18 del talud del P.K. 2+000, se aprecia también un murete de hormigón en masa con la misma función de acumular material en entre este y el talud para evitar afecciones a la calzada. Por otra parte, el muro se sitúa a 1,6m del talud y tiene una altura de 0,85m y un ancho de 0,30m.

### **Talud P.K. 2+000**

Este talud situado en el P.K. 2+000 (Ilustración 17), también tiene una altura de unos 23m y está formado por dos zonas claramente separadas mediante una berma situada a mitad de la ladera que evita que el material desprendido de la parte superior se deslice hasta la calzada. En la zona inferior de la berma el talud tiene una inclinación de entre 65°-70°, mientras que en la superior al talud la inclinación es de 70°-75°.

Los materiales que conforman dicho talud son mayoritariamente margas del TAP de color blanco. También existen dos coluviones de gravas de un diámetro no mayor a 200mm, situados uno en la parte izquierda y otro en la parte derecha del talud.

Además, por la zona superior se aprecia suelo orgánico, con un color semejante al que se da en el talud del P.K. 1+950.



Ilustración 18. Muro de protección al pie del talud del P.K. 2+000. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 19. Berma a mitad talud del P.K. 2+000. Fuente: Elaboración propia.

A la mitad de la altura de la ladera existe una berma de 3,00m de ancho (Ilustración 19) y se trata de una actuación que se realizó para evitar que los materiales que se desprendían de la parte superior del talud no llegasen hasta la base de este, ya que por la fuerza y velocidad a la que llegarían podrían afectar directamente sobre la calzada provocando afecciones directas al tráfico. Además, en dicha berma se ha realizado una especie de murete de 0,90m de altura y 0,90m de ancho para que los materiales que se deslizan desde la parte superior del talud no se acumulen en la berma y mediante retroexcavadoras se pueda retirar fácilmente el material.

#### 4.2 DRENAJE TRANSVERSAL

Se comprueba que a lo largo de la carretera CV-652, a los pies del talud, existen dos obras de drenaje transversal distribuidas justo antes y unos metros después de este. Estas obras están ejecutadas mediante hormigón y escollera y sirven para llevar el agua que proviene de la ladera cruzando transversalmente la carretera y llegando al río Cánoles, que tiene un trazado paralelo a la CV-625.

Por una parte, a lo largo de la longitud de la calzada existe una cuneta inclinada hacia el exterior de la calzada (Ilustración 20) que sirve para poder encauzar el agua y así llevarla hasta la obra de drenaje transversal más cercana para evacuar el agua correctamente y que no ocasione afecciones por acumulación de agua en la calzada.





*Ilustración 20. Cuneta longitudinal a lo largo de la CV-652. Fuente: Elaboración propia.*



*Ilustración 21. Talud colindante repleto de vegetación. Fuente: Elaboración propia.*

La obra de drenaje transversal en cuestión, como se observa en la ilustración 22, se trata de una obra de hormigón armado, con un recubrimiento de escollera en las paredes laterales y que traspasa el agua transversalmente a la CV-625 y la encauzará al río Cánoles, situado al otro lado de la calzada. Además, en la parte exterior de la obra de drenaje, se aprecian dos muros de hormigón que tienen la función de evitar que se acumulen las tierras y vegetales que hay colindantes, y de esta manera poder asegurar el correcto funcionamiento de la obra sin que se produzcan afecciones por obstrucción.

Como se ha comentado anteriormente, a unos 20 m de distancia del talud en dirección Moixent-Fontanars dels Alforins, existe una obra de drenaje transversal que recoge el agua que proviene de la cuneta y además también el agua que se desprende por el talud colindante al del estudio, que está repleto de vegetación (Ilustración 21).



*Ilustración 22. Obra de drenaje transversal. Fuente: Elaboración propia.*

La obra de drenaje transversal, comentada anteriormente, está situada justo entre las dos laderas descritas a lo largo del trabajo. Y es que entre ambas laderas se aprecia una especie de encauzamiento natural repleto de vegetación (Ilustración 23), por donde bajan las aguas desde arriba de la ladera y van a parar a la obra de drenaje transversal.



*Ilustración 23. Barranco entre ambos taludes. Fuente: Elaboración propia.*

Dicha obra de drenaje transversal está formada por un recubrimiento de hormigón armado por la parte más exterior, que parece estar ejecutado posteriormente. Por la parte interior de la obra de drenaje transversal se aprecia que la sección está ejecutada mediante escollera, anterior al recubrimiento exterior de hormigón. En la zona exterior a la sección también se observan dos muretes de escollera de altura variable con la función de acumular y hacer de tope para que las tierras y vegetales colindantes no obstruyan la obra de drenaje. Esta, al igual que la anterior obra de drenaje, se encarga de transportar el agua por debajo de la CV-625 hasta encauzarla en el río Cánoles. En la ilustración 24 se aprecia la sección más externa de la obra.



Ilustración 24. Obra de drenaje transversal entre ambos taludes. Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 DESCRIPCIÓN DE LA CALZADA

En el año 2016, la Diputación de Valencia sacó a proceso de licitación obras de rehabilitación del firme, además de una mejora del drenaje y de la seguridad vial de dicha carretera. La entidad provincial invirtió alrededor de 1.100.000 euros en dos proyectos distintos. El primero de ellos trataba del acondicionamiento de la carretera de montaña para mejorar el acceso de vecinos y visitantes al poblado íbero de la Bastida de les Alcusses. Por otra parte, se destina una parte de este presupuesto a la estabilización de taludes.

La CV-652 se trata de una carretera sinuosa de montaña con una vida escasa y con un estado y unas dimensiones suficientes para asegurar la seguridad vial.

Dicho esto, en la visita a la obra no se apreciaron ningún tipo de patologías propias de la zona como podrían ser las grietas longitudinales debido a las bajas temperaturas. Por otra parte, tampoco se observa ningún tipo de bache que se haya podido producir debido al desprendimiento de materiales de gran tamaño.

En el talud de la zona de estudio de la CV-652 se muestra la siguiente disposición de izquierda a derecha y en dirección Moixent-Fontanars dels Alforins (Ilustración 25). A continuación del muro de hormigón, que protege y acumula los materiales que se van desprendiendo, hay un arcén de metro de ancho con inclinación hacia el exterior. Seguidamente existen dos carriles, uno para cada sentido, de 2,8m de ancho. En la parte más a la derecha hay otro arcén de 1,1 m de ancho con un pequeño bordillo al final, que separa la calzada del terreno.



Ilustración 25. Sección de la carretera CV-652. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4 GEOLOGÍA DE DETALLE

Primeramente, cabe destacar que las margas calcáreas presentan planos de estratificación milimétricos, y presentan un buzamiento subhorizontal.

Se pueden diferenciar claramente dos tipos de estratos, uno en la zona baja del talud y otro en la zona superior de la berma.

En la zona baja del talud, los planos de estratificación tienen una dirección de  $10^{\circ}\text{N}$  y un buzamiento de unos  $32^{\circ}$ . El buzamiento de estos estratos viene con la inclinación del talud, favoreciendo el deslizamiento entre los planos de exfoliación hacia el exterior del talud (Ilustración 26).



Ilustración 26. Planos de exfoliación en el pie del talud. Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, como podemos observar en la ilustración 27, en la zona superior de la berma los estratos tienen una dirección de  $150^{\circ}\text{N}$  y un buzamiento de  $20^{\circ}$ , aunque en este caso la inclinación es ortogonal a la del talud.



Ilustración 27. Planos de exfoliación en la zona de la berma. Fuente: Elaboración propia.

A lo largo de todo el talud se distinguen muchas fisuras y grietas (Ilustración 28), que representan la facilidad de fractura que tiene el talud debido a las filtraciones de agua que se producen, entre otros problemas.



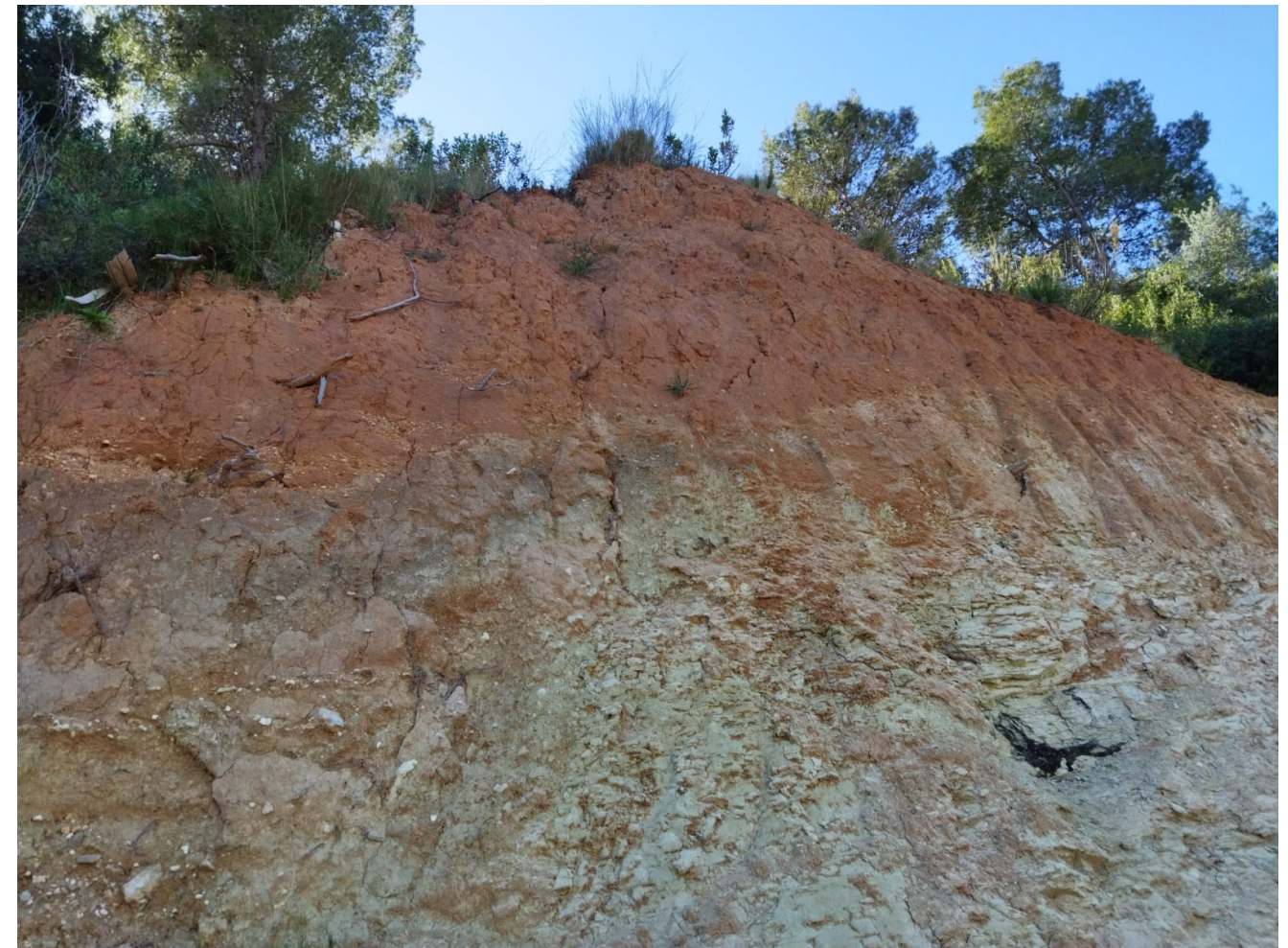
Ilustración 28. Fisuras de las margas en la zona de la berma. Fuente: Elaboración propia.

En este talud, en la zona superior derecha y en la izquierda, se aprecian claramente dos coluviones de gravas con un diámetro de roca no superior a los 200mm (Ilustración 29). En estos también se producen desprendimientos de las rocas que van a parar a la berma de mitad talud.



*Ilustración 29. Coluvión de gravas en la zona superior del talud. Fuente: Elaboración propia.*

De la información obtenida de la geología regional, proporcionada por el IGME, concuerda perfectamente con lo que se ha visto en la zona. En esta, se aprecian las margas alteradas con un color más ocre como consecuencia de su humectación y desecación. Estas margas, se intercalan con las menos alteradas, que tienen un color más grisáceo. Además, también en la zona más superior existe una zona más rojiza debido a las arcillas y suelo orgánico que se acumulan encima de las margas en la zona más elevada del talud (Ilustración 30).



*Ilustración 30. Afloramiento de las arcillas rojizas. Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.5 OBRAS DE EMERGENCIA

En la ladera en cuestión del P.K. 2+000 de la carretera CV-652, como consecuencia de los problemas y afecciones producidas por los episodios de lluvia mencionados anteriormente, se observa que la actuación realizada para paliar los desperfectos consiste en un murete en la parte inferior de la ladera y la realización de una berma de 3 metros de ancho, para poder contener el material que se desprende desde la parte superior del talud.

En la zona de la berma se observa lo siguiente: primeramente, se han excavado las margas dejando un espacio para recoger los fragmentos desprendidos del talud y se ha dejado una especie de murete de margas con unas dimensiones de 0,9m de ancho y 0,9m de altura. Con lo cual la resistencia de este no es demasiado elevada y también puede producir desprendimientos. Este, presenta una serie de grietas que no aportan sensación de seguridad. Por otra parte, en la berma se aprecia una gran acumulación de material desprendido y vegetación que cuanto mayor sea producirá mayores problemas para las tareas de limpieza y acondicionamiento (Ilustración 31).



*Ilustración 31. Berma, solución provisional ejecutada. Fuente: Elaboración propia.*



*Ilustración 32. Muro de protección y contención del material desprendido. Fuente: Elaboración propia.*

Además, como ya ha sido comentado, a causa de los desprendimientos que se producían desde la ladera y que tenían una afección directa sobre la carretera se tuvo que ejecutar el murete de hormigón en la parte inferior del talud para contener y acumular el material que se va desprendiendo. En el murete también se ha tenido en cuenta el drenaje de la zona entre este y el talud mediante agujeros transversales en la zona inferior que evitan que se acumule agua en dicho espacio (Ilustración 32).

#### 4.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de haber realizado la visita de campo al P.K. 2+000 de la CV-652 entre Moixent y Fontanars dels Alforins se ha realizado un análisis de cómo se encuentra en la actualidad la zona de estudio y las diferentes afecciones que se han podido producir y que no se han recogido en ningún informe. Además, a partir de esta visita se comprueba que la información obtenida previamente es correcta y que lo que realmente existe en la zona de estudio está recogido correctamente en los distintos mapas y memoria del IGME.

A continuación, se detallan las conclusiones que se han obtenido después de la visita de campo.

1. En la zona de estudio se han encontrado, de acuerdo con la información del IGME, una intercalación de margas alteradas e inalteradas además de zonas con material arcilloso.
2. La zona de la berma existe cierta acumulación de material desprendido y de vegetales, por lo que se recomendaría limpiarla mediante maquinaria con capacidad de acceso a dicha zona.
3. Entre ambos taludes (el de estudio del P.K. 2+000 y el otro sobre el cual ya se ha actuado del P.K.1+950) existe una ODT (obra de drenaje transversal) que en su embocadura contiene una gran abundancia de vegetación que puede ser arrastrada y formar un tapón. Por ello se recomienda que se realice una limpieza de la vegetación, para evitar cualquier tipo de obstrucción.
4. La diferencia que presentan el buzamiento de los planos de exfoliación en la zona más baja de la ladera y en la zona superior de la berma lleva a la necesidad de realizar un estudio exhaustivo de cómo se produce esto siendo ambas zonas la misma ladera.
5. Por el momento no se ha realizado ninguna solución estructural para la estabilización de la ladera, por ello, se recomienda realizar un análisis para ejecutar una posible solución estructural mediante un muro al pie del talud para evitar futuros deslizamientos y desprendimientos.
6. La afección del agua también es un factor determinante en la estabilidad de la ladera, por ello a la hora de realizar una solución de estabilidad del talud se recomienda tener muy en cuenta el curso que sigue el agua de lluvia y la posibilidad que se produzcan filtraciones que contribuyan a la inestabilidad del desmonte.

#### 5. CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DEL TERRENO

En esta parte del trabajo se busca conocer más concretamente las características de los materiales existentes en el talud mediante la realización de ensayos de laboratorio. Para ello, se utilizan las diferentes muestras tomadas en la visita de campo a partir de las cuales se obtienen parámetros sobre el estado del material de la ladera de estudio. Todos los ensayos se realizan conforme a la normativa vigente siguiendo las indicaciones del libro: *Geotecnia Ensayos de campo y de laboratorio, AENOR (1999)*.

##### 5.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

Después de haber tomado las muestras en la visita de campo se han realizado una serie de ensayos de identificación y clasificación de las muestras de margas y arcillas que se han obtenido (Ilustración 33). De las margas se extrajeron tres muestras, una de las cuales pertenecía al primer talud y las otras dos al talud objeto de estudio, mientras que de las arcillas únicamente se obtuvo una muestra del talud en cuestión. De todas estas muestras se realizaron ensayos de granulometría y Límites de Atterberg para la clasificación de los suelos.

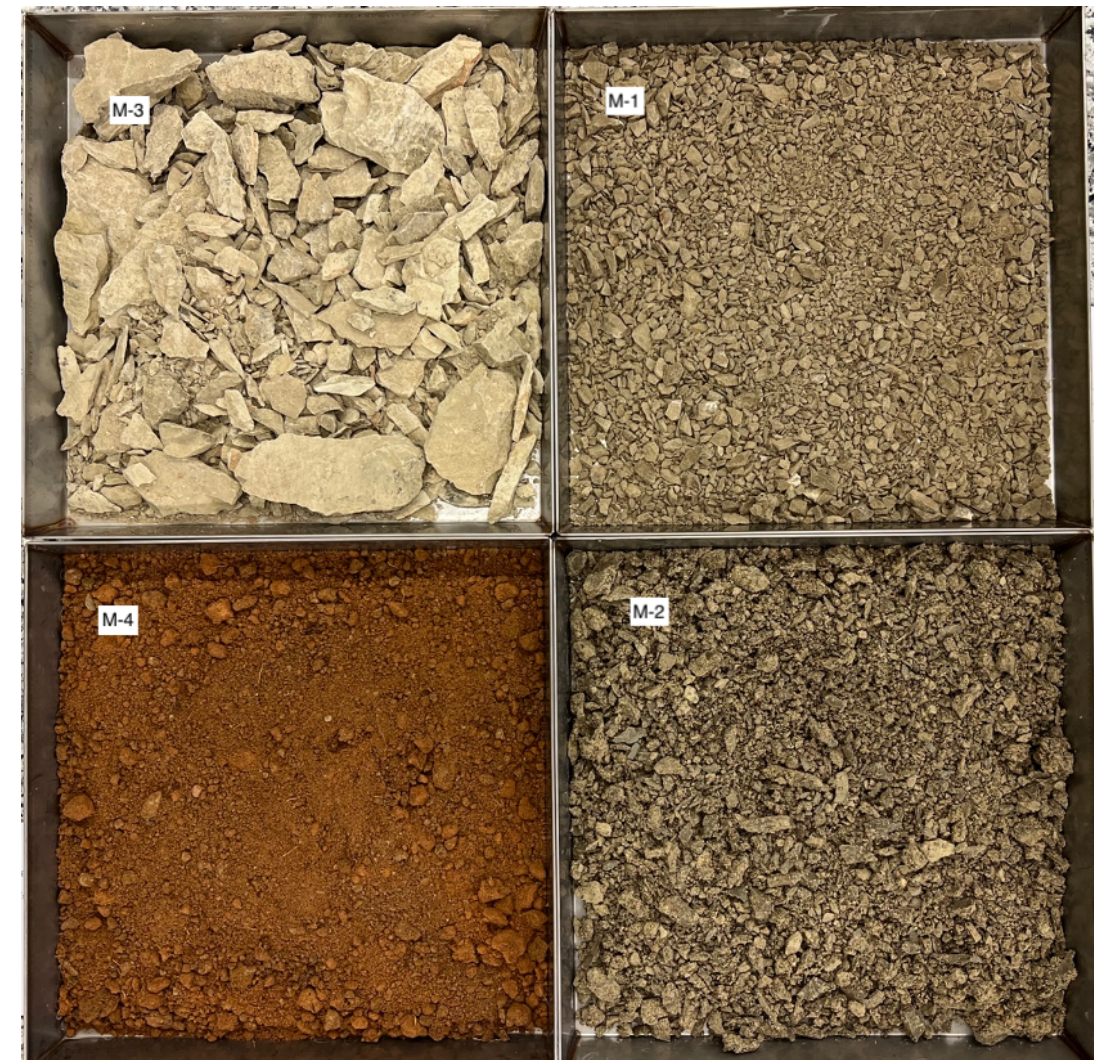


Ilustración 33. Muestras tomadas en la vista de campo. Fuente: Elaboración propia.

Se optó por realizar 2 ensayos diferentes en margas y arcillas para obtener el análisis de las muestras de la zona de estudio. Por otra parte, se realizó otro tipo de ensayo exclusivo para las margas, como es el ensayo de alterabilidad al agua.

Muestra de Marga:

- Análisis Granulométrico de suelos por tamizado. UNE 103-101-95.
- Determinación del Límite Líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande. UNE 102.103/94.
- Determinación del Límite Plástico de un suelo. UNE 103.104/93.
- Determinación de la densidad de un suelo. Método de la Balanza Hidrostática. UNE 103-301/94.

Muestra de Arcillas y Materia Orgánica:

- Análisis Granulométrico de suelos por tamizado. Norma: UNE 103-101-95.
- Determinación del Límite Líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande. UNE 102.103/94.
- Determinación del Límite Plástico de un suelo. UNE 103.104/93.

## 5.2 LOCALIZACIÓN DE LAS MUESTRAS

Las distintas muestras obtenidas en la visita de campo se recogieron en distintos puntos particulares por toda la zona de estudio, además de que al tomar cada una de ellas se procuraba buscar material con características físicas diferentes para poder compararlas y así tener una mayor percepción sobre las propiedades y características de los materiales obtenidos en las muestras tomadas. En la ilustración 34 podemos observar la localización de las muestras que se tomaron en la zona de estudio.

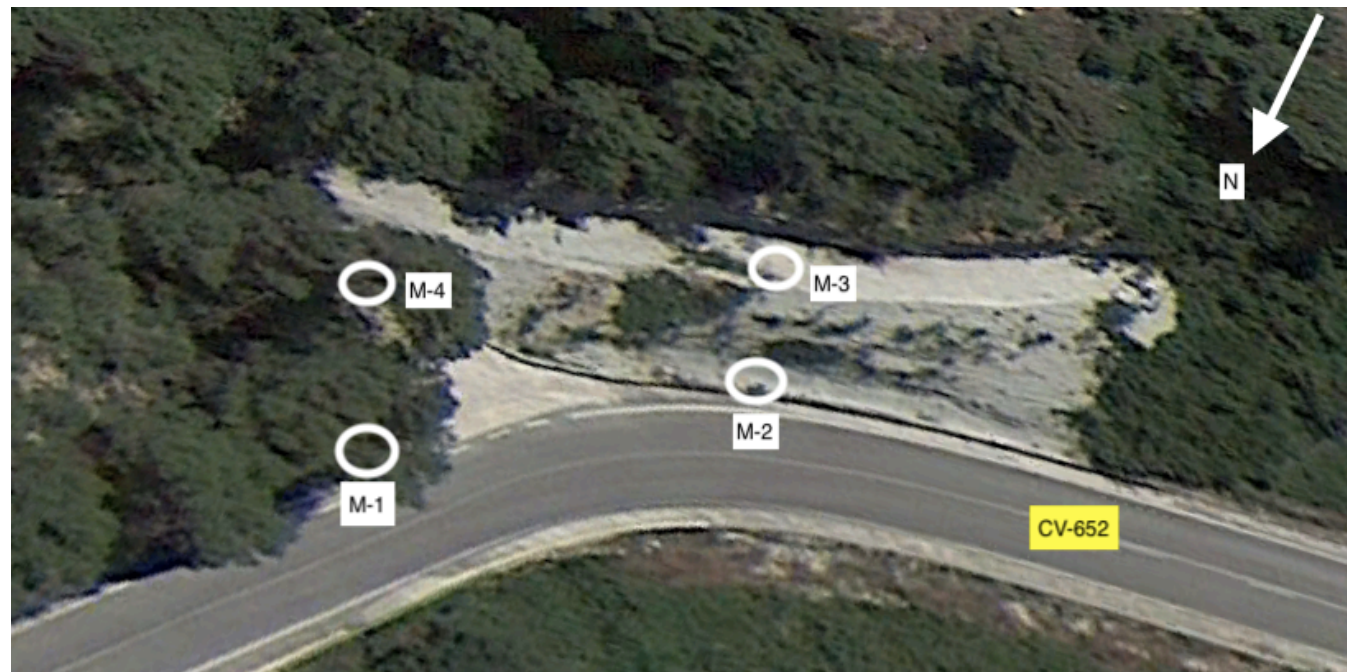


Ilustración 34. Localización de las muestras en la zona de estudio. Fuente: Google Earth.

La primera de las muestras, Muestra 1, (Ilustración 35), se obtuvo directamente de la base del talud sobre el cual ya se había actuado, del P.K. 1+950. A priori, se observaban margas que al tomar la muestra se disgregaban con una gran facilidad, en forma de suelo.



Ilustración 35. Toma de muestra 1. Fuente: Elaboración propia.



La segunda de las muestras tomadas ya corresponde con el talud de estudio del P.K. 2+000 (Ilustración 36). Esta muestra se obtiene del pie de dicho talud y también como en el anterior las margas presentan una gran facilidad de fragmentación en el momento de la toma de la muestra. Pero en esta muestra, las partículas que se disgregan tienen una forma muy definida en forma de lascas, que permiten apreciar a simple vista los planos de estratificación que forman la acumulación de este material.

Por otra parte, en la zona de la berma a mitad ladera nos encontramos con que los fragmentos de margas eran de un tamaño mucho mayor y más consistente que en el resto del talud, que los fragmentos eran muy pequeños. Por ello, se tomó una tercera muestra de este material para compararlo con las otras dos muestras y certificar que el material de esta zona tenía las mismas propiedades que los anteriores. En la ilustración 36 se puede observar las dimensiones de estos fragmentos que se recogen a mitad ladera en la zona de la berma.



Ilustración 36. Toma de muestra 3. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la zona entre ambos taludes, justo en la entrada a la berma del talud del P.K. 2+000 se encuentra el mismo material rojizo que se puede observar en la parte más elevada del talud y que cubre la primera capa del terreno por encima de las margas que predominan en dicho talud. Por ello, al observar dicho material en una zona de fácil acceso, decidimos tomar una muestra (Muestra 4) de dicho material arcilloso y con parte de materia orgánica para poder clasificarlo correctamente y así conocer más determinadamente las características y propiedades de este. En la ilustración 37 se aprecia perfectamente el material arcilloso del cual se obtiene la muestra.



Ilustración 37. Zona de dónde se obtiene la muestra 4. Fuente: Elaboración propia.

### 5.3 RESULTADOS DE ENSAYOS

Una vez se han tomado todas las muestras necesarias para el análisis del terreno se procede a la realización de los ensayos pertinentes de cada muestra para poder caracterizar el tipo de suelo que tenemos y en alguno de los casos, corroborar que los parámetros obtenidos en otros proyectos realizados anteriormente se corresponden con los obtenidos en la realización de estos ensayos.

#### Muestra nº1

De la primera muestra (Ilustración 38) obtenida de la base del talud del P.K. 1+950 se realizan dos ensayos diferentes con la finalidad de obtener una clasificación de dicho suelo. A priori dicha muestra se la trata como una marga muy alterada, aunque después de realizar los ensayos obtenemos otros resultados.

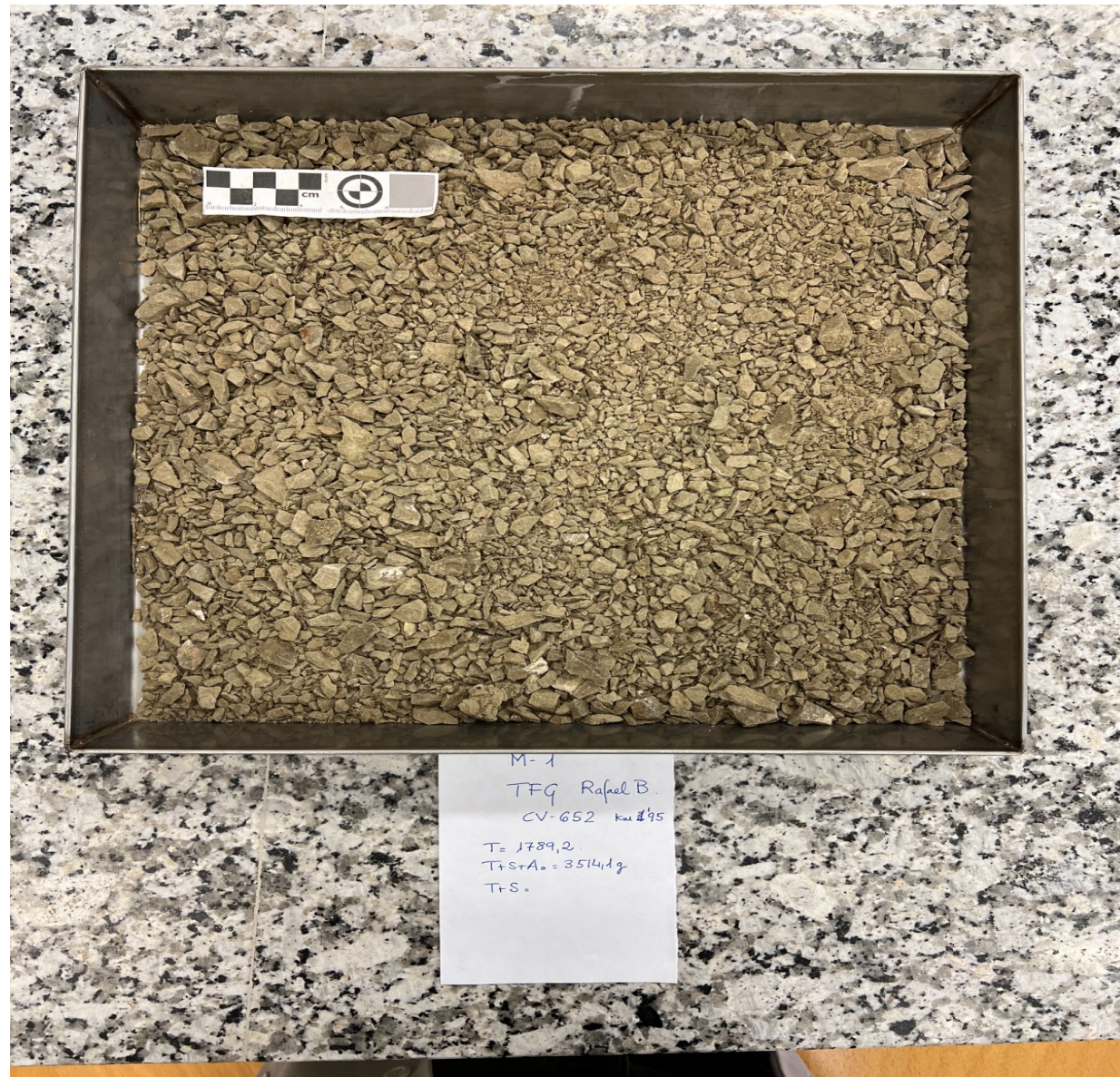


Ilustración 38. Muestra 1. Fuente: Elaboración propia.

#### GRANULOMETRÍA

Primeramente, se realizó el ensayo de la granulometría de suelos por tamizado según la norma UNE-EN 103.101/95. A partir de 287,3 gramos en seco de la muestra 1, se obtuvieron los siguientes porcentajes como resultados:

- GRAVAS (Retenido 5mm): 21%
- ARENAS (Pasa 5mm y Retiene 0,08mm): 34,7%
- ARCILLAS Y LIMOS (Pasa 0,08mm): 44,3%

Por otra parte, también siguiendo la norma UNE-EN 103.101/95 se realizó la segunda parte del ensayo granulométrico a partir de 142,2 gramos en seco, de lo que había pasado por el tamiz de 2mm y los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- GRAVAS (Retenido 5mm): 0%
- ARENAS (Pasa 5mm y Retiene 0,08mm): 20%
- ARCILLAS Y LIMOS (Pasa 0,08mm): 80%

#### LÍMITES DE ATTERBERG

Además, para esta muestra también se realizó el ensayo de los límites de Atterberg para poder determinar la humedad que caracteriza los estados de consistencia de un suelo, es decir, conocer el estado del suelo según sus propiedades físicas y en función del contenido en agua del suelo.

Para la determinación del límite líquido se utiliza el método de la Cuchara de Casagrande de acuerdo con la norma UNE-EN 103.103/94 (Ilustración 39). Por otra parte, para obtener el límite plástico se utiliza el método de la formación de cilindros de acuerdo con la norma UNE-EN 103.104/93.



Ilustración 39. Ensayo de la cuchara de Casagrande. Fuente: Elaboración propia.

De los resultados obtenidos tras la realización de los ensayos de los límites de Atterberg obtenemos:

- Límite líquido: 39,6
- Límite plástico: 30,3
- Índice de plasticidad: 9,3

Finalmente, tras el análisis de los límites en la carta de plasticidad de Casagrande obtenemos que el material de dicha muestra se clasifica según el SUCS como limos inorgánicos con arenas (ML).

Por ello, en función de los resultados obtenidos de estos dos ensayos es posible hacer una rápida caracterización del suelo sin necesidad de tomar muestras inalteradas para su determinación y como resultado de estos podemos determinar que la muestra 1 se puede tratar como una arena limosa con gravas (SM).

### Muestra nº2

La muestra nº2 (Ilustración 40) recogida en la base del talud del P.K. 2+000 se realizan los mismos ensayos de granulometría y límites de Atterberg realizados en la muestra número 1 del otro talud para poder comparar las propiedades de los materiales de ambos que a priori parecen ser el mismo pero que con la realización de los ensayos se pueden caracterizar rápidamente y compararlos.



Ilustración 40. Muestra 2. Fuente: Elaboración propia.

### GRANULOMETRÍA

De acuerdo con la norma UNE-EN 103.101/95, se realizó el ensayo de la granulometría de la muestra nº2 para empezar a caracterizar el suelo. Este ensayo se realizó a partir de 535,4 gramos de muestra seca y por el método de del tamizado y obtenemos el resultado que observamos en la siguiente ilustración:



Ilustración 41. Resultado de la granulometría de la muestra 2. Fuente: Elaboración propia.

Después de realizar dicha granulometría obtenemos los siguientes resultados:

- GRAVAS (Retenido 5mm): 25,9%
- ARENAS (Pasa 5mm y Retiene 0,08mm): 28,7%
- ARCILLAS Y LIMOS (Pasa 0,08mm): 45,4%

#### LÍMITES DE ATTERBERG

Para la realización de los límites de Atterberg respecto a la muestra nº2 se siguen los mismos procedimientos que en la otra muestra, de acuerdo con la norma UNE-EN 103.103/94 para la determinación del límite líquido por el método de la cuchara de Casagrande y siguiendo la norma UNE-EN 103.104/93 para obtener el límite plástico mediante la realización de los cilindros.

Como resultados tras la realización de dichos ensayos de los límites de Atterberg, obtenemos:

- Límite líquido: 38
- Límite plástico: 25,9
- Índice de plasticidad: 12,1

Finalmente, tras realizar ambos ensayos se puede caracterizar al suelo. De acuerdo con el resultado obtenido en la granulometría y el obtenido en los límites de Atterberg podemos considerar al suelo como una arena limosa con gravas (SM).

En referencia a las dos muestras anteriores (Muestra 1 y Muestra 2) podemos considerarlas como arenas limosas al caracterizar el material como suelo. Pero dicha clasificación da lugar a la explicación de que a partir de la acumulación de dichas arenas limosas en planos de estratificación se han ido formando unas rocas margas que se encuentran en un proceso de transición a partir de la sedimentación de estas arenas limosa. Por eso, este material al observarlo a simple vista en el talud se tiende a considerar como una roca margosa, pero cuando se analiza con mayor detalle en el laboratorio nos encontramos con esta clasificación de arenas limosas.

Por ello, se dice que se trata de una roca en transición por la acumulación de diversas capas que forman los planos de estratificación (Ilustración 42).



Ilustración 42. Marga en transición con los planos de exfoliación. Fuente: Elaboración propia.

### Muestra nº3

Respecto a la muestra 3 (Ilustración 43), que se extrae de la zona de la berma del talud del P.K. 2+000, como ya se tienen datos para la clasificación de dicho material a partir de los ensayos realizados de granulometría y límites de Atterberg en las muestras 1 y 2, se procede a realizar el ensayo de densidad mediante el método de la balanza hidrostática de acuerdo con la norma UNE-EN 103.301/94.

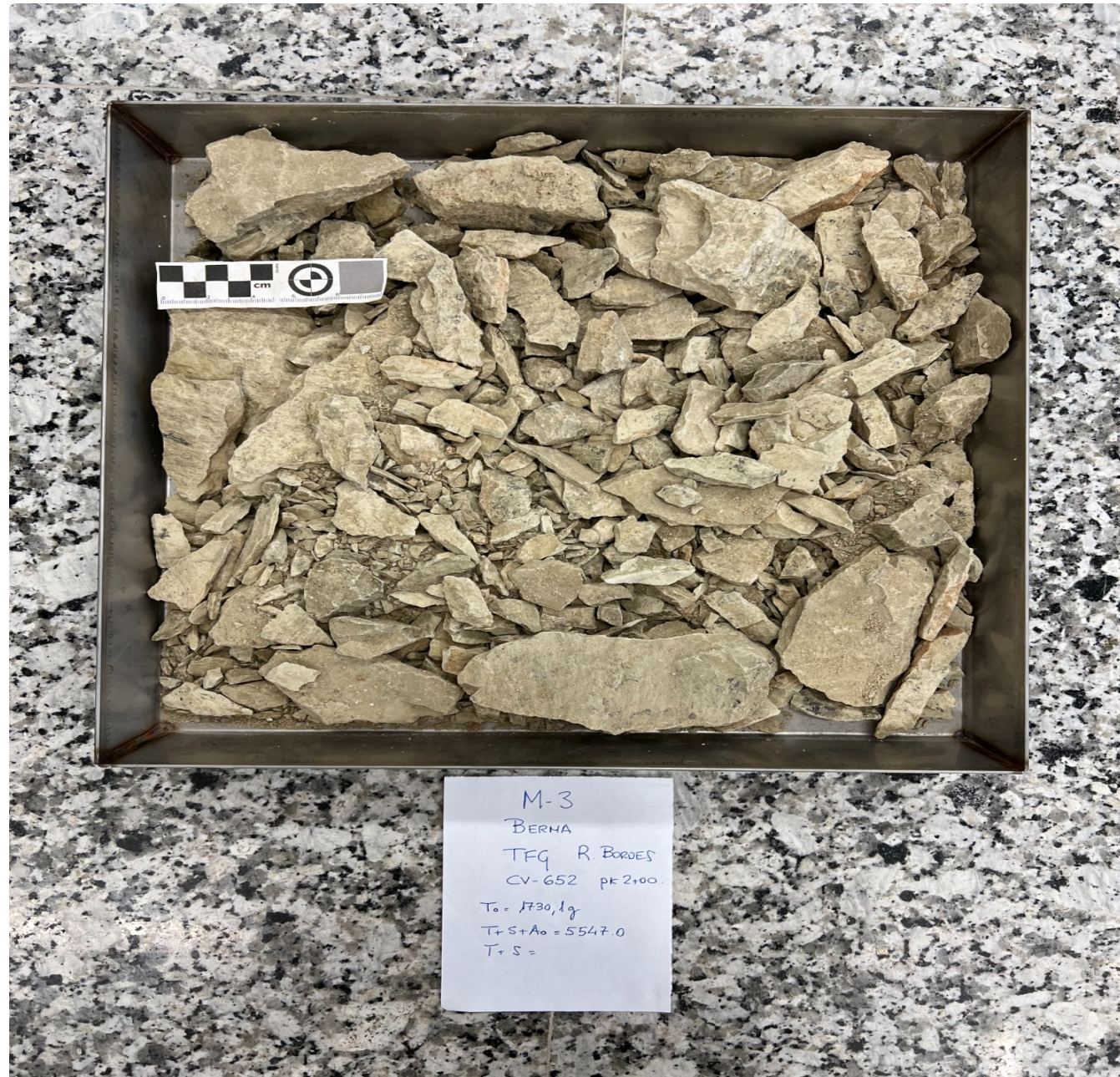


Ilustración 43. Muestra 3. Fuente: Elaboración propia.

### DENSIDAD DE UN SUELO

De esta muestra se extraen fragmentos de margas de mayores dimensiones que en las otras dos muestras y por ello se opta por determinar la densidad aparente y la densidad seca de este tipo de muestras. En este caso se cogen dos fragmentos diferentes a partir de los cuales se determina una humedad media de 12,1%.

Además, de estos dos fragmentos también se pretende observar el comportamiento al contacto directo con el agua. Y es que al sumergirlos en agua la roca margosa empieza a deshacerse fácilmente y rompe en cortes limpios por los planos de estratificación que se comentan anteriormente (Ilustración 44).



Ilustración 44. Fragmento de roca marga-caliza rompiendo por los planos de exfoliación. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, como conclusión del ensayo de la determinación de la densidad del suelo obtenemos el siguiente resultado:

- Densidad aparente,  $\rho$ : 20,6 KN/m<sup>3</sup>
- Densidad seca,  $\rho_d$ : 18,4 KN/m<sup>3</sup>

Estos resultados, al contrastarlos con los análisis que se habían realizado en un estudio geotécnico de un proyecto anterior, cuadran casi perfectamente con ellos y por tanto se puede determinar que los datos que se obtienen de este proyecto anterior son bastante fiables y los ensayos están correctamente realizados.

#### Muestra 4

Esta última muestra (Ilustración 45), recogida en la zona intermedia entre los taludes, a simple vista se observa que se trata de un material completamente distinto al de las otras tres muestras. Este tiene un color rojizo que se asocia a las arcillas de las que habla la memoria geológica y por ello se realizan los ensayos de granulometría y los límites de Atterberg al igual que en las dos primeras muestras para contrastar las propiedades y caracterizar el material.



Ilustración 45. Muestra 4. Fuente: Elaboración propia.

#### GRANULOMETRÍA

Siguiendo la norma UNE-EN 103-101/95, se realiza el ensayo de la granulometría a partir de 467,1 gramos de muestra seca y mediante el método del tamizado, pasando por todos los tamices el conjunto total de la muestra y pesando lo retenido en cada tamiz para poder conocer la granulometría. En la siguiente imagen podemos observar la ejecución de pasar el material por los diferentes tamices:



Ilustración 46. Realización del ensayo de granulometría. Fuente: Elaboración propia.

Tras la realización del ensayo podemos concluir que estos son los resultados:

- GRAVAS (Retenido 5mm): 0,7%
- ARENAS (Pasa 5mm y Retiene 0,08mm): 48,1%
- ARCILLAS Y LIMOS (Pasa 0,08mm): 51,2%

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Para determinar los límites de Atterberg, al igual que en las muestras 1 y 2, se siguen las normas UNE-EN 103.103/94 para el límite líquido mediante la cuchara de Casagrande y la UNE-EN 103.104/93 para la determinación del límite plástico con la realización de los cilindros hasta que se producen fisuras en estos.

Tras la determinación de estos límites obtenemos los siguientes resultados.

- Límite Líquido: 24,1
- Límite Plástico: 20,2
- Índice de Plasticidad: 3,9

Seguidamente se analizan los resultados obtenidos en la carta de plasticidad de Casagrande, donde obtenemos que en función del límite líquido y el índice de plasticidad encuadramos dicho material de la muestra 4 en los limos inorgánicos de baja plasticidad.

Finalmente, de acuerdo con los resultados obtenidos de los ensayos de granulometría y límites de Atterberg, podemos concluir que se trata de un material limo arenoso (ML) que más o menos concuerda con lo que se podía observar a simple vista en la ladera de la zona de estudio. También cabe destacar que en dicho material se han encontrado partículas de material margoso.

A continuación, se muestra una tabla resumen con todos los resultados de los ensayos realizados en cada una de las muestras para la caracterización del material del talud.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
<b>Granulometría</b>	GRAVAS: 21% ARENAS: 34,7% ARCILLAS&LIMOS: 44,3%	GRAVAS: 25,9% ARENAS: 28,7% ARCILLAS&LIMOS: 45,4%	No realizado	GRAVAS: 0,7% ARENAS: 48,1% ARCILLAS&LIMOS: 51,2%
<b>Límites de Atterberg</b>	Límite líquido: 39,6 Límite plástico: 30,3 Índice de plasticidad: 9,3	Límite líquido: 38 Límite plástico: 25,9 Índice de plasticidad: 12,1	No realizado	Límite Líquido: 24,1 Límite Plástico: 20,2 Índice de Plasticidad: 3,9
<b>Densidad</b>	No realizado	No realizado	Humedad: 12,1% Densidad aparente, $\rho$ : 20,6 KN/m <sup>3</sup> Densidad seca, $\rho_d$ : 18,4 KN/m <sup>3</sup>	No realizado

Tabla 1. Resumen de los resultados de los ensayos. Fuente: Elaboración propia

**6. ESTABILIDAD DE LA LADERA**

Para poder realizar un correcto reconocimiento del comportamiento del talud se debe analizar los diferentes tipos de roturas que pueden aparecer en función del tipo de material que conforma el talud para asegurar la seguridad de este frente a cualquier problema que pueda desencadenar. La realización de cualquier actuación sobre el talud debe estar respaldada por las distintas visitas de campo o la realización de ensayos de laboratorio que permitan conocer las propiedades geomecánicas del terreno y los posibles tipos de roturas que puedan producirse.

En el caso propio del talud, después de haber realizado diferentes ensayos para la caracterización del material de este, se puede decir que se trata de una roca en transición ya que de los ensayos se obtiene que se trata de un suelo de arenas limosas que se han ido sedimentando en planos de estratificación milimétricos formando roca margocaliza. Por ello al realizar el análisis de rotura se tratará al terreno más como una roca en conjunto que como un suelo de arenas limosas.

En los taludes rocosos las roturas se pueden dar en función del grado de fracturación del macizo rocoso y por la orientación y distribución de las discontinuidades del talud (Ilustración 47).

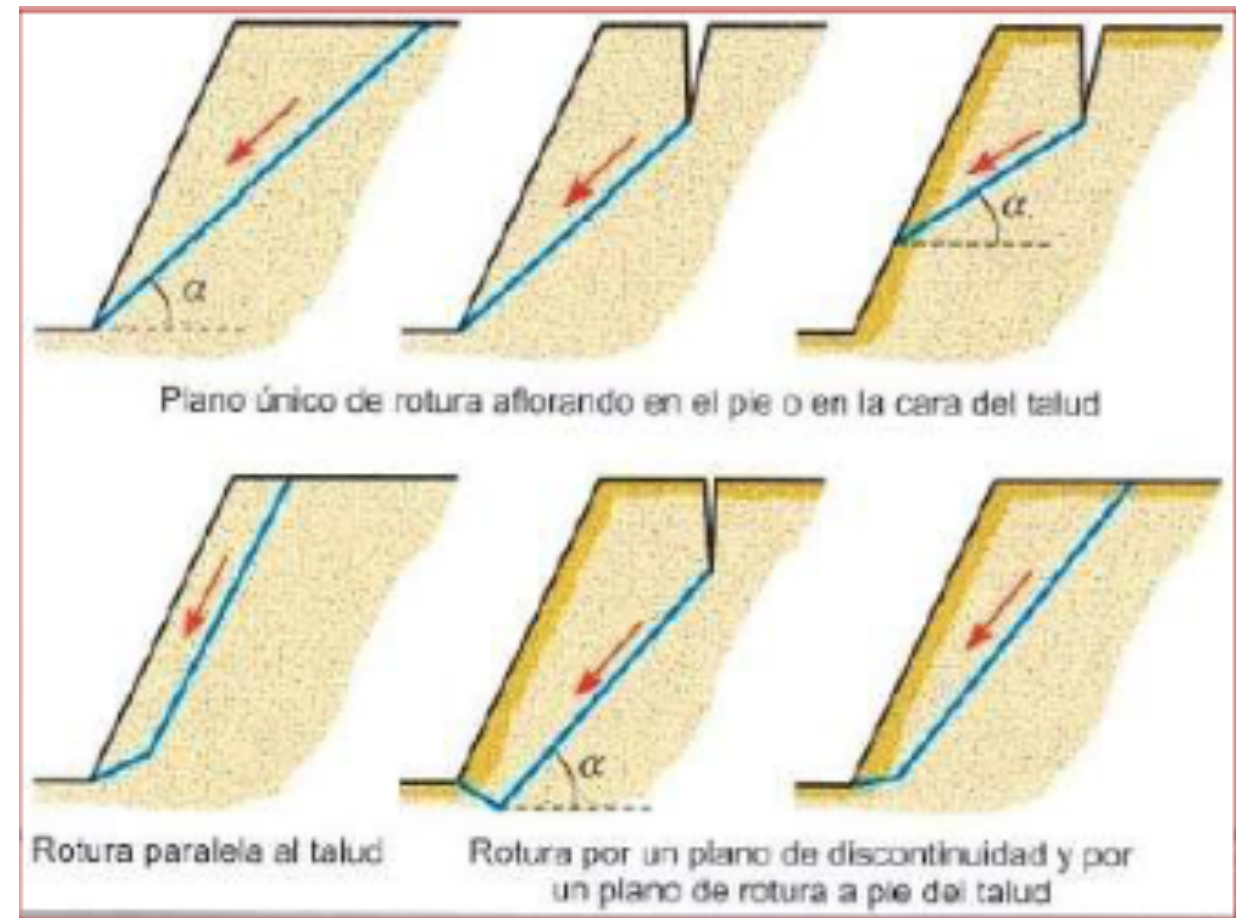


Ilustración 47. Roturas de un talud. Fuente: Google imágenes.

En este caso, el tipo de roturas más frecuentes que pueden darse son los siguientes: Rotura plana, rotura en cuña, vuelco de los estratos, rotura por pandeo y rotura en curva.

Para el análisis de la estabilidad se debe tener en cuenta el cálculo de un factor de seguridad y el tipo de medidas correctoras que se deben aplicar en caso de roturas existentes o futuras. Para ello se necesita conocer la geología y geomecánica de los materiales que forman el talud y las posibles roturas que se pueden dar en función de los factores que marcan dicho talud y que provocan inestabilidades. Por eso, se recurre al análisis de la estabilidad con la complementación de la información obtenida en la realización de los ensayos.

Las técnicas más habituales en el cálculo mediante los métodos de equilibrio límite son el Método de Bishop, y Janbu.

En 1973 apareció el criterio de rotura de Mohr-Coulomb, que inicialmente fue pensado para suelos, y es un criterio de rotura lineal. Aunque en el comportamiento de la roca este criterio no concuerda con el ensayo triaxial se sigue utilizando por cuestiones de sencillez y comodidad. Este criterio se define en función de la tensión tangencial y la tensión normal en un plano. Por otra parte, en 1980 se empezó a utilizar el criterio de rotura de Hoek&Brown, que se ha generalizado en el ámbito de la mecánica de rocas. Este criterio fue introducido para el cálculo de la estabilidad de taludes y estados tensionales de macizos rocosos, pero actualmente y después de una serie de modificaciones se trata de un criterio no lineal que permite valorar la rotura de un medio rocoso a partir de las características geológicas y geotécnicas de este. Por tanto, este último será el utilizado definitivamente para definir la estabilidad de la ladera de estudio.

### 6.1 REVISIÓN TEÓRICA PREVIA

Para el diseño de la estabilidad de un talud se debe conocer la litología y la tipología de rotura que mayor probabilidad de ocurrencia tiene el mismo. Entre las distintas tipologías de roturas que se pueden dar en taludes de rocas están las siguientes:

- **Rotura plana:** Este tipo de rotura se produce a partir de una discontinuidad o superficie plana como pueden ser planos de falla, planos de estratificación o juntas tectónicas.

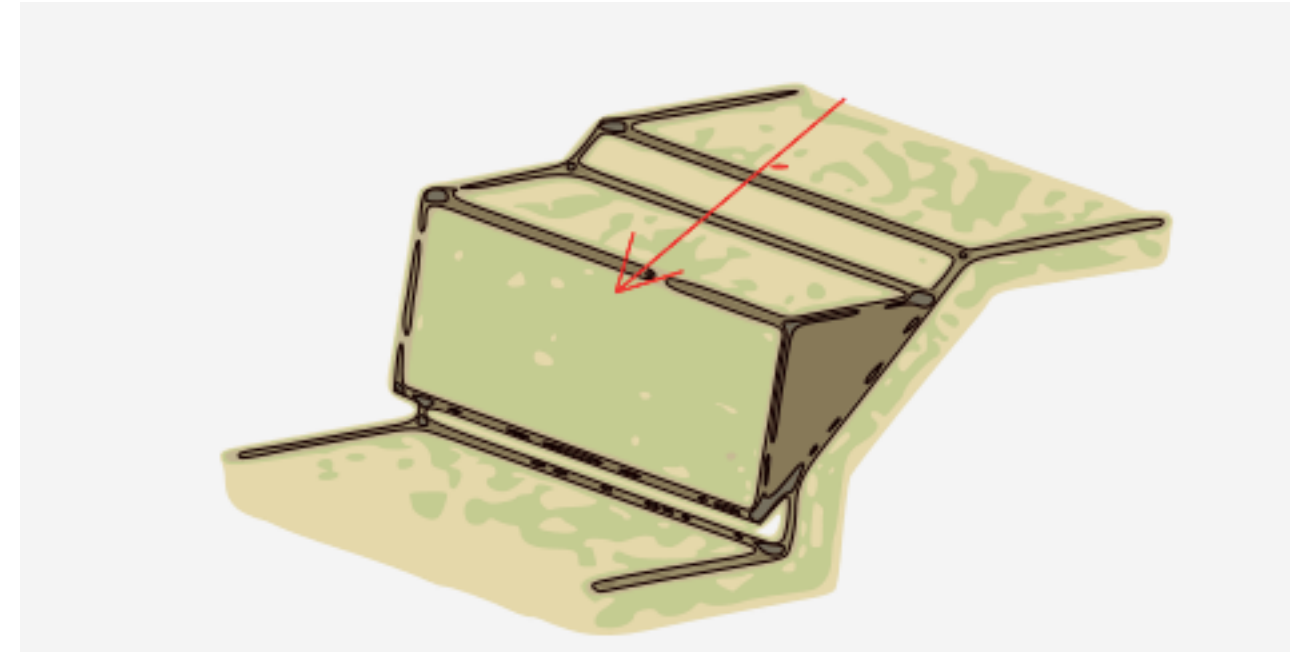


Ilustración 48. Esquema de rotura plana. Fuente: Google imágenes.

En este tipo de roturas las discontinuidades buzan a favor del talud y con la misma dirección y el ángulo de buzamiento de la discontinuidad tiene que ser mayor que el ángulo de rozamiento interno.

Existen dos tipos de roturas planas:

- Cuando se rompe por un plano que aflora en la cara o el pie del talud.
- En el caso de que se rompa por un plano paralelo a la cara del talud por la pérdida de resistencia en el pie o por erosión.

En el caso de la zona de estudio se da que el plano de deslizamiento y los planos de exfoliación no son paralelos y por tanto no se puede dar este tipo de rotura.

- **Rotura en cuña:** Esta rotura se produce como consecuencia del deslizamiento en bloque en la intersección de dos planos de discontinuidad.



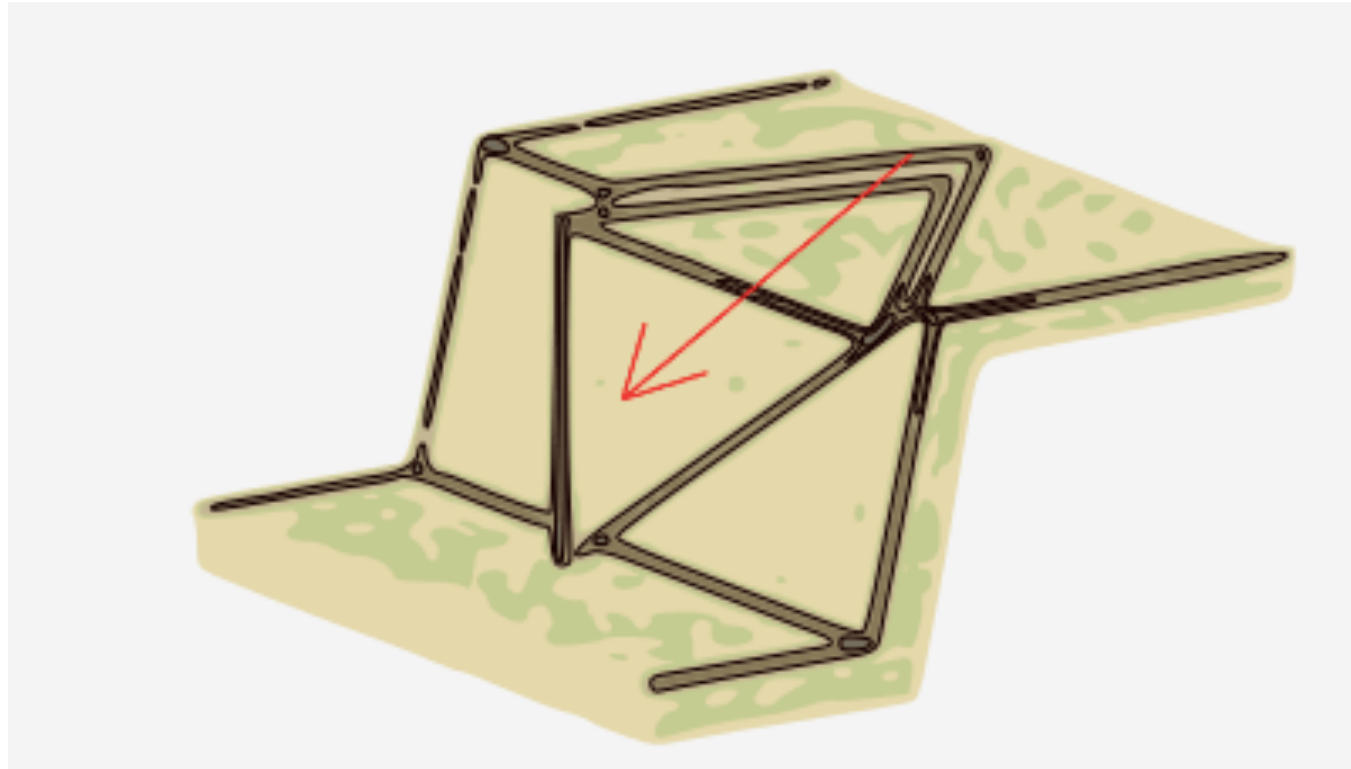


Ilustración 49. Esquema de rotura en cuña. Fuente: Google imágenes.

Este tipo de rotura se produce cuando:

- En la superficie del talud aparecen los planos de discontinuidad.
- En el talud existen varias familias de discontinuidades.

En el talud de la zona de estudio no afloran los planos entre familias de discontinuidades y por tanto este tipo de rotura no es la más importante para tener en cuenta en la zona de estudio.

- **Rotura por vuelco:** Esta se propicia cuando los estratos o las discontinuidades presentan un buzamiento en dirección contraria a la inclinación del talud y además la dirección es paralela a la del talud.

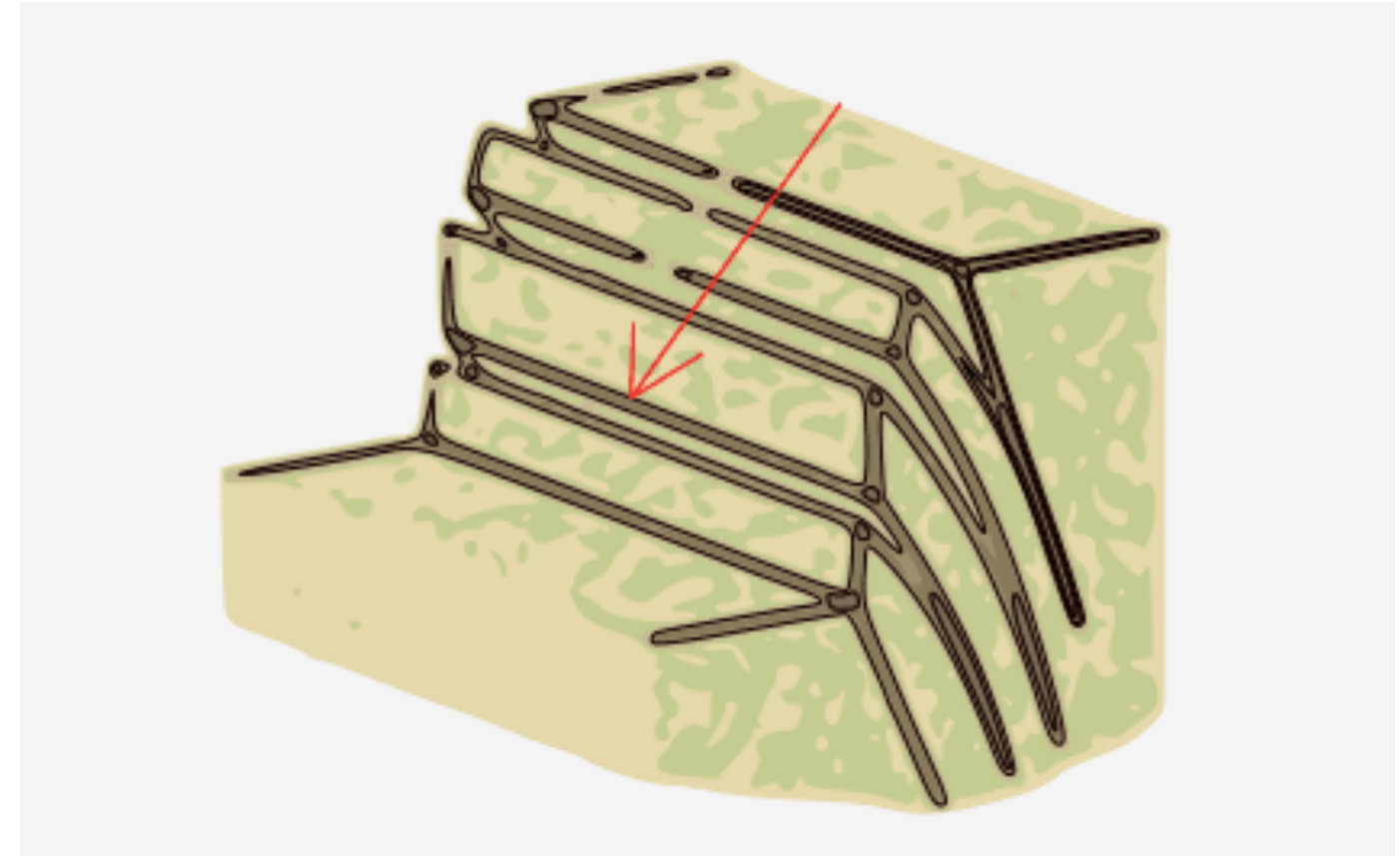


Ilustración 50. Esquema de rotura por vuelco. Fuente: Google imágenes.

La rotura por el vuelco se caracteriza por:

- Los estratos o las discontinuidades se disponen ortogonales entre sí.
- La rotura de estos provoca un movimiento de rotación de los fragmentos.

En el caso del talud de la zona de estudio se puede dar este tipo de rotura ya que en la zona que se encuentra por encima de la berma del talud los planos de exfoliación se encuentran dispuestos ortogonalmente a la inclinación del talud.

- **Rotura por pandeo:** Esta rotura se da como consecuencia de que los planos de exfoliación se disponen paralelos al talud y el ángulo de rozamiento interno es menor que el buzamiento de los planos.

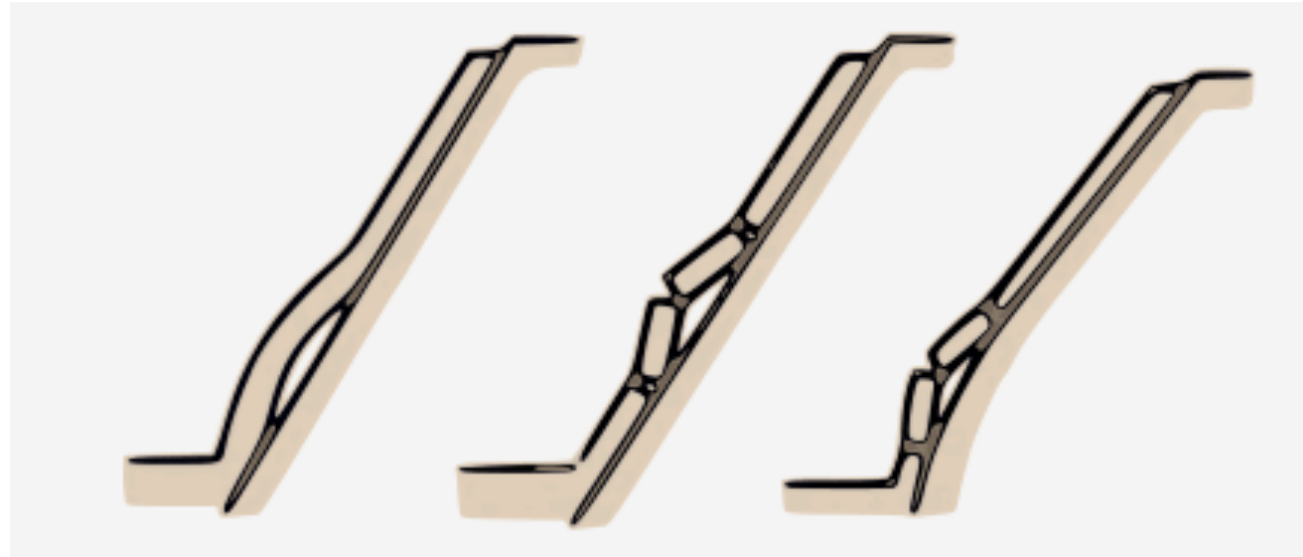


Ilustración 51. Esquema de rotura por pandeo. Fuente: Google imágenes.

Esta rotura ocurre cuando:

- Hay o no flexión en los estratos.
- Los estratos en comparación con las dimensiones del talud son mucho más delgados y por ello se produce el pandeo.

Existen una serie de condicionantes que favorecen la ocurrencia de este tipo de rotura como son la elevada altura del talud, las fuerzas internas, una geometría desfavorable, la presión del agua o la concentración de tensiones.

En el talud de la zona de estudio no es muy probable que se de este tipo de rotura ya que los planos de exfoliación que se dan en este no son suficientemente paralelos con la inclinación del talud.

- **Rotura curva o global:** Este tipo de rotura se puede asociar mayoritariamente a macizos rocosos blandos o aquellos en los que el material que lo conforma está suficientemente fracturado o alterado. Otra de las propiedades que favorecen esta rotura es cuando el conjunto del talud tiene unas propiedades similares y se comporta como un suelo. Además, las discontinuidades o fallas también pueden afectar a este tipo de rotura, aunque por otra parte estas pueden llevar al talud a otro tipo de rotura.



Ilustración 52. Esquema de rotura global. Fuente: Google imágenes.

En el caso del talud de la zona de estudio es más probable que se de este tipo de rotura por las características del este, ya que se trata de un talud formado por margas en la zona más superficial que presentan un grado de fracturación bastante elevado. Además, en el talud el material es bastante uniforme y tiene un comportamiento homogéneo en su conjunto como un suelo.

Por otra parte, en el talud existen puntos de debilidad que pueden favorecer este tipo de deslizamientos como son los diferentes contactos de los planos de exfoliación que pueden llevar a un movimiento conjunto de todo el talud favorecido por el aumento de la presión del agua que produce hinchamiento de las margas y produce la separación de la roca mediante sus planos.

Este tipo de rotura se puede dar en el talud de una manera superficial debido al tipo de material y su fragmentación y por tanto tendríamos dos zonas diferentes de rotura y perfectamente diferenciadas como son la parte superior de la berma y la inferior.

Además de estos tipos de rotura por separado, también se puede dar el caso en el que se combinen varios tipos de rotura y provoque deslizamientos y desprendimientos en el talud como puede ser la caída de bloques o los desprendimientos que se dan tras algún mecanismo de rotura comentado en este apartado.

## 6.2 ANÁLISIS DE LA ROTURA

Del talud de estudio del P.K. 2+000 se tiene constancia de que se han producido diferentes contratiempos que han llevado a problemas de estabilidad y afecciones a la carretera CV-652 que está situada en el pie del talud.

Como ya se ha comentado en el primer apartado de antecedentes, durante unos episodios de fuertes lluvias en diciembre del año 2016 se produjo un deslizamiento importante que arrastró una gran parte de la vegetación que se encontraba en un nivel de arenas limosas de tonos rojizos, de escasa potencia, sobre las margas que conformaban el talud (Ilustración 53). Este problema se produjo como consecuencia de la pérdida de agarre de la tierra vegetal sobre las margas y por ello se produjo el deslizamiento de la tierra vegetal junto con una parte de las margas que conforman

el talud hacia la CV-652, que tuvo que ser cortada durante unos días hasta poder solucionar y asegurar la seguridad vial en dicho tramo de carretera.



*Ilustración 53. Arrastre y deslizamiento de la tierra vegetal. Fuente: Memoria Valorada "Acondicionamiento del talud del P.K. 1+980 de la CV-652. T.M. Moixent (Valencia).*



*Ilustración 54. Vista del terreno de la cabeza del talud. Fuente: Memoria Valorada "Acondicionamiento del talud del P.K. 1+980 de la CV-652. T.M. Moixent (Valencia).*

Además de la rotura por el deslizamiento de una parte del talud, también se producen otros tipos de desprendimientos debido a la gran alterabilidad del terreno margoso que tiene una gran facilidad para fragmentarse. Y es que, también como consecuencia de la actuación del agua se producen desprendimientos de pequeños fragmentos de marga con o sin vegetación de la parte más superficial del talud, que se dan por la alteración de dicho material al contacto con el agua, como se ha explicado más detalladamente en otros apartados del trabajo.

Pero estos deslizamientos de la tierra vegetal junto con las margas que conforman el talud no son los únicos, ya que en los taludes cercanos a este se está produciendo la misma problemática y las afecciones pueden aumentar y producir serios problemas en el entorno. Por ello se debería de realizar un estudio de toda la zona para llegar a una solución que minimizara al máximo estos deslizamientos puntuales en los episodios de fuertes precipitaciones.

Por otra parte, estos episodios de deslizamientos y afecciones del talud se producen en gran parte por las filtraciones de agua que se producen en la cabeza del talud (Ilustración 54), ya que en este no existe ningún tipo de actuación para poder frenar estas filtraciones y que la afección al talud sea mínima. Este hecho es un problema importante en el talud, ya que además de arrastrar la capa de tierra que se encuentra en la zona más elevada del talud puede infiltrarse hasta llegar a zonas mucho más bajas de este y producir el hinchamiento de las margas que como ya se ha determinado se expanden y pueden provocar la rotura total o parcial de las partes más superficiales del talud.

## 7. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y PROPUESTA DE ACTUACIÓN

En esta parte del trabajo se realiza una explicación de las distintas alternativas que se podrían realizar para encontrar una solución para la estabilización del talud. Para ello se realiza un análisis multicriterio de entre las distintas alternativas que se plantean.

Finalmente, después de realizar el análisis de las alternativas se llega a una solución que será la más adecuada para solucionar el problema de estabilización del talud en cuestión.

### 7.1 MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DE LADERAS

Para poder resolver las inestabilidades de una ladera se puede recurrir a diversos métodos que se podrían aplicar para estabilizar el talud de estudio, escogiendo posteriormente el que más se adapte a solucionar el problema teniendo en cuenta diferentes aspectos como podrían ser la integración paisajística, la viabilidad de construcción o el impacto visual y ambiental que puede darse al aplicar dicha solución.

Al realizar el estudio de todas las alternativas para resolver la inestabilidad de un talud se deben aplicar diversas medidas de estabilización que comporten aumentar el factor de seguridad de este, aumentando las fuerzas estabilizadoras o de otro modo, disminuyendo las fuerzas desestabilizadoras que afecten al buen comportamiento del talud.

Por ello se deben tener en cuenta diversos factores:

- Los diferentes tipos de rotura que se pueden dar.
- Las propiedades geomecánicas del terreno que conforma el talud.
- Factores como la hidrología o la sismicidad.

Para llegar a una solución adecuada se deben realizar visitas a la zona de estudio para poder hacer un buen reconocimiento del terreno tomando muestras para después analizarlas en laboratorio y realizar estudios de hidrología y geología.

Entre los diferentes métodos que se pueden utilizar para aumentar la estabilidad del talud se encuentran los siguientes:

- Mejorar el drenaje.
- Retaluzado para mejorar la geometría de este.
- Construcción de elementos estructurales de contención.
- Colocación de elementos de protección.
- Elementos de contención superficial (mallas).

De entre todos ellos, se debe estudiar la viabilidad de cada uno para poder llegar a una solución lo más adecuada posible que resuelva el problema de la estabilidad.

- **Mejoras del drenaje**

Esta actuación en el caso de estudio podría ser una buena medida ya que las margas que conforman el talud en su gran mayoría son bastante sensibles a la acción del agua y al sufrir los procesos de humectación se puede dar el

hinchamiento de estas que podría desencadenar en una rotura del talud. Por ello, esta solución podría ser muy eficiente acompañada de otra como podría ser una solución estructural que aumente las fuerzas estabilizadoras.

- **Retaluzado**

Esta solución se basaría en la realización de un nuevo talud con menos pendiente, aunque en el caso de estudio sería demasiado complicado por la situación y geometría del talud. Además, que ya se ha realizado una berma que modifica la geometría inicial del talud, y esta si que podría ser aprovechada.

- **Elementos de contención superficial**

Este tipo de elementos podrían ser una buena solución para el talud en cuestión mediante la colocación de mallas como podrían ser la de triple torsión combinadas con otras mallas de cables de acero ancladas con anclajes como los bulones. Además, también sería una buena opción para complementar, la colocación de mallas de coco que permiten conservar la humedad del talud.

- **Elementos de protección**

La ejecución de estos en este caso ya ha sido ejecutada. En la ladera, como ya se ha comentado en la descripción de estas, existe un muro de protección a los pies del talud que evita que el material desprendido pueda llegar a afectar al tráfico de la carretera CV-652.

- **Elementos estructurales de contención**

En este caso, la ejecución de este tipo de solución se basa en la ejecución de muros o estructuras de contención que permiten reforzar las zonas de los pies de los taludes aumentando la resistencia de este frente a la erosión y evitando posibles problemas futuros.

Dentro de este tipo de solución se encuentran muchos elementos como pueden ser los siguientes:

- Muro de hormigón de revestimiento.
- Muro pantalla con pilotes.
- Gunitado de hormigón en la superficie.
- Muros de escollera o gaviones.
- Muro de mampostería.
- Muro de tierra armada.

### 7.2 REVISIÓN DE LAS ALTERNATIVAS VIABLES

A continuación, se realiza el análisis más detallado de las cinco alternativas diferentes que comportan una solución más viable para la ejecución de la estabilización de la ladera.

Por una parte, la única alternativa que se descarta absolutamente es la de retaluzar el talud completamente, ya que en actuaciones anteriores ya se ha ejecutado una berma a mitad ladera y realizar un talud nuevo es inviable o muy complicado debido a las características de la zona y la geometría actual del talud.

De entre todas las demás opciones se analizan cinco variables diferentes para poder hacer un buen análisis barajando todas las posibilidades y de este modo llegar a la solución más adecuada.

También tener en cuenta que cualquiera de las alternativas puede ir complementada con la referida a realizar un buen drenaje, ya que por sí sola no daría una solución definitiva pero combinada con otra podría reforzar la estabilidad y seguridad del talud en cuestión.

Por tanto, de entre todas las alternativas planteadas, se estudiarán las siguientes cinco:

1. Muro de escollera o gaviones.
2. Berma y muro de escollera.
3. Anclajes, geomallas y berma.
4. Muro de hormigón de revestimiento.
5. Gunitado de la superficie.

De entre todas estas opciones se realiza un análisis multicriterio que permite decidir entre todas las alternativas cual es la solución óptima para problema de estabilidad. Para ello, se establecen unos criterios y subcriterios que se tendrán en cuenta para la elección. A estos criterios y subcriterios se les asignará un peso para poder compararlos entre si y que en principio son los que más afección tienen sobre las alternativas entre las cuáles se pretende escoger para cumplir el objetivo de estabilizar el talud.

Entre los criterios elegidos están los siguientes:

- **Proceso y facilidad constructiva:** En este aspecto se pretende analizar la viabilidad de ejecución de las alternativas teniendo en cuenta el marco constructivo y las posibles dificultades que puedan aparecer durante todo el proceso. Además, se debe tener en cuenta la accesibilidad de la maquinaria a la zona en función de la que se necesite en cada una de las alternativas.
- **Económico:** Este criterio únicamente se centra en la viabilidad del gasto económico que supone cada una de las alternativas en el proceso de proyecto-construcción y además, en el futuro mantenimiento que pueda tener la alternativa escogida.
- **Social:** Al tener en cuenta el aspecto social, se refiere a la afección que produce la ejecución de esta actuación sobre la carretera CV-652, que conecta los municipios de Moixent y Fontanars dels Alforins. A priori, dicho aspecto sería el que menos peso tendría ya que se trata de una carretera secundaria, aunque el corte de esta supone un aumento considerable del trayecto entre Moixent y los diferentes destinos a los cuales se pretenda llegar utilizando dicha carretera.
- **Impacto ambiental:** Este criterio es de una importancia elevada ya que se trata de una actuación en el medio natural y una actuación poco acorde con este causaría una afección visual y ambiental importante. Además, en este aspecto se busca una solución que tenga una integración muy elevada en el entorno y que produzca una mínima afección durante la fase de ejecución y sobre todo durante la vida útil.

Por otra parte, dentro de cada uno de los criterios elegidos encontramos otros subcriterios:

- Proceso y facilidad constructiva:
  - Transporte de los materiales y maquinaria.
  - Facilidad de construcción.
  - Duración de las obras.

- Económico:
  - Coste de materiales y maquinaria.
  - Coste de construcción y mantenimiento.
  - Coste de transporte.
- Social:
  - Duración de la afección sobre la carretera.
  - Accesos a la obra.
  - Seguridad al finalizar la actuación.
- Impacto ambiental:
  - Integración paisajística.
  - Afección visual.
  - Afección constructiva.

Una vez definidos los criterios y subcriterios a analizar de cada alternativa propuesta, se procede a emplear el Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process, AHP*) (Ilustración 55), que permite escoger la alternativa más viable en función de los pesos asignados a todos los criterios y a su vez a los subcriterios. El objetivo principal se encuentra en el nivel más elevado de la estructura jerárquica y los criterios y subcriterios en los niveles más inferiores tal y como se muestra en la ilustración 55. Por ello, es muy importante definirlos bien para que el método de análisis tenga la eficacia adecuada.

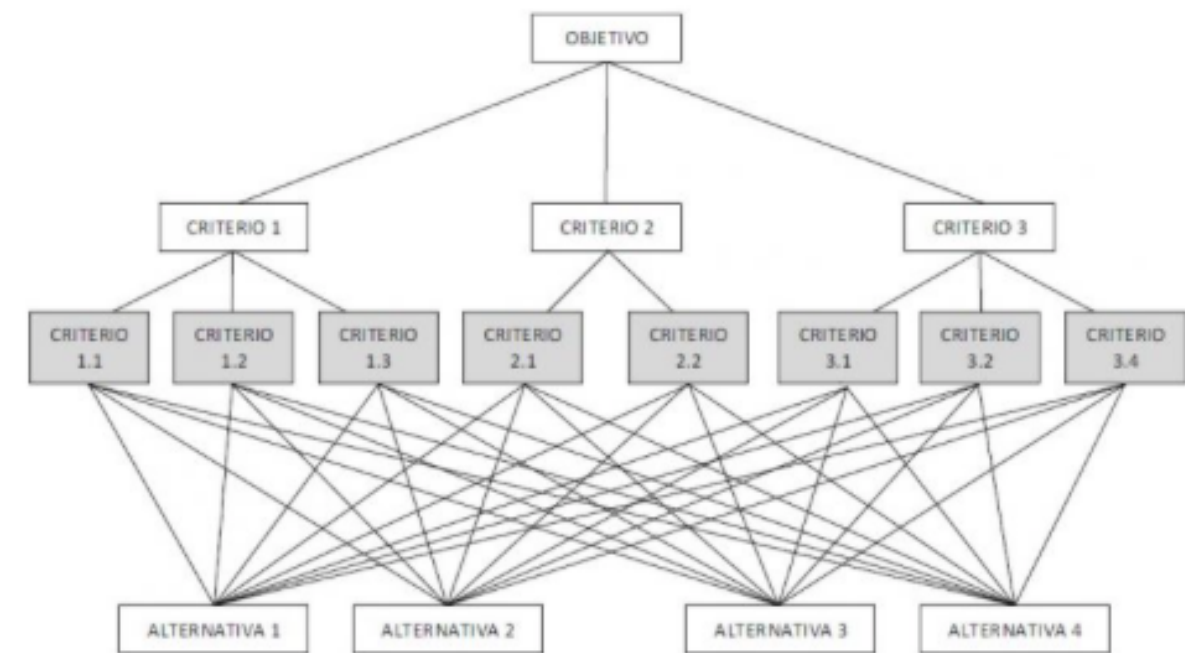


Ilustración 55. Ejemplo de estructura jerárquica AHP. Fuente. Blog del Profesor Víctor Yepes.

Una vez definida la estructura jerárquica, se comparan los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios del nivel inferior. Para poder comparar cada alternativa con las demás, el método AHP utiliza una escala que va del 1 al 9 y que se ha comprobado empíricamente su funcionamiento en situaciones reales (Ilustración 56).

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	

Ilustración 56. Escala fundamental de comparación por pares (Saaty, 1980). Fuente: Blog del Profesor Víctor Yepes.

La comparación de las diferentes alternativas respecto al criterio del nivel inferior de la estructura jerárquica, como la comparación de los diferentes criterios de un mismo nivel jerárquico dan lugar a una matriz cuadrada denominada matriz de decisión. Esta matriz cumple con las propiedades de reciprocidad (si  $a_{ij}=x$ , entonces  $a_{ji}=1/x$ ), homogeneidad (si  $i$  y  $j$  son igualmente importantes,  $a_{ij}=a_{ji}=1$ , y además,  $a_{ii}=1$  para todo  $i$ ), y consistencia (la matriz no debe contener contradicciones en la valoración realizada).

La consistencia se obtiene mediante el índice de consistencia (*Consistency Index*, CI) donde  $\lambda_{\max}$  es el máximo autovalor y  $n$  es la dimensión de la matriz de decisión (ecuación 1). Un índice de consistencia igual a cero significa que la consistencia es completa. Una vez obtenido CI, se obtiene la proporción de consistencia (*Consistency Ratio*, CR) (ecuación 2) siendo aceptado siempre que no supere los valores indicados en la ilustración 58. Si en una matriz se supera el CR máximo, hay que revisar las ponderaciones.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

RI, se trata del índice aleatorio, que indica la consistencia de una matriz aleatoria (Ilustración 57).

Tamaño de la matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice aleatorio	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Ilustración 57. Índice aleatorio RI. Fuente: Blog del Profesor Víctor Yepes.

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

Ilustración 58. Porcentajes máximos de ratio de consistencia. Fuente: Blog del Profesor Víctor Yepes.

Una vez verificada la consistencia, se obtienen los pesos, que representan la importancia relativa de cada criterio o las prioridades de las diferentes alternativas respecto a un determinado criterio. Para ello, el AHP original utiliza el método de los autovalores, donde hay que resolver la ecuación 3.

$$A \cdot w = \lambda_{\max} \cdot w \quad (3)$$

donde A representa la matriz de comparación, w el autovector o vector de preferencia, y  $\lambda_{\max}$  el autovalor.

Para finalizar se deben de multiplicar los vectores (pesos) de los criterios por la matriz que se crea de la importancia de cada criterio sobre cada alternativa.

### 7.3 ESTUDIO DE SOLUCIONES

En primer lugar, se realiza la matriz de criterios que se van a analizar para ver cuál de ellos será el más determinante (Tabla 2).

	C1	C2	C3	C4	Ci	LAMDAi
C1	1,00	0,33	3,00	0,25	0,14	1,13
C2	3,00	1,00	5,00	0,50	0,31	1,09
C3	0,33	0,20	1,00	0,17	0,06	0,94
C4	4,00	2,00	6,00	1,00	0,49	0,94

Tabla 2. Matriz de decisión de criterios. Determinación de los pesos por el método SAATY.

Tras el análisis realizado, se adjudican los pesos a cada criterio (Tabla 3).

	Pesos
C1	Proceso y facilidad constructiva 0,14
C2	Económico 0,31
C3	Social 0,06
C4	Impacto ambiental 0,49
	1,00

Tabla 3. Pesos de los criterios.

Finalmente, obtenemos el valor de consistencia, que en nuestro caso es favorable, de acuerdo con los porcentajes del blog de Víctor Yepes que se tienen en la ilustración 58.

CR	0,0404	CONSISTENTE
----	--------	-------------

En la tabla 3 observamos que el criterio más determinante es la C4, de impacto ambiental. Esta tiene el mayor peso de entre todas y por ello es más decisiva que las demás a la hora de análisis de las diferentes alternativas. La importancia de este criterio reside en la influencia sobre el medio ambiente, ya que se trata de la estabilización de una ladera que está en el medio y cualquier actuación que se realice sobre esta pueden modificar sustancialmente el medio natural.

El segundo factor que tiene más relevancia es el C2, económico, ya que la situación económica actual del país no es la mejor y por tanto se intentan adaptar los gastos a la solución más eficiente en cuanto a la seguridad y precio.

Por otra parte, los criterios C1, proceso y facilidad constructiva y el C3, social, que se encuentran bastante por debajo de los pesos de los otros dos criterios. El criterio C1, tiene un peso un poco mayor ya que en la zona de la ladera la accesibilidad sobretodo en las zonas puede conllevar a diferentes problemas. Mientras que el criterio C3 es el que menos peso tiene de todos. Esto se debe a que la carretera CV-652 es una carretera secundaria la cual el mayor

tránsito que tiene es las personas que quieren desplazarse a Fontanars dels Alforins o por cuestiones de trabajos agrícolas, pero tienen la opción de realizar otro recorrido un poco más largo en caso de corte total de la carretera. En función de estos cuatro criterios se quiere determinar la solución más eficaz que cumpla con el objetivo final de estabilización de la ladera.

Para ello, se realiza el análisis de cada una de las cinco alternativas propuestas para cada criterio.

Las alternativas son las siguientes:

- A1: Muro de escollera o gaviones. A2: Berma y muro de escollera.
- A3: Anclajes, geomallas y berma. A4: Muro de hormigón de revestimiento.
- A5: Gunitado de la superficie.

En función del impacto que tienen los aspectos de los criterios sobre cada alternativa se utiliza la siguiente escala (Tabla 4) para valorar de muy mala a muy buena la afección de estos subcriterios.

MUY BUENA	++
BUENA	+
MEDIA	+ -
MALA	-
MUY MALA	--

Tabla 4. Criterio de ponderación.

- **Proceso y facilidad constructiva.** En este caso, se analiza lo que se refiere al proceso de construcción relacionado con la facilidad en función de los subcriterios para cada una de las alternativas. Esto se puede ver en la siguiente tabla:

	PROCESO Y FACILIDAD CONSTRUCTIVA				
	A1	A2	A3	A4	A5
Transporte de materiales y maquinaria	-	--	++	+ -	+
Facilidad de construcción	-	-	+	+ -	+ -
Duración de las obras	-	-	+	+ -	+

Tabla 5. Subcriterios del criterio 1.

A partir de ello se realiza la matriz de decisión en función de dicho criterio (Tabla 6).

CRITERIO 1: Proceso y facilidad constructiva							
	A1	A2	A3	A4	A5	Ci	LAMDAi
A1	1,00	2,00	0,13	0,25	0,17	0,05	1,04
A2	0,50	1,00	0,11	0,20	0,14	0,04	0,87
A3	8,00	9,00	1,00	5,00	3,00	0,51	0,89
A4	4,00	5,00	0,20	1,00	0,33	0,14	1,33
A5	6,00	7,00	0,33	3,00	1,00	0,26	1,23

Tabla 6. Matriz de decisión sobre el criterio 1.

Después de realizar el análisis comprobamos que es favorable.

CR	0,082204799	CONSISTENTE
----	-------------	-------------

El resultado de los pesos que han tomado las alternativas en función del criterio de proceso y facilidad constructiva es el siguiente:

		Pesos
A1	Muro de escollera o gaviones	0,05
A2	Berma y muro de escollera	0,04
A3	Anclajes, geomallas y berma	0,51
A4	Muro de hormigón de revestimiento	0,14
A5	Gunitado de la superficie	0,26
		1,00

Tabla 7. Pesos de las alternativas en función del criterio de proceso y facilidad constructiva.

Tras realizar el análisis obtenemos que la alternativa 3 de colocación de anclajes y mallas es la mejor en cuanto a la facilidad de construcción. Las 3 alternativas que conllevan la ejecución del muro son las que menos peso tienen en función de este criterio y la que se ejecuta mediante el gunitado de la superficie está entre medias de las demás.

- **Económico.** A continuación, se analiza el criterio que hace referencia al valor económico de cada una de las alternativas. Para ello, se utilizan los subcriterios de la siguiente matriz (tabla 8). Se utiliza la misma escala que en el criterio anterior (tabla 4).

	ECONÓMICO				
	A1	A2	A3	A4	A5
Coste de materiales y maquinaria	-	-	++	+-	+-
Coste de construcción y mantenimiento	--	--	+-	-	+
Coste de transporte	-	-	+	+-	+-

Tabla 8. Subcriterios del criterio 2.

Seguidamente se obtiene la matriz de decisión en función del criterio económico (tabla 9).

CRITERIO 2: Económico									
	A1	A2	A3	A4	A5	CI	LAMDAI		
A1	1,00	1,00	0,13	0,25	0,17	0,05	0,93		
A2	1,00	1,00	0,13	0,25	0,17	0,05	0,93		
A3	8,00	8,00	1,00	5,00	3,00	0,51	0,90		
A4	4,00	4,00	0,20	1,00	0,33	0,14	1,31		
A5	6,00	6,00	0,33	3,00	1,00	0,26	1,23		

Tabla 9. Matriz de decisión sobre el criterio 2.

Al finalizar el análisis, obtenemos un resultado es consistente.

CR	0,06636533	CONSISTENTE
----	------------	-------------

En la siguiente tabla se pueden observar los pesos asignados a cada una de las variables en función del criterio económico.

		Pesos
A1	Muro de escollera o gaviones	0,05
A2	Berma y muro de escollera	0,05
A3	Anclajes, geomallas y berma	0,51
A4	Muro de hormigón de revestimiento	0,14
A5	Gunitado de la superficie	0,26
		1,00

Tabla 10. Pesos de las alternativas en función del criterio económico.

Tras el análisis de este criterio, destaca que la alternativa 3 que se basa en la implementación de anclajes, geomallas y la adecuación de la berma es la que mayor peso tiene. Por otra parte, la alternativa 5 de gunitado sería la segunda más económica. Finalmente, las otras tres alternativas que conllevan la ejecución de muros ya sean de hormigón o escollera, de acuerdo con el criterio económico, serían las que tendrían un coste mayor en cuanto a transporte, construcción, material y maquinaria.

- **Social.** El siguiente criterio que se va a analizar es el social, que tiene en cuenta los siguientes subcriterios (tabla 11) para realizar el correcto análisis de la variable entre las diferentes alternativas. Se sigue la misma escala que en los otros criterios.

	SOCIAL				
	A1	A2	A3	A4	A5
Duración de la afección sobre la carretera	-	--	+	+-	+
Accesos durante obra	+-	+-	+-	+-	+-
Seguridad al finalizar la actuación	+	+	+-	++	+-

Tabla 11. Subcriterios del criterio 3.



La matriz de decisión obtenida se muestra en la siguiente tabla:

CRITERIO 3: Social								
	A1	A2	A3	A4	A5	Ci	LAMDAi	
A1	1,00	2,00	0,50	0,33	0,50	0,12	1,03	
A2	0,50	1,00	0,33	0,25	0,33	0,07	0,95	
A3	2,00	3,00	1,00	0,50	1,00	0,22	1,06	
A4	3,00	4,00	2,00	1,00	0,50	0,29	1,20	
A5	2,00	3,00	1,00	2,00	1,00	0,29	0,98	

Tabla 12. Matriz de decisión sobre el criterio 3.

El resultado del análisis de la variable social es favorable:

CR	0,04835389	CONSISTENTE
----	------------	-------------

En la siguiente tabla se obtienen los pesos de cada alternativa en función de la variable social.

		Pesos
A1	Muro de escollera o gaviones	0,12
A2	Berma y muro de escollera	0,07
A3	Anclajes, geomallas y berma	0,22
A4	Muro de hormigón de revestimiento	0,29
A5	Gunitado de la superficie	0,29
		1,00

Tabla 13. Pesos de las alternativas en función de la variable social.

Los resultados de este análisis muestran que las alternativas que se basan en la realización de un muro de hormigón y el gunitado de la superficie son las que más peso tienen en función de la variable social. Por otra parte, la alternativa 3, también tiene un peso bastante importante. Finalmente, las alternativas que comportan la ejecución de un muro de escollera son las que peor peso tienen debido a que su ejecución es la más costosa y afectaría durante más tiempo al corte de la carretera, aunque de cara a la sociedad da una sensación de mayor seguridad.

- **Impacto ambiental.** A continuación, se realiza el análisis sobre el impacto ambiental que provocan cada una de las alternativas. Para ello, se tienen los siguientes subcriterios (tabla 14), y como en todos los demás análisis se sigue la misma escala.

	IMPACTO AMBIENTAL				
	A1	A2	A3	A4	A5
Integración paisajística	++	++	+-	--	-
Afección visual	+	+	-	-	-
Afección constructiva	+	+-	-	-	--

Tabla 14. Subcriterios del criterio 4.

La matriz de decisión en función de este criterio es la siguiente:

CRITERIO 4: Impacto ambiental							
	A1	A2	A3	A4	A5	Ci	LAMDAi
A1	1,00	2,00	7,00	9,00	9,00	0,48	0,90
A2	0,50	1,00	6,00	8,00	9,00	0,35	1,17
A3	0,14	0,17	1,00	3,00	3,00	0,09	1,35
A4	0,11	0,13	0,33	1,00	1,00	0,04	0,92
A5	0,11	0,11	0,33	1,00	1,00	0,04	0,94

Tabla 15. Matriz de decisión sobre el criterio 4.

Tras el análisis de las variables sobre este criterio obtenemos que es consistente, por tanto, favorable.

CR	0,0612451	CONSISTENTE
----	-----------	-------------

En la siguiente tabla (tabla 16) se pueden ver los pesos de cada una de las alternativas en función del impacto ambiental que provocan sobre el medio.

		Pesos
A1	Muro de escollera o gaviones	0,48
A2	Berma y muro de escollera	0,35
A3	Anclajes, geomallas y berma	0,09
A4	Muro de hormigón de revestimiento	0,04
A5	Gunitado de la superficie	0,04
		1,00

Tabla 16. Pesos de las alternativas en función del impacto ambiental.

De los resultados de los pesos obtuvimos se observa claramente que las alternativas que se ejecutan mediante un muro de escollera son las que menor impacto ambiental provocan con su ejecución. Por otra parte, las otras tres alternativas tienen pesos muy pequeños en relación con este criterio ya que la afección es mucho mayor en comparación con las otras dos.

Finalmente, después de haber realizado el análisis de todas las alternativas en función de cada criterio, se realiza una matriz de cuatro columnas, que hacen referencia a los cuatro criterios analizados, y cinco filas, que son las cinco alternativas entre las que se tiene que escoger la decisión final de actuación. Por otra parte, se construye una matriz de una sola columna y cuatro filas, que hacen referencia a los pesos de cada criterio que se han obtenido al principio del análisis. Para obtener el resultado final, que nos dará la alternativa más adecuada para ejecutar, se realiza la multiplicación entre ambas matrices.

$$\begin{pmatrix} 0,05 & 0,05 & 0,12 & 0,48 \\ 0,04 & 0,05 & 0,07 & 0,35 \\ 0,51 & 0,51 & 0,22 & 0,09 \\ 0,14 & 0,14 & 0,29 & 0,04 \\ 0,26 & 0,26 & 0,29 & 0,04 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0,14 \\ 0,31 \\ 0,06 \\ 0,49 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,26 \\ 0,20 \\ 0,29 \\ 0,10 \\ 0,15 \end{pmatrix}$$

Una vez realizado el análisis multicriterio se obtiene que la solución más adecuada en función de los criterios escogidos es la de realizar la estabilización mediante la colocación de geomallas con bulones de anclaje y una mejora de las bermas existentes. Muy cerca de la ponderación de esta alternativa está la opción de la realización de un muro de escollera o gaviones, pero se decide ejecutar la alternativa que tiene mayor peso en el estudio realizado.

Al obtener como solución final la estabilización del talud mediante la colocación de geomallas, la colocación de bulones y la mejora de las bermas, se realiza el análisis mediante el programa Slide 2 de Rocscience, donde se puede ver como los bulones mejoran la estabilidad del talud

#### 7.4 DEFINICIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

En este apartado se describe de manera detallada la solución que se va a ejecutar para asegurar la estabilidad de la ladera en el P.K. 2+000 de la carretera CV-652 que conecta las poblaciones de Mogente y Fontanars dels Alforins.

Para realizar dicha descripción se tienen en cuenta todos los aspectos que se deben ejecutar siempre siguiendo las diferentes normas que se ajustan a su correcta ejecución y funcionamiento. En el caso que nos ocupa, la solución adoptada es el sistema de malla reforzada, que se basa en la disposición de una malla de triple torsión sobre la que se instalan tramos de cable de acero fijados mediante bulones de 25 mm de diámetro distribuidos en cuadrícula de 2H:2V, que mejoran la capacidad resistente del terreno y controlan los desprendimientos que se pueden ocasionar. Además, se coloca una geomalla de coco por debajo de estas, de un color que quede integrado en el paisaje, para evitar que los cambios de humedad tengan afecciones importantes en el talud. Todo ello se ejecuta en dos partes, una inferior a la berma intermedia y la otra en la parte superior. Este sistema de malla reforzada permite aumentar la capacidad de soporte y carga del sistema, mejorar el adose de la malla al talud para reducir el deslizamiento del material del talud y además reducir la necesidad de mantenimiento posterior.

Por otra parte, la solución abarca la realización de una mejora del drenaje de la berma existente a mitad del talud, mediante la colocación de losetas de piedra natural sobre un mortero. También contempla la ejecución de otra berma

de drenaje de las mismas características en la parte superior del talud (cuneta de guarda) y otra en el pie del talud, también aprovechando la existencia de esta.

Esta solución permite dotar al talud de un coeficiente de seguridad frente a rotura global mayor de 1,5, lo que le da una estabilidad suficiente para situaciones casi permanentes según la tabla 4.1 de la Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera. Ministerio de Fomento (2009), como se muestra en la ilustración 59. En el Anejo 1 se detallan todos los cálculos de estabilidad de taludes, tanto de la situación actual del talud como de la solución propuesta.

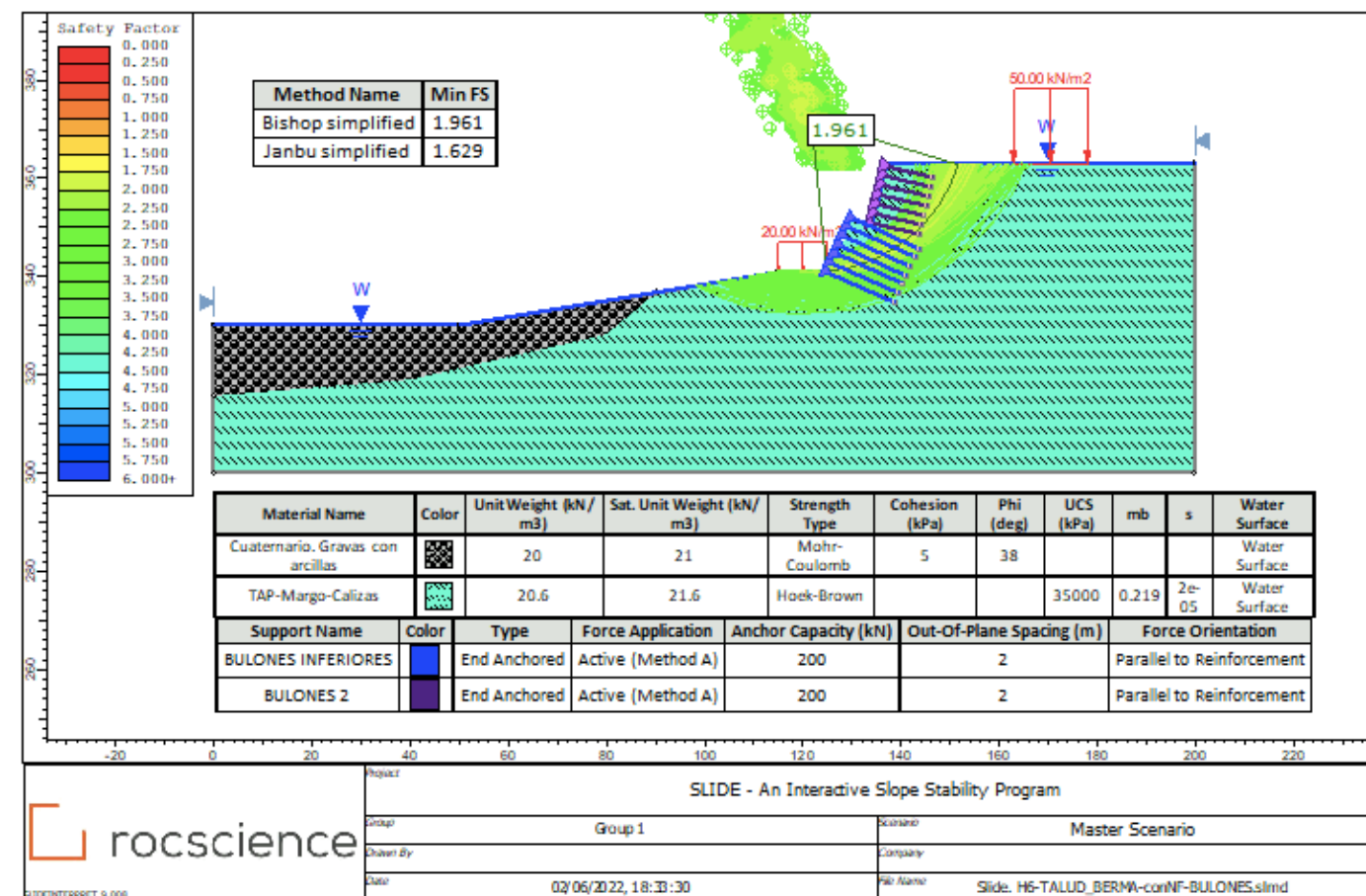


Ilustración 59. Resultado del análisis de la estabilidad con bulones. Fuente: Elaboración propia.

La solución consta de tres partes diferentes:

1. **La colocación de geomallas y mallas.** Esta parte de la solución no tiene una función estructural directa sobre el talud. Se coloca una geomalla de coco superficialmente que evita que se produzcan cambios de humedad importantes en episodios de lluvias. Por otra parte, la malla de triple torsión permite que los fragmentos de roca que se puedan desprender no tengan un salto importante, sino que los acompañan en el deslizamiento hasta la berma inferior. Esta malla de triple torsión está sujeta mediante unos cables de acero de refuerzo que sujetan la malla y la mantienen sujeta a la superficie del talud para evitar que el desprendimiento de un fragmento más grande afecte negativamente a la malla de triple torsión.

2. **Anclaje con bulones.** Esta segunda parte de la actuación se basa en el empotramiento de una barra de acero en el interior de las rocas que aportará una resistencia a tracción y facilita la consolidación de los taludes. Estos anclajes proporcionan una fuerza contraria al movimiento de la masa del talud incrementando las tensiones normales en la superficie. Se trata de barras de acero de 25mm de diámetro con bulones activos en la parte superficial. Por otra parte, se consigue adherencia al terreno mediante la inyección de una lechada que llega hasta el final de la barra y crea un bulbo de tensiones. En la parte superior de la berma del talud las barras llegarán a una profundidad de 10 metros, mientras que en la zona inferior a la berma tendrán una profundidad de 15m. En ambos casos los anclajes se colocarán a una distancia de 2 metros en dirección vertical y horizontal.
3. **Ejecución de las cunetas y berma.** En esta parte se realiza la construcción de la cuneta en el pie del talud, de la berma intermedia y de la cuneta de guarda en la parte superior del talud con las mismas características de materiales, que se conforman mediante un conjunto de losetas de roca con un mortero de cemento 32,5N. Estas cunetas se colocan a lo largo de todo el talud en las tres zonas correspondientes y permiten una mejor evacuación del agua y de los fragmentos de roca más pequeños que se puedan ir desprendiendo.

#### Procedimiento constructivo

Para la ejecución de la solución propuesta se seguirán las diferentes recomendaciones sobre la colocación de la malla de coco, la malla de triple torsión con una malla reforzada y el anclaje con bulones.

##### 1. Desbroce y adecuación del talud.

Se realiza la adecuación del talud para la colocación de las mallas de protección especificadas en la solución adoptada. Para ello es necesaria la retirada de la vegetación existente en las diferentes partes del talud, además del refinamiento de la superficie de este para que al colocar la malla no existan huecos entre el perfil de la ladera y la malla, quedando más o menos plano y uniforme.

##### 2. Limpieza de la cuneta del pie del talud y la berma intermedia.

En esta parte se realiza la limpieza de todo el material que ya se ha desprendido anteriormente desde el talud y se ha acumulado en la berma del pie del talud y en la que está situada en la parte intermedia de la ladera. Para realizar esta parte de la ejecución será necesario el empleo de maquinaria para poder dejar en las mejores condiciones posibles ambas bermas para poder trabajar correctamente durante la colocación de las mallas de contención y protección especificadas en la solución que se va a ejecutar.

##### 3. Ejecución del acceso a la berma intermedia.

Una vez limpiada la berma intermedia existente se realizará una adecuación correcta de esta dándole una buena nivelación en toda su longitud la posterior ejecución de la cuneta. Se realizará una pendiente de entrada a la berma intermedia que llegue hasta la mitad de la longitud de la berma con una inclinación bastante elevada, pero que permitirá y facilitará los trabajos posteriores de mantenimiento de la cuneta de la berma. Esta actuación precisará de una correcta nivelación del terreno desde el inicio de la entrada de la berma hasta la parte superior de esta.

##### 4. Colocación de la malla de coco

Como primera protección sobre el talud en cuestión se coloca una geomalla de fibras de coco de 750 gr/cm<sup>2</sup>, que permite incrementar las resistencias de esfuerzos de tracción durante la instalación y en su permanencia a lo largo del tiempo. Este tipo de malla permite disipar la energía del agua de las precipitaciones, evitar

cambios de humedad y además filtra los rayos del sol, lo que produce un desarrollo de la vegetación. La malla está formada por fibra de coco, doble malla y tendones con un color marrón para evitar el impacto ambiental. Para la colocación de esta es necesaria la cooperación de distintos operarios que coloquen la malla correctamente, una en la parte inferior y otra en la superior, y que la anclen al terreno mediante piquetas metálicas.

##### 5. Colocación de la malla de triple torsión

Seguidamente se pasa a colocar la malla de triple torsión galvanizada, que cubre la totalidad de la superficie del talud donde se puedan producir desprendimientos e impide la salida de cualquier fragmento rocoso que no sea menor que las dimensiones de la malla. Esta, está sujeta en la coronación del talud mediante correas de anclaje. Para su colocación, se extenderá desde la parte superior del talud y está formada por alambres de 2 mm de diámetro con un hueco de 5 x 7 cm. Se colocarán como sistema de contención para acompañar hasta la cuneta de pie y berma los pequeños fragmentos de roca que se puedan desprender.

##### 6. Colocación de la malla reforzada de acero.

Una vez colocada la malla de triple torsión se pasa a la instalación de cableado de acero de refuerzo que se dispone en diagonal formando cuadrados de 0,20mx0,20m y con un diámetro de 8mm, que inmoviliza los posibles movimientos superficiales de la malla de triple torsión y transmite al anclaje los esfuerzos que recibe.

##### 7. Colocación de los anclajes con bulones.

El anclaje se ejecuta mediante bulones de 25mm de diámetro que se introducen en el terreno 10 metros en la parte superior del talud y 15m en la zona inferior a la berma intermedia. Ayudan a mejorar la capacidad resistente del terreno y la disposición de estos anclajes es cuadrada con anclajes cada 2m en horizontal y a la misma distancia en vertical. Para su ejecución, primeramente, se colocan las barras de acero en el talud mediante la autoperforación. Después se ejecuta la inyección de lechada a través de los huecos para mejorar la adherencia al terreno y finalmente se tesan para proporcionar mayores tensiones y mejorar el anclaje.

##### 8. Ejecución de un buen drenaje de las bermas

Finalmente, para acabar con los trabajos previstos para la estabilización del talud se debe programar el drenaje del agua que afecta en diferentes partes de este. Por ello, se disponen las siguientes obras de drenaje en las siguientes zonas:

- **Cuneta del pie del talud.** Se dispone de una cuneta de 1,60m de ancho que ocupa abarca todo el pie del talud para evacuar adecuadamente el agua que llega a esta zona. Para ello, se procede a la limpieza de todo el material que se haya podido desprender durante los trabajos de colocación de las mallas y anclajes para poder obtener una superficie más o menos planas. Una vez realizado esto se extiende una capa de mortero correctamente nivelada a lo largo de la longitud del pie del talud, para seguidamente colocar las losetas de rocas de forma que tengan una sección en forma de cuneta como se muestra en la ilustración 60.

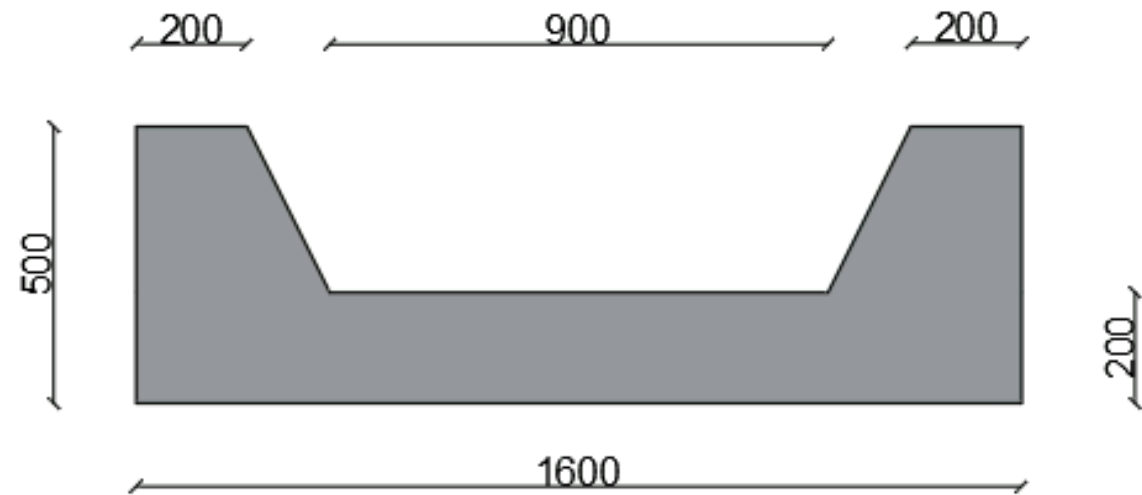


Ilustración 60. Sección cuneta de la berma de pie. Fuente: Elaboración propia.

- **Berma intermedia del talud.** En esta zona, aprovechando la existencia de la berma de 3 metros de ancho, se realiza una obra de drenaje de las mismas características que la del pie del talud, es decir, formada por una base de mortero sobre la cual se disponen las losetas de roca para evitar que el agua se infiltre en el terreno. Previamente a esto se realizan los trabajos de limpieza pertinentes al igual que en la cuneta del pie del talud, ya que también se habrá desprendido material de la parte superior en los trabajos de colocación de las mallas. Aprovechando las dimensiones de la berma se ejecutará la cuneta de sección trapezoidal con una base de 3m, una altura de 0,6 m y unos taludes 2V:1H.

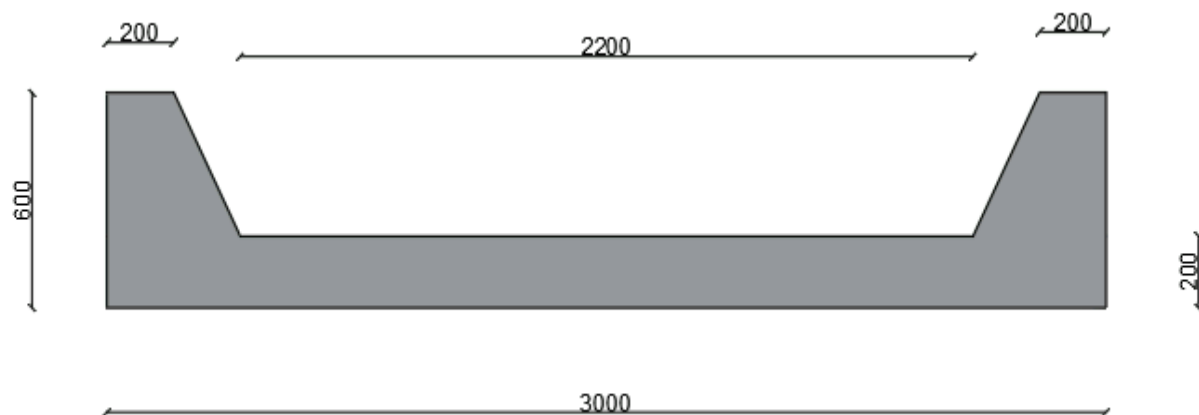


Ilustración 61. Sección de la cuneta de la berma intermedia. Fuente: Elaboración propia.

- **Berma de guarda.** En la zona superior del talud a una distancia de 1,5m del borde superior se ejecuta la berma de guarda también ejecutadas mediante el mortero como capa inferior y recubierto por las losetas de roca. En este caso, la berma también será de sección trapezoidal con una base de 1,5m, una altura de 0,50 y un talud de 2V:1H, como se puede apreciar en la siguiente ilustración. Además, desde el final de esta berma

hacia el interior de la parte superior, se dará una inclinación al terreno de unos 5 metros de anchura que encauzará el agua hacia la berma al mismo tiempo que evitará las filtraciones de agua en el talud.

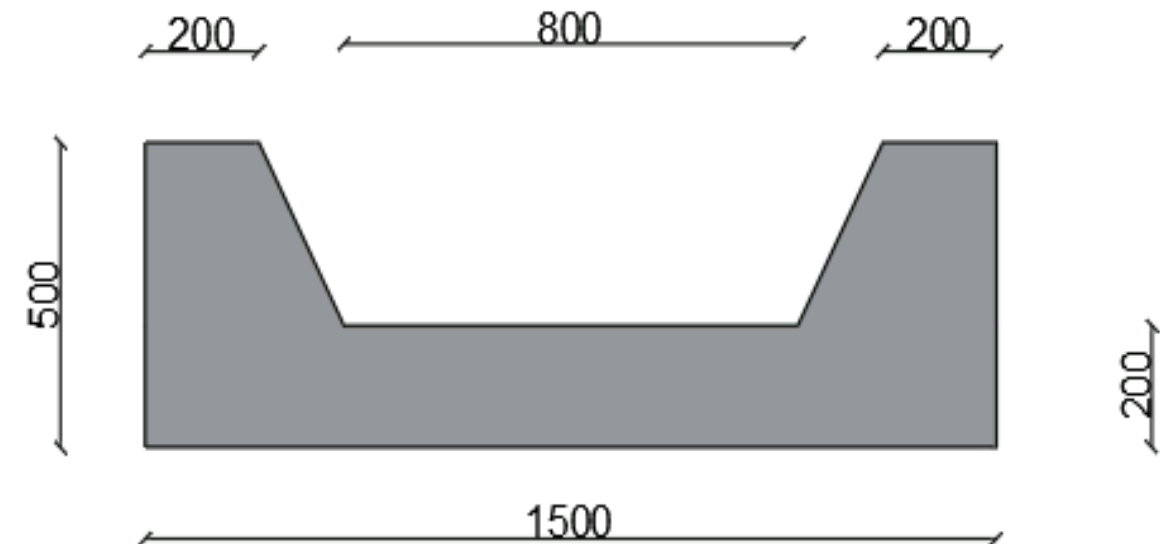


Ilustración 62. Sección de la cuneta de la berma de guarda.

**Relleno localizado:**

En los huecos que quedan entre las bermas diseñadas y el terreno existente se rellenará con el mismo material del talud para que quede todo compacto perfectamente acabado, sin huecos por los que se pueda filtrar material desprendido y agua.

**Características del mortero M-7,5:**

- Este mortero tiene una resistencia a compresión simple de 7,5 N/mm<sup>2</sup>.
- Color blanco, cemento blanco.
- Componentes: relación arena-cemento:3/1
  - Relación Agua/Cemento (A/C): 0,5
  - Relación Arena/Cemento: 3/1
- Preparación y suministro. Existen dos posibilidades para la preparación de este:
  - Que el mortero M-7,5 se prepare en la misma obra al pie del talud. Lo cual requiere el transporte de una amasadora y todo el material necesario para la ejecución del mortero. Posteriormente a la ejecución del mortero se debe llevar a los puntos de colocación de la obra.
  - La otra posibilidad pasa por que el mortero venga ya preparado desde la fábrica

**Características de las bermas:**

- Todas las bermas se ejecutan una vez realizados todos los trabajos de colocación de las mallas.
- Las bermas tienen una función común de transportar el agua hacia la zona de evacuación determinada, independientemente de la localización de cada una. Aunque cada una de ellas recoge el agua de una zona diferente del talud y evitan acumulaciones e infiltraciones de agua en el talud.
- Las bermas del pie del talud y la de la coronación tienen unas dimensiones alrededor de 1,5m, mientras que la que se encuentra en la zona intermedia del talud tiene el doble de anchura.
- Están formadas por un mortero de cemento 32,5N y losetas de piedra natural, colocadas aleatoriamente sobre el mortero. Las dimensiones de cada berma se especifican en las ilustraciones anteriores.

**8. RESTAURACIÓN DEL PAISAJE**

Tal y como se indica en la legislación, es de obligatorio cumplimiento la aplicación de medidas correctoras frente a los impactos ambientales que se dan como consecuencia de los procesos constructivos y de explotación de infraestructuras. Por ello, se busca minimizar dichos impactos mediante la actuación directa, introduciendo vegetación en las zonas más perjudicadas de tal manera que quede perfectamente integrada en el entorno de la zona, lo más semejante a como estaba antes de realizar ningún tipo de actuación.

Generalmente, en muchos de los taludes se opta por frenar los procesos erosivos y estabilizar el suelo mediante la ejecución de una hidrosiembra que abarque toda la superficie del talud, aunque en el caso del talud de estudio, al haber utilizado mallas y geomallas que lo cubren completamente no se realiza este tipo de actuación. Dado que la necesidad de estabilización estructural en este caso no es posible, el objetivo principal es la aportación de soluciones que proporcionen una restauración del paisaje en lo que se basa el tema visual y de naturalidad de la zona en cuestión, para que quede perfectamente integrado en el paisaje.

En este sentido, las actuaciones que se prevén realizar como restauración del paisaje no afectarán directamente a lo que es la estructura del talud, ya que la actuación que se va a realizar ocupará al completo su superficie y sobre ella ya no se actuará directamente. Por otra parte, la restauración que se realizará sobre la zona estará relacionada con la afección que pueda tener el acopio de la maquinaria o la destrucción de la vegetación que se dará durante los trabajos de realización de las bermas. Esta afección será consecuencia de los trabajos de nivelación y colocación de las losetas y el mortero, además de lo que pueda producir la colocación de las mallas y los bulones de anclaje. Por ello, la zona más perjudicada no será la del talud directamente, sino que será la que se encuentra en el hueco que hay entre el talud de estudio y el otro sobre el cual ya se ha actuado. Esto ocurrirá ya que en dicho hueco se acopiará toda la maquinaria y equipamiento necesario durante la ejecución de los trabajos que se van a realizar.

**Replantación**

Esta actividad es la que se va a realizar principalmente y tiene como objetivo principal la restauración ecológica de la zona que se ha visto directamente afectada por la maquinaria y los materiales que han ido pasando por la zona. Se busca crear una estructura física y una función de ecosistema de acuerdo con lo que había inicialmente para cumplir con una serie de servicios de la propia vegetación como la protección del suelo o la depuración del agua.

La zona mediterránea donde se sitúa el talud en cuestión se caracteriza por la presencia de especies leñosas como los árboles y arbustos, que dominan la cubierta vegetal o grupos de vegetación leñosa que también con dimensiones más reducidas rellenan por completo el suelo. Por ello, se buscará una rápida recuperación de las especies propias de la zona.

En esta zona el crecimiento de la vegetación es lento y estacional y depende en gran parte de las aves, que transportan semillas y por el ambiente que se da en la zona, ya que en función de las condiciones meteorológicas se favorecerá o no la rapidez de revegetación de la zona. Por ello, para conseguir una integración paisajística adecuada y ecológica se buscará la siembra de especies autóctonas, ya que eran existentes en la zona y son especies adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas, además de a los agentes bióticos como son las plagas o insectos polinizadores.

Con toda la información requerida se realizará una actuación principal de revegetación en la parte que se encuentra entre ambos taludes (ilustración 63) y que será a priori la más perjudicada por el uso como acopio de maquinaria y materiales durante los meses que perdurará la colocación de las mallas, el anclaje de los bulones y la ejecución de

las bermas. Por otra parte, en la zona superior del talud, donde se prevé ejecutar una cuneta de guarda y además ejecutar una inclinación del terreno utilizando el mismo mortero que la cuneta, se realizará una tarea de desbroce que afectará directamente a la flora de la zona. Por tanto, en dicha zona también se deberá replantar una actuación de revegetación de esta para que quede perfectamente integrada en el paisaje de la zona y de una sensación de completa restauración.

Finalmente, se tendrá en cuenta cualquier afección que se pueda producir durante la ejecución de todos los trabajos que conlleva la estabilización del talud, para tratarla y realizar los trabajos de restauración necesarios para que quede perfectamente integrada con el paisaje.



Ilustración 63. Zona de restauración principal. Fuente: Google Earth

## 9. PLANIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS

Se ha realizado un plan de los trabajos que se deben llevar a cabo a lo largo de la ejecución de la solución propuesta anteriormente. Esta planificación se realiza mediante la aplicación *Microsoft Project*.

Con esto se obtiene una idea aproximada de la duración de los bloques de tareas que conforman la solución final y además el orden de cada una de ellas. Esto es sumamente importante ya que durante la fase de ejecución hay tareas que se pueden solapar con otras o algunas que no pueden empezar si hay otras que no han terminado y la realización de la planificación permite observar fácilmente cuando pueden empezar las distintas tareas.

Entre los distintos trabajos que conforman la solución final que se debe ejecutar se distinguen los siguientes:

1. Trabajos previos.
2. Colocación de las mallas y anclajes mediante bulones.
3. Ejecución de las bermas.
4. Acabados.
5. Restauración del paisaje.
6. Actividades complementarias.

En principio, se propone que los trabajos comiencen a fecha 01/06/2023 y se finalicen el 30/08/2023, es decir, 65 días de trabajo. Estas fechas han sido escogidas de acuerdo con las condiciones climáticas de la zona, ya que los meses de verano (Junio, Julio y Agosto) son en los que menos precipitaciones se dan en la zona de acuerdo con el estudio realizado en el capítulo 2 y tal y como se puede observar en la Ilustración 3.

Dentro de todos los bloques de trabajos que se tienen que realizar está el de actividades complementarias, donde se tienen en cuenta los trabajos que perduran durante toda la ejecución de la solución y que son trabajos como la gestión de los residuos o el control de la seguridad y salud. Entre los trabajos a realizar el más importante de ellos será la colocación de las mallas con los anclajes correspondientes, ya que será el que dará una consistencia estructural a la ladera y la duración de sus trabajos será muy extendida.

Todo el plan de trabajos se detalla en el *Anejo 3*.

## 10. VALORACIÓN DE LAS OBRAS

Antes de realizar las conclusiones del trabajo, se realiza una estimación del coste de la ejecución de la solución propuesta para realizar la estabilización de la ladera del P.K. 2+000 de la carretera CV-652 mediante la colocación de las mallas y anclajes y la ejecución de las bermas.

Se necesita conocer el valor de todas las partes que se deben ejecutar.

- Contabilizar todas las unidades de obra que forman parte de la ejecución.
- Medir todas las unidades con las unidades correspondientes.
- El precio unitario de cada unidad.
- Conocer el precio final en función de las unidades y el precio unitario de cada una.
- Obtener el presupuesto de ejecución material, PEM.

Para ello, se tienen que diferenciar las diferentes unidades de obra, que se agrupan en los siguientes bloques:

1. Desbroce
2. Excavación.
3. Geomalla de coco.
4. Malla de triple torsión.
5. Cable de acero.
6. Bulones.
7. Cunetas.
8. Restauración del paisaje.

En el *Anejo 4*, se analiza con detalle los resultados de la medición y valoración de las tareas que se ejecutan en cada bloque de trabajo. Se ha utilizado el software Arquímedes de la casa comercial CYPE. El anejo se divide en las siguientes cuatro secciones que aparecen en cualquier procedimiento habitual de los proyectos:

1. Mediciones del proyecto.
2. Precios de las unidades de obra.
3. Valoración.
4. Presupuesto de ejecución material, PEM.

En este capítulo, se puede observar el presupuesto de ejecución material en la siguiente ilustración:

Capítulo	Importe (€)
1 DESBROCE .....	2.180,40
2 EXCAVACIÓN .....	753,68
3 GEOMALLA DE COCO .....	3.956,00
4 MALLA TRIPLE TORSIÓN .....	31.878,00
5 CABLE DE ACERO .....	27.455,38
6 BULONES .....	47.524,11
7 CUNETAS .....	11.836,81
8 RESTAURACIÓN DEL PAISAJE .....	585,10
<b>Presupuesto de ejecución material (PEM)</b>	<b>126.169,48</b>
13% de gastos generales	16.402,03
6% de beneficio industrial	7.570,17
<b>Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)</b>	<b>150.141,68</b>

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CIENTO CINCUENTA MIL CIENTO CUARENTA Y UN EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS.

*Ilustración 64. PEM de las tareas a ejecutar. Fuente: Elaboración propia.*

## 11. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Para finalizar el trabajo se resume de forma clara y concisa la problemática del talud en cuestión, los trabajos realizados para el estudio de estabilidad y la justificación de la solución adoptada.

En la ladera que es objeto de estudio, localizada en el P.K. 2+000 de la carretera CV-652 en el término municipal de Moixent en Valencia, se han producido desprendimientos superficiales y otro de mayor magnitud tal y como está documentado en la memoria valorada “Acondicionamiento del talud en el P.K. 1+980 de la CV-652 T.M. Moixent (Valencia)”.

Primeramente, se realiza una visita de campo en la cual se analiza el talud colindante del P.K. 1+950 sobre el cual ya se ha realizado una actuación para mantener su estabilidad. Por otra parte, se estudia el talud objeto de estudio donde se observa la ejecución de un muro de protección en el pie del talud y una berma en la zona intermedia del talud.

En la visita a la obra también se comprueba la veracidad de toda la información proporcionada por la hoja geológica del IGME tomando muestras de diferentes partes del talud y analizándolas posteriormente en el laboratorio mediante diferentes ensayos para caracterizar correctamente el terreno existente.

Una vez obtenidos los resultados de laboratorio se procede al estudio de estabilidad de la ladera. Para ello, se realiza una revisión teórica previa, donde se analizan los distintos tipos de rotura que se pueden dar en dicho talud. Para dicho análisis se emplea el método de las rebanadas, mediante los criterios de Bishop y Janbu. Además, al tener dos tipos de terreno, se utiliza el criterio de Mohr-Coulomb para las gravas y arcillas (Cuaternario) y el de Hock-Brown para las Margo-Calizas (TAP).

El análisis de la estabilidad se realiza con la aplicación informática *Slide2* de la casa comercial *Rocscience*. Se estudian diferentes escenarios posibles, teniendo en cuenta los más desfavorables, es decir, con precipitaciones intensas. Con estas condiciones se proponen una serie de posibles medidas de contención para comprobar la solución más adecuada que pueda resolver el problema de la inestabilidad de la ladera.

A partir de 5 alternativas concretas se procede a realizar el análisis multicriterio, empleando el Proceso Analítico Jerárquico, con el que se obtienen los pesos de las variables que van a influir en la elección final de la medida de contención. Con ello, se realiza el análisis de cada una de las alternativas sobre cada variable y de este modo se obtienen los pesos de las alternativas en función de la variable que se está estudiando. Finalmente se acaba realizando una multiplicación entre los pesos de las alternativas y los pesos de las variables que determinaran la alternativa más adecuada como solución de la estabilidad de la ladera.

De entre todas las alternativas estudiadas la más adecuada es la siguiente:

La ejecución de un sistema de malla reforzado, que se basa en la disposición de una malla de triple torsión sobre la que se instalan tramos de cable de acero fijados mediante bulones de 25 mm de diámetro distribuidos en cuadrícula de 2H:2V, que mejoran la capacidad resistente del terreno y controlan los desprendimientos que se pueden ocasionar. Además, se coloca una geomalla por debajo de estas, de un color que quede integrado en el paisaje, para evitar que los cambios de humedad tengan afecciones importantes en el talud. Todo ello se ejecuta en dos partes, una inferior a la berma intermedia y la otra en la parte superior. Este sistema de malla reforzada permite aumentar la capacidad de soporte y carga del sistema, mejorar el adose de la malla al talud para reducir el deslizamiento del material del talud y además reducir la necesidad de mantenimiento posterior.

Por otra parte, la solución abarca la realización de una mejora del drenaje de la berma existente a mitad del talud, mediante la colocación de losetas de piedra natural sobre un mortero. También contempla la ejecución de otras cunetas de drenaje de las mismas características en la parte superior del talud (cuneta de guarda) y otra en el pie del talud, también aprovechando la existencia de esta.

En el *Anejo 1* se incluyen todas las simulaciones que se realizan con mayor detalle.

Además, se tiene en cuenta que una vez ejecutada la solución de estabilidad del talud se realizará una restauración del paisaje en las zonas donde se haya producido una mayor afección debido al acopio de materiales y maquinaria o por la acción directa de los trabajos realizados a lo largo de todo el proceso de estabilidad de la ladera.

Finalmente se realiza una medición y valoración de las obras que aportará un resultado aproximado del PEM (Presupuesto de Ejecución Material).

Tras la ejecución de todo el trabajo se alcanzan las siguientes conclusiones:

- Tras el análisis realizado mediante el método de las rebanadas con la aplicación informática *Slide2* se comprueba que el talud objeto de estudio presenta problemas de estabilidad.
- En condiciones de precipitaciones intensas la ladera objeto de estudio es inestable.
- La solución encontrada en la ladera que se basa en la ejecución de una berma a mitad ladera no es estable a largo plazo, como se comprueba en el análisis realizado.
- Tras el análisis multicriterio se decide que la solución más adecuada es la que se basa en la colocación de un sistema de mallas reforzadas con bulones de anclajes.
- Tras obtener los resultados de las simulaciones del *Slide2* demuestran que la solución adoptada proporciona una estabilidad adecuada al talud, además de ser la más económica de entre todas las estudiadas y la que tiene una mayor facilidad constructiva.
- Se ejecutan cunetas de drenaje en el pie del talud y en la parte más superior para evitar infiltraciones. Además, se aprovecha la berma intermedia para ejecutar otra cuneta y así facilitar los trabajos de drenaje y limpieza.
- La solución de contención ejecutada queda integrada en el paisaje dentro de lo posible y es perfectamente segura de acuerdo con la tabla 4.1 de la Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera. Ministerio de Fomento (2009).
- La restauración del paisaje se centra en dos zonas:
  - La zona existente entre ambos taludes donde se acopiará el material y la maquinaria.
  - La parte superior del talud, donde se prevé la afección directa del paisaje durante la ejecución de la cuneta de guarda y la explanada.
- En la valoración económica de la solución adoptada se obtiene un presupuesto de ejecución material de 150.141,68€.

Finalmente, el trabajo de final de grado cumple perfectamente con las metas marcadas, es decir, conseguir la estabilidad de la ladera de manera que la solución adoptada quede completamente integrada en el medio rural, sea económicamente viable, tenga una gran facilidad de construcción y cumpla perfectamente los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030.

Valencia, Julio 2022

Bordes Buigues, Rafael





**ANEJOS:**

**ANEJO 1: ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES**

**ANEJO 2: PLANOS**

**ANEJO 3: PLAN DE TRABAJO**

**ANEJO 4: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS**

**ANEJO 5: VALORACIÓN DE LAS OBRAS**



**ANEJO 1: ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES**

## ANEJO 1: ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES

### Introducción

En este anejo se pretende explicar detalladamente el método de cálculo y el criterio de rotura, describiendo el procedimiento seguido para analizar la estabilidad de la ladera. Además, se expone el motivo por el cual se analiza cada una de las hipótesis propuestas en función de las propiedades de la ladera, la presencia de nivel freático y las actuaciones que se realizan para mejorar la estabilidad.

Para realizar el estudio de estabilidad se ha utilizado la aplicación informática *Slide2 de Rocscience*, mediante la cual se comprueba la estabilidad de la ladera antes y después de las actuaciones que se han realizado sobre el talud anteriormente y también después de las actuaciones previstas en este trabajo. De este modo el software permite conocer la estabilidad de la ladera con el talud original sin la berma que se ejecutó como obra de emergencia como consecuencia de unos fuertes episodios de lluvias. Además, también se estudia la estabilidad con la solución derivada del análisis de alternativas, es decir, con la colocación de los bulones que se hincan en el terreno para dar una mayor estabilidad al talud. Todo esto, teniendo en cuenta la presencia o no de nivel freático en cada una de las hipótesis, ya que este es un factor sumamente desencadenante para el talud de estudio. Para realizar el análisis se utiliza el *Manual de taludes del IGME y la Guía de Cimentaciones en obras de Carreteras (MF)*, que toma como coeficiente de seguridad mínimo (FS) de 1,5 para la estabilidad de taludes en situaciones casi permanentes.

### Métodos de cálculo

Existen diferentes métodos de cálculo para analizar la estabilidad de los taludes en función de las acciones que intervienen:

#### ANÁLISIS QUE TIENEN EN CUENTA LAS DEFORMACIONES

Este análisis cuantifica las deformaciones que se producen en el talud además del método de equilibrio límite. Se recurre a la utilización de modelos de elementos finitos o finitos más complejos que estudian el estado tensional de los elementos y sus deformaciones para poder resolver la estabilidad.

#### ANÁLISIS POR EQUILIBRIO LÍMITE

Este análisis se basa en las leyes de la estática para encontrar el estado de equilibrio límite entre la masa de terreno inestable. Este método no tiene en cuenta el estado tensional ni la cuantía de deformaciones y su principal limitación es que la resistencia al corte del terreno se moviliza total y superficialmente a lo largo de la superficie de corte.

Dentro de este método se pueden diferenciar dos grupos:

- **Métodos exactos:** En este grupo, la aplicación de las leyes de la estática proporciona una solución exacta del problema con la única salvedad de las simplificaciones propias de todos los métodos de equilibrio límite como son la ausencia de deformaciones, el factor de seguridad o constante en toda la superficie de rotura.

- **Métodos no exactos:** En estos casos, la geometría de la superficie de rotura no permite la obtención de una solución exacta del problema mediante la única aplicación de las ecuaciones de la estática. Dado que en este método el problema es hiperestático se debe de hacer una simplificación o hipótesis previa a su resolución. Dentro de los métodos no exactos se puede diferenciar entre el método que considera el equilibrio global de la masa y el método de las dovelas que considera a la masa dividida en una serie de franjas verticales, estudiándose el equilibrio en cada una de ellas.

El método más utilizado para abordar el cálculo de la estabilidad de taludes es el de las dovelas o rebanadas, que se ayuda de aplicaciones informáticas para su resolución. Dentro del método de las dovelas o las rebanadas se pueden diferenciar dos grupos:

- **Métodos aproximados:** Estos no cumplen con las ecuaciones de la estática y son el método de Fellenius, Lowe-Karafiath, Janbu y Bishop simplificado.
- **Métodos precisos o completos:** Estos cumplen con todas las ecuaciones de estática y los más conocidos son el de Morgensten-Price, Sarma, Spencer y Bishop riguroso.

Para el caso que nos ocupa se ha decidido la utilización de los métodos Bishop simplificado y Janbu simplificado.

- **Método Bishop Simplificado:** Este método es el mayor aplicado en el análisis de estabilidad de una superficie de falla circular. Asume que las fuerzas internas entre dovelas son horizontales y no considera las fuerzas de cizalladura o corte entre dovelas. Solo satisface el equilibrio de momentos y no el de fuerzas.
- **Método Janbu Simplificado:** En este método se analiza cualquier superficie de falla. También como en el método Bishop Simplificado se asume que no hay fuerza cortante entre dovelas. En este caso se satisface el equilibrio de esfuerzos y no de momentos y su análisis tiene un mayor ajuste al campo. Para realizar el análisis en este caso se emplea un factor de corrección que sirve para corregir el posible error que pueda presentar.

En el análisis de la estabilidad de taludes en roca se deben tener en cuenta las limitaciones que presentan, relacionadas con la incertidumbre que provoca la falta de conocimiento exacto de algunos de los parámetros fundamentales.

### Criterio de rotura

En relación con los criterios de rotura, para realizar el análisis de la estabilidad del talud en cuestión se ha utilizado el criterio de Mohr-Coulomb, para materiales cuaternarios y el de Hoek-Brown para la marga calcárea.

El criterio de Mohr-Coulomb fue introducido en el año 1973 para el estudio de los suelos inicialmente. Este se basa en la realización de pruebas a compresión, llevadas a cabo sobre muestras idénticas del suelo con presiones diferentes y representadas por los círculos de Mohr que representan la falla. Se define que la envolvente de la falla es tangente a los círculos y se representa con una línea recta sobre un amplio rango de tensiones, que representa la ecuación de la ley de Coulomb.

Por otra parte, el criterio de Hoek-Brown, introducido en el 1980, considera al macizo rocoso como un isótropo. Se trata de un método no lineal empírico de cálculo de resistencia en macizos fracturados y roca intacta y se aplica para el análisis de diseño de excavaciones y estabilidad de taludes.

Teniendo en cuenta que el criterio de rotura de Mohr-Coulomb no es el que mejor representa el comportamiento del macizo rocoso y que el criterio de Hoek-Brown representa desde un macizo rocoso inalterado hasta un macizo muy fracturado, se aplicaran ambos criterios al realizar el análisis de rotura en función del terreno que corresponda. Por tanto, como a lo largo de la litología del talud tenemos dos tipos de terreno diferentes, se aplicará el criterio de Mohr-Coulomb para el suelo formado por arcillas y arenas y el criterio de Hoek-Brown para la masa rocosa que representan las margas que forman el talud.

### Rotura global

En las últimas décadas se ha conseguido introducir nuevas herramientas tecnológicas que permiten resolver con mayor facilidad los problemas sobre los cuales se aplican los criterios descritos anteriormente y los métodos simplificados de cálculo como los de Bishop y Janbu que se aplicaran en este trabajo.

El programa informático utilizado para la resolución de la estabilidad de esta ladera es la aplicación Slide2, de la casa comercial Roscience. Este software permite el análisis de estabilidad de las superficies de rotura utilizando el método de equilibrio límite mediante el procedimiento de las rebanadas o dovelas. En este análisis se tienen en cuenta todas las superficies de rotura que se pueden dar para poder determinar la superficie de rotura crítica para el talud, ya sean circulares o no-circulares.

Normalmente en el análisis de estabilidad siempre se busca la superficie de rotura crítica, que es la que proporciona un factor de seguridad mínimo frente a la posible rotura.

En la realización del análisis del talud en cuestión de la carretera CV-652 se tienen en cuenta diferentes hipótesis en función de la geometría que tenía el talud original o en la situación actual con la ejecución de la berma situada en la zona intermedia de la ladera. También compara la situación del talud de acuerdo con la saturación de agua que pueda tener el terreno debido a las precipitaciones y la afección que tienen sobre el talud, ya que en los episodios de intensas lluvias es cuando se producen desprendimientos en el talud y se puede dar además una rotura global de este. Finalmente, gracias a este programa informático también se puede ver cómo afectaría al talud la disposición de bulones en función de la profundidad alcanzada y de la disposición que tienen en toda superficie de a ladera, para alcanzar un factor de seguridad suficiente como para asegurar la estabilidad de la ladera en las situaciones más críticas que se puedan ocasionar. Con todo ello se obtiene un análisis completo de todas las situaciones y de esta manera poder tener una visión global de como los agentes externos como la lluvia pueden afectar a la estabilidad y como con diferentes técnicas de estabilidad se pueden solucionar dichos problemas.

### Procedimiento

En este apartado se expone el procedimiento seguido para realizar el análisis de la estabilidad del talud en cuestión mediante el programa informático Slide2.

Primeramente, una vez iniciado el programa se escogen las unidades en las cuales se va a trabajar y en que dirección se quiere estudiar la rotura del talud en función de su orientación al plasmarlo en el programa. En este caso utilizaremos las unidades del sistema internacional y la dirección de rotura será de derecha a izquierda tal y como se dibuja el talud ya que esa dirección es la más propensa de rotura. Para ello, se accede al menú principal “Análisis->Project settings->General” (Ilustración 1.1).

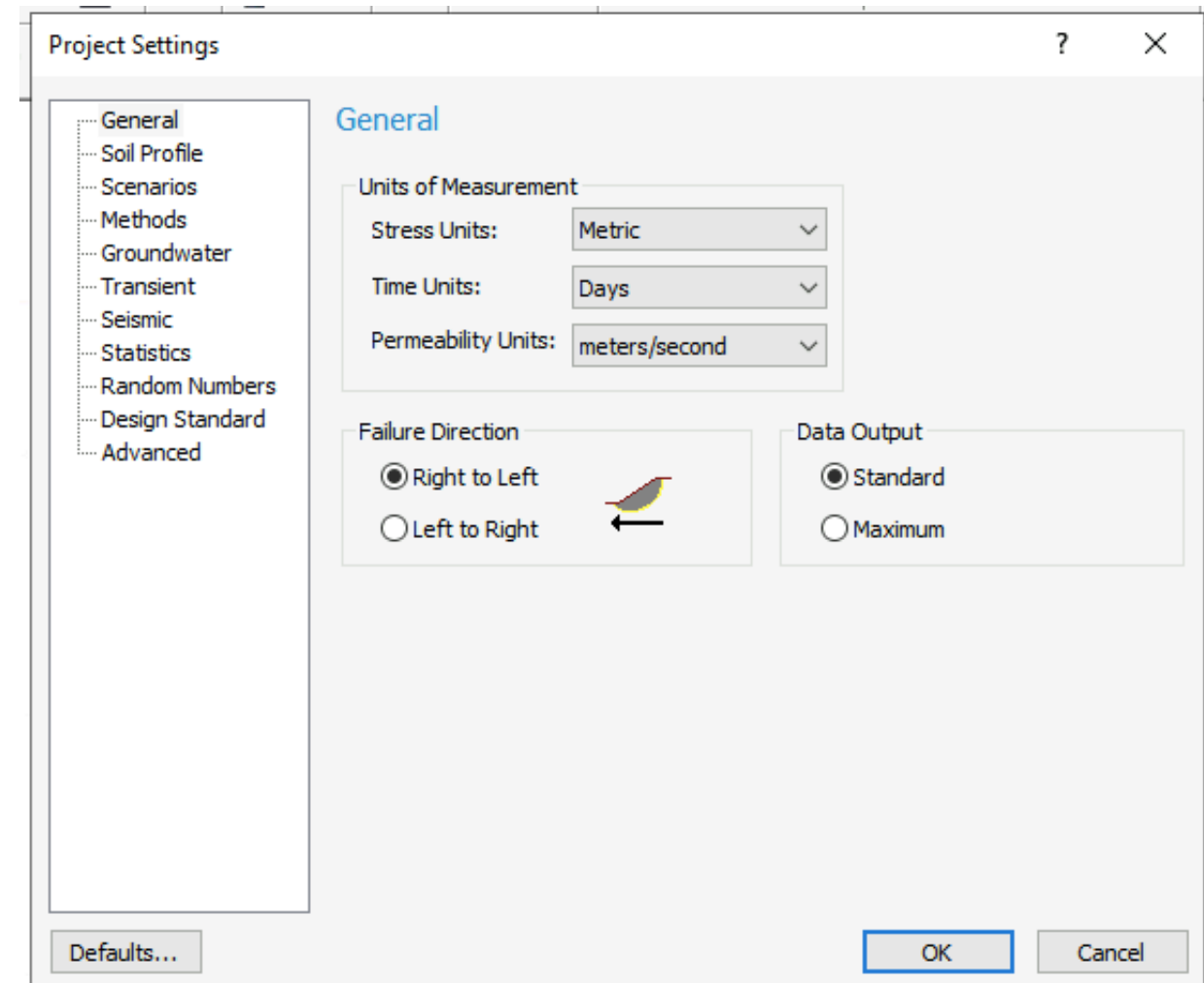


Ilustración 1.1. Ventana para la configuración inicial. Fuente: Slide2.

En el mismo menú de Project Settings, existen diferentes funciones donde se puede elegir los parámetros, métodos o propiedades del análisis que se quiere efectuar. En el caso de este estudio únicamente se realizarán los cambios anteriores más la elección de los métodos de los cálculos para el análisis de estabilidad del talud. Para ello en la función “Methods” se elige los métodos de rebanadas que se aplicarán y estos serán el de Bishop simplified y Janbu simplified, para comparar ambos resultados, como se puede ver en la Ilustración 1.2.

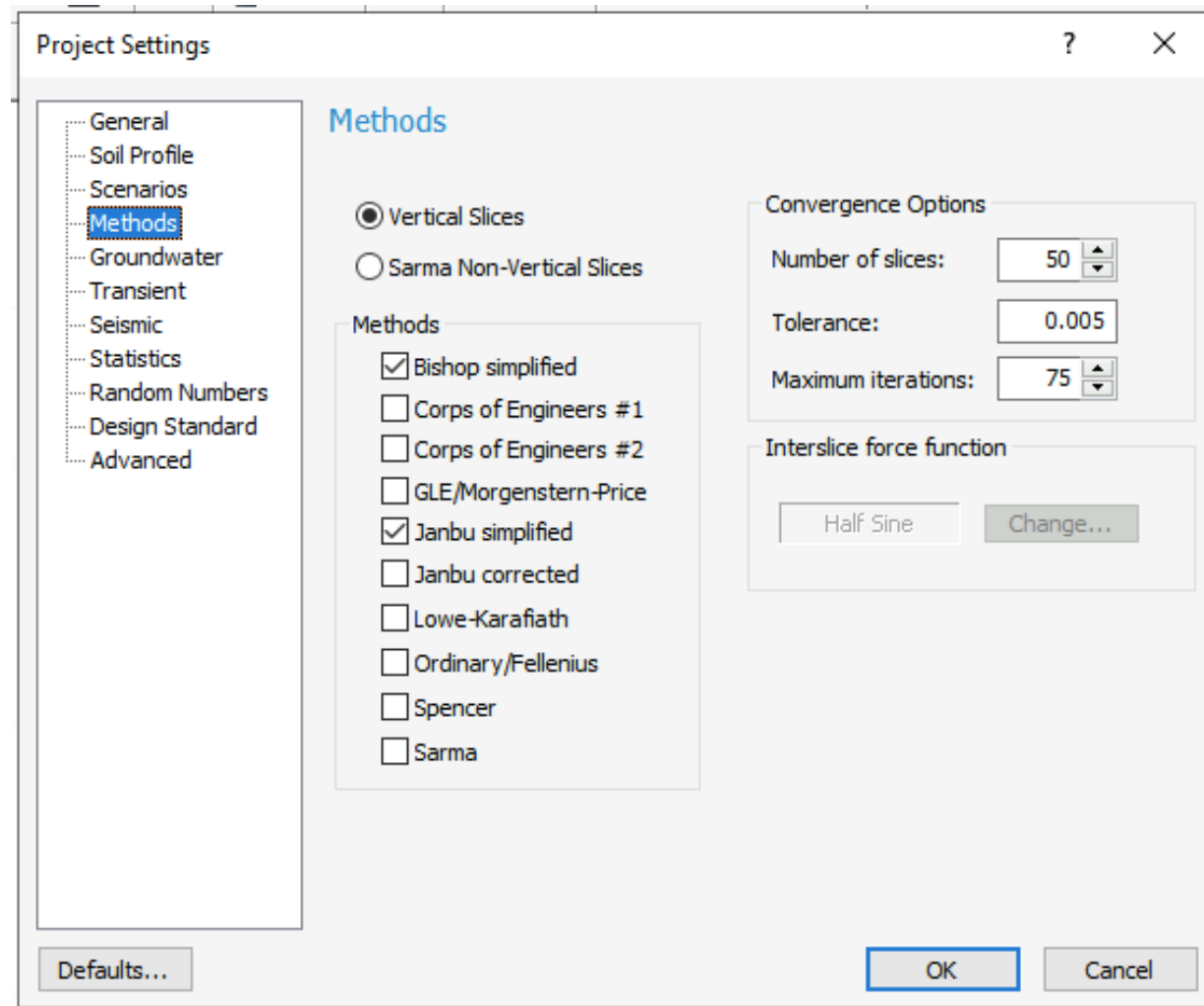


Ilustración 1.2. Elección de los métodos de rebanadas que efectuarán el análisis. Fuente: Slide2.

Después de realizar la configuración se define el perfil del terreno mediante coordenadas (x,y) hasta dejar el polígono completamente cerrado. Esto se consigue aportando una profundidad al terreno, que en el caso en cuestión se darán 30 metros de profundidad desde el punto más bajo del perfil, y se definirán los estratos que aparecen en todo el perfil plasmado. En el caso de estudio se coloca un estrato mucho mayor que abarca todo el talud y que esta formado por las margas que son cuestión de estudio. Por otra parte, se define otro estrato que se sitúa desde la parte inferior de la calzada hasta el río y se disponen en la zona más superficial como se ha analizado durante el proceso estudio del terreno. Además, al realizar el perfil se decide colocar una sobrecarga sobre la calzada de 20KN/m<sup>2</sup> y a unos 30 metros del borde superior del talud existe una casa pequeña a la cual se le coloca una carga de 50KN/m<sup>2</sup>. Para poder situar las cargas en el perfil de la ladera se añade en el menú principal “Loading->Add Distributed Load” y sitúa en el lugar correspondiente. De este modo al realizar el análisis se contempla la situación más desfavorable.

Para realizar el análisis completo del talud se ha estudiado el talud en función de la geometría inicial que tenía, es decir, sin berma intermedia y también el análisis de acuerdo con las dimensiones actuales para comparar ambas y de este modo también tener una idea de las causas que habían provocado los deslizamientos inicialmente en el talud. En las ilustraciones 1.3 y 1.4 se puede observar representado el talud de acuerdo con la geometría original y actual.

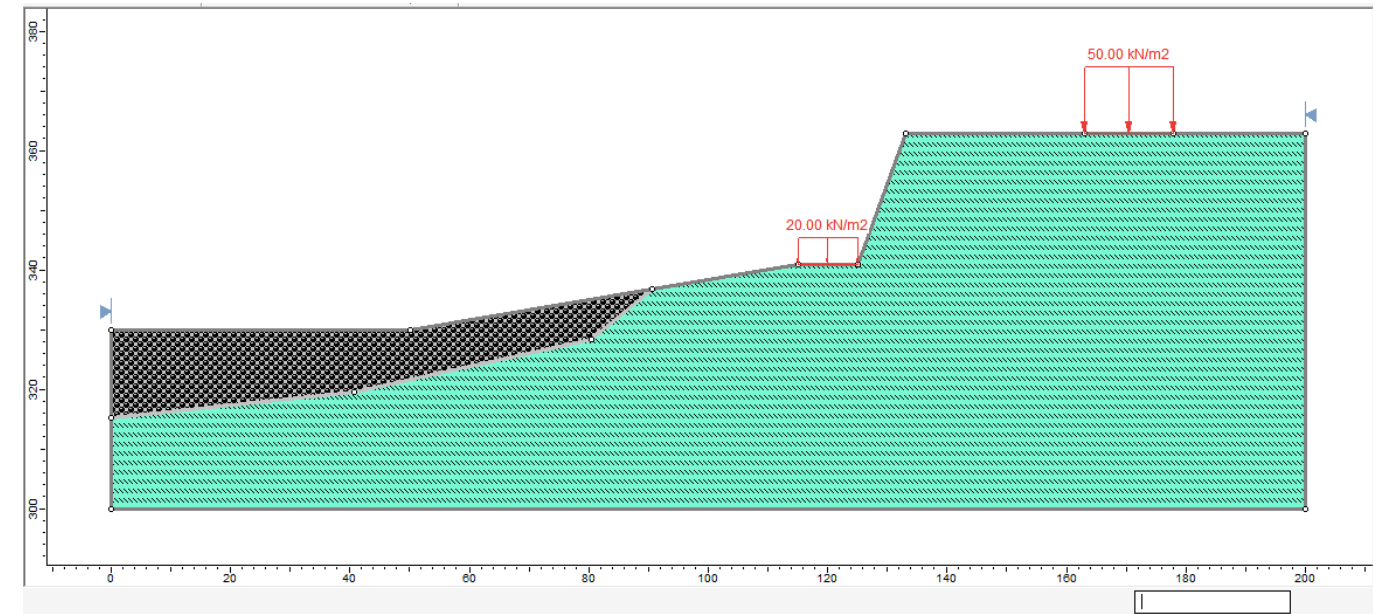


Ilustración 1.3. Perfil de la ladera original. Fuente: Slide2.

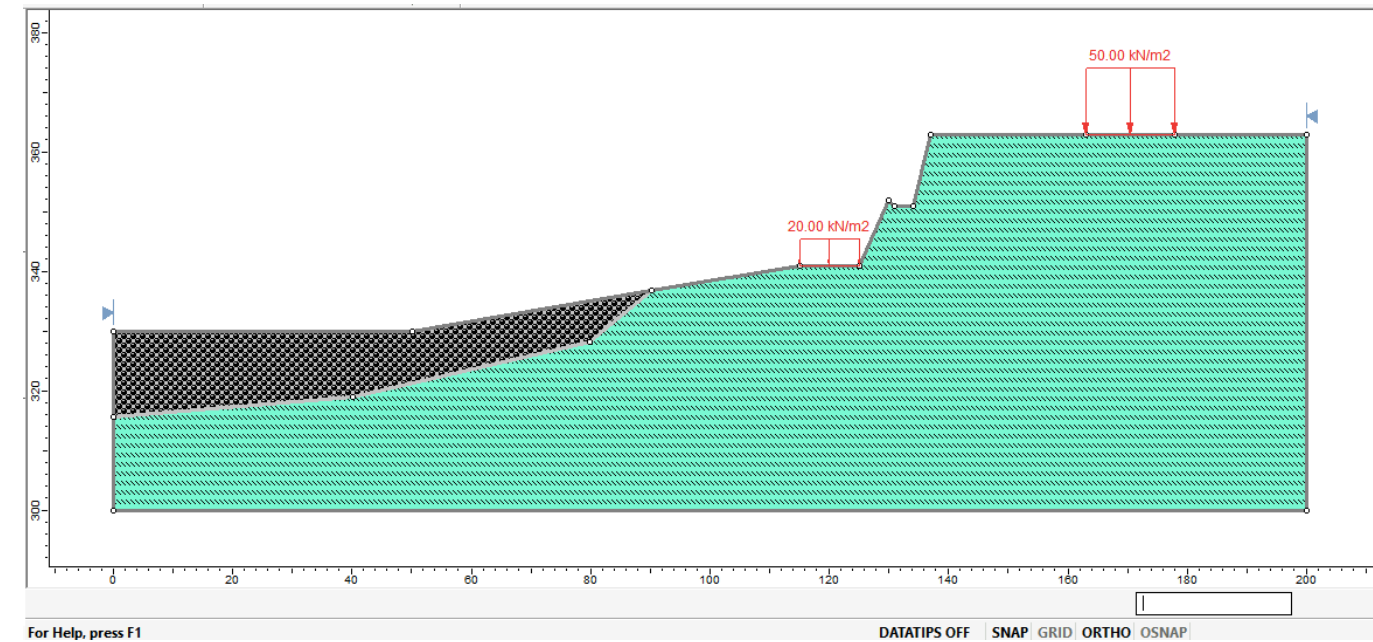


Ilustración 1.4. Perfil de la ladera actual. Fuente: Slide2.

Una vez realizado el perfil del terreno se procede a dibujar los estratos en los cuales se estructura el terreno de la zona de estudio. Por una parte, se tienen las margas calcáreas que son las que abarcan la mayor parte y ocupan la zona del talud de estudio y por otra, la zona del río donde se ubican las terrazas del cuaternario formadas por un

suelo arcilloso y gravoso. Para poder simular los tipos de terreno existentes el programa permite introducir las propiedades de cada uno de ellos para que tengan una realidad funcional buena y represente aproximadamente el funcionamiento del terreno y las posibles roturas que se puedan dar.

Para introducir las propiedades de cada estrato se realiza desde el menú principal “Properties->Define Materials” y se definen los dos tipos de terreno que tenemos, donde se seleccionan las propiedades del terreno y el criterio de rotura con el que se analizará la estabilidad del talud (ilustraciones 5 y 6).

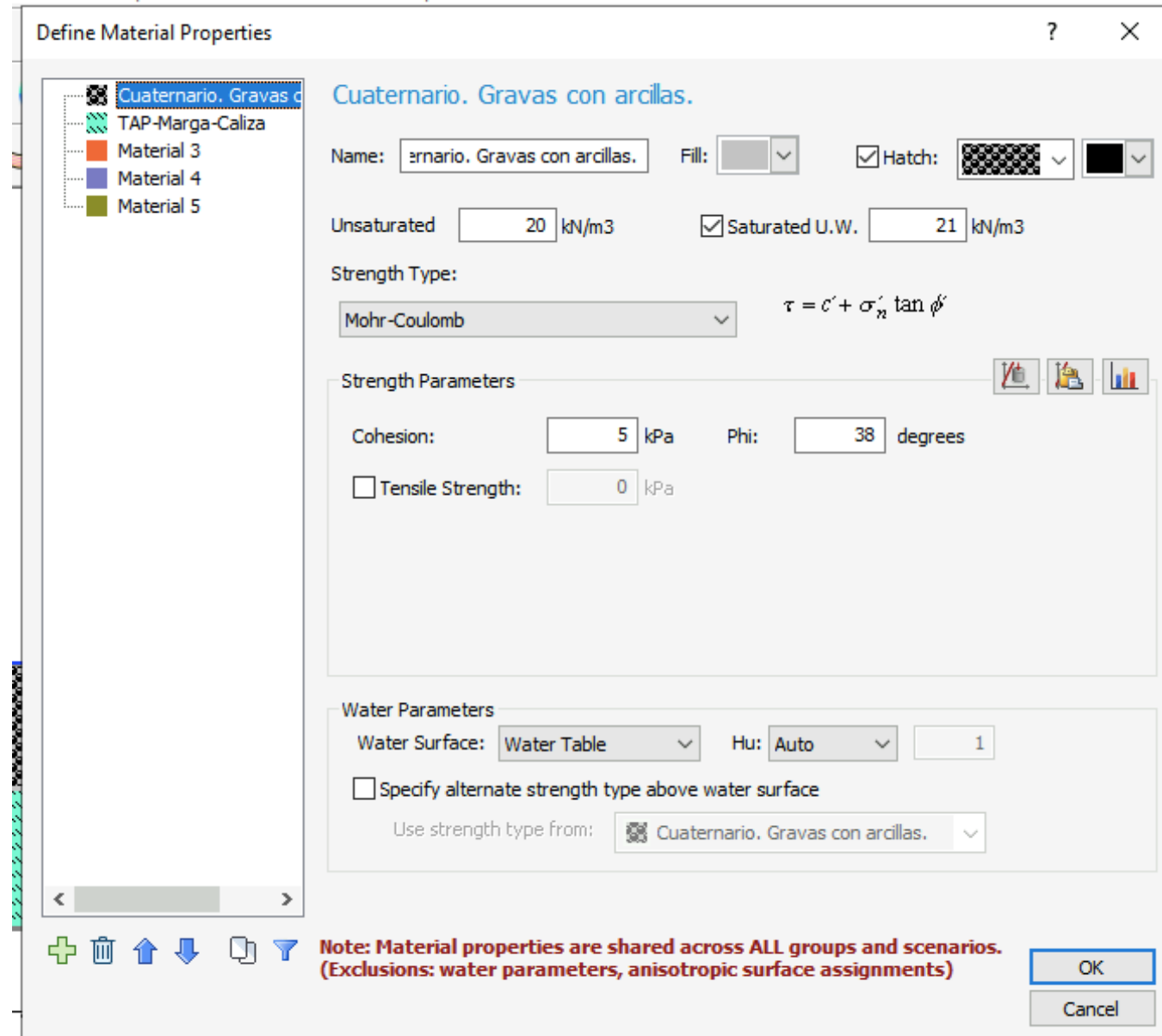


Ilustración 1.5. Propiedades de las gravas con arcillas. Fuente: Slide2.

Para este tipo de terreno de gravas con arcillas los parámetros de cohesión, ángulo de rozamiento, peso específico y peso específico saturado han sido escogidos de acuerdo con las características más comunes de la bibliografía técnica.

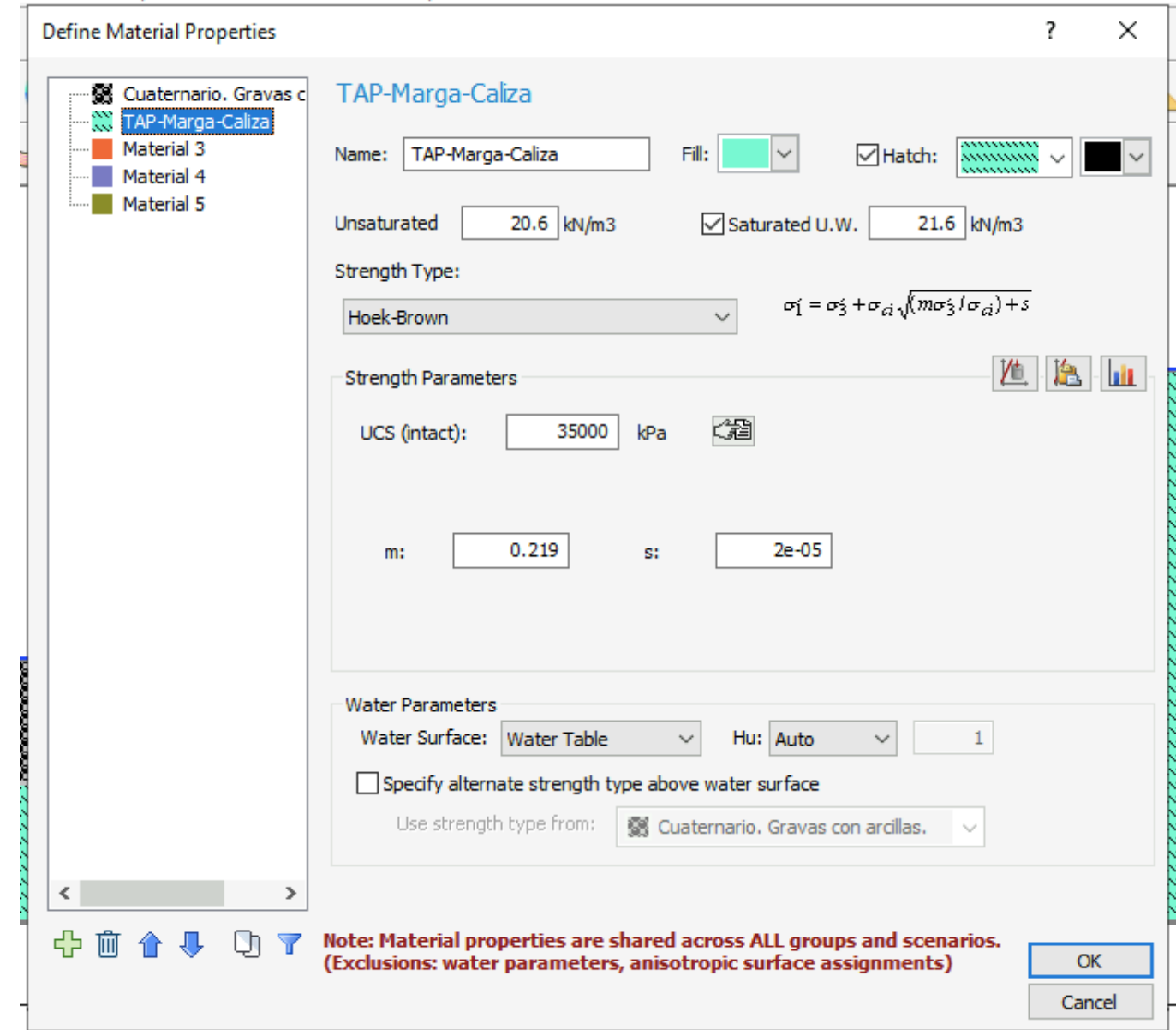


Ilustración 1.6. Propiedades de la marga caliza. Fuente: Slide2.

En este terreno marga calizo el peso específico y el peso específico saturado se han obtenido de los ensayos de laboratorio realizados durante el trabajo. Los parámetros m y s se introducen de acuerdo con la tabla “3.19 Relaciones aproximadas entre la calidad de los macizos rocosos y los valores de las constantes m y s” del libro: *Ingeniería Geológica*, teniendo en cuenta que se trata de un macizo rocoso de muy mala calidad donde el espaciado entre los planos de exfoliación es menor de 5cm. Por otra parte, la resistencia a compresión simple se escoge a criterio propio de acuerdo con las características generales que se extraen de la bibliografía técnica y que es comúnmente aceptado.

Finalmente se realiza el cálculo o la simulación del modelo mediante la opción “Compute”, siempre que se haya guardado previamente. Además, para que el programa muestre el output es necesario seleccionar la opción “Interpret”, donde se mostraran todos los resultados correspondientes a cada una de las simulaciones.

Una vez definida la zona de estudio se pasa a comprobar el comportamiento del talud en función de las diferentes hipótesis que se simulan con el programa *Slide2*, y son las siguientes:

1. H1. TALUD ORIGINAL SECO.
2. H2. TALUD ORIGINAL CON NIVEL FREÁTICO.
3. H3. TALUD ORIGINAL CON NIVEL FREÁTICO Y BULONES.
4. H4. TALUD CON BERMA SECO.
5. H5. TALUD CON BERMA Y NIVEL FREÁTICO.
6. H6. TALUD CON BERMA, NIVEL FREÁTICO Y BULONES.

Para realizar el análisis de estabilidad de los taludes se utiliza el criterio de Hoek-Brown para el estrato de marga calizas ya que este es el más adecuado para rocas y el de Mohr-Coulomb para el estrato de suelo arcilloso. Además, las propiedades de estos son las mismas en todas las hipótesis y serían las siguientes:

- Cuaternario. Gravitas con arcillas.
  - Peso específico = 20 KN/m<sup>3</sup>
  - Peso específico saturado = 21 KN/m<sup>3</sup> (Con presencia de agua)
  - Cohesión efectiva = 5 KPa
  - Ángulo de rozamiento efectivo = 38°
- Terciario- Facie TAP. Marga-Caliza-
  - Peso específico = 20,6 KN/m<sup>3</sup>
  - Peso específico saturado = 21,6 KN/m<sup>3</sup> (Con presencia de agua)
  - UCS (Resistencia a Compresión Simple) = 35000 KPa
  - m = 0,219
  - s = 0,00002

Al empezar a realizar las simulaciones, el procedimiento se dividirá en dos partes. Primeramente, se ha analizado el talud en su estado original, sin berma intermedia, para poder tener una idea más concreta que demuestre los deslizamientos que se produjeron en los diferentes episodios intensos de lluvias. Por ello se ha realizado el análisis del talud en seco, con presencia de agua y simulando una actuación con bulones de anclaje que hubiese podido resolver las inestabilidades del talud, pero que no se realizó en su momento y por contrario se ejecutó la berma para mejorar un poco la estabilidad de este. Seguidamente, se ha realizado el análisis del talud con la geometría actual también en seco, con presencia de agua y con bulones, que en este caso si que será la solución adoptada para acabar finalmente con la problemática de la inestabilidad existente en dicho talud. Para ello, se realizarán diversas simulaciones con disposición y medidas de los bulones diferentes que llevarán a la solución mejor optimizada para que se cumpla el factor de seguridad y se estabilice completamente el talud.

### SIMULACIONES CON EL TALUD ORIGINAL

#### 1. H.1. TALUD ORIGINAL SECO.

El output del programa es el siguiente:

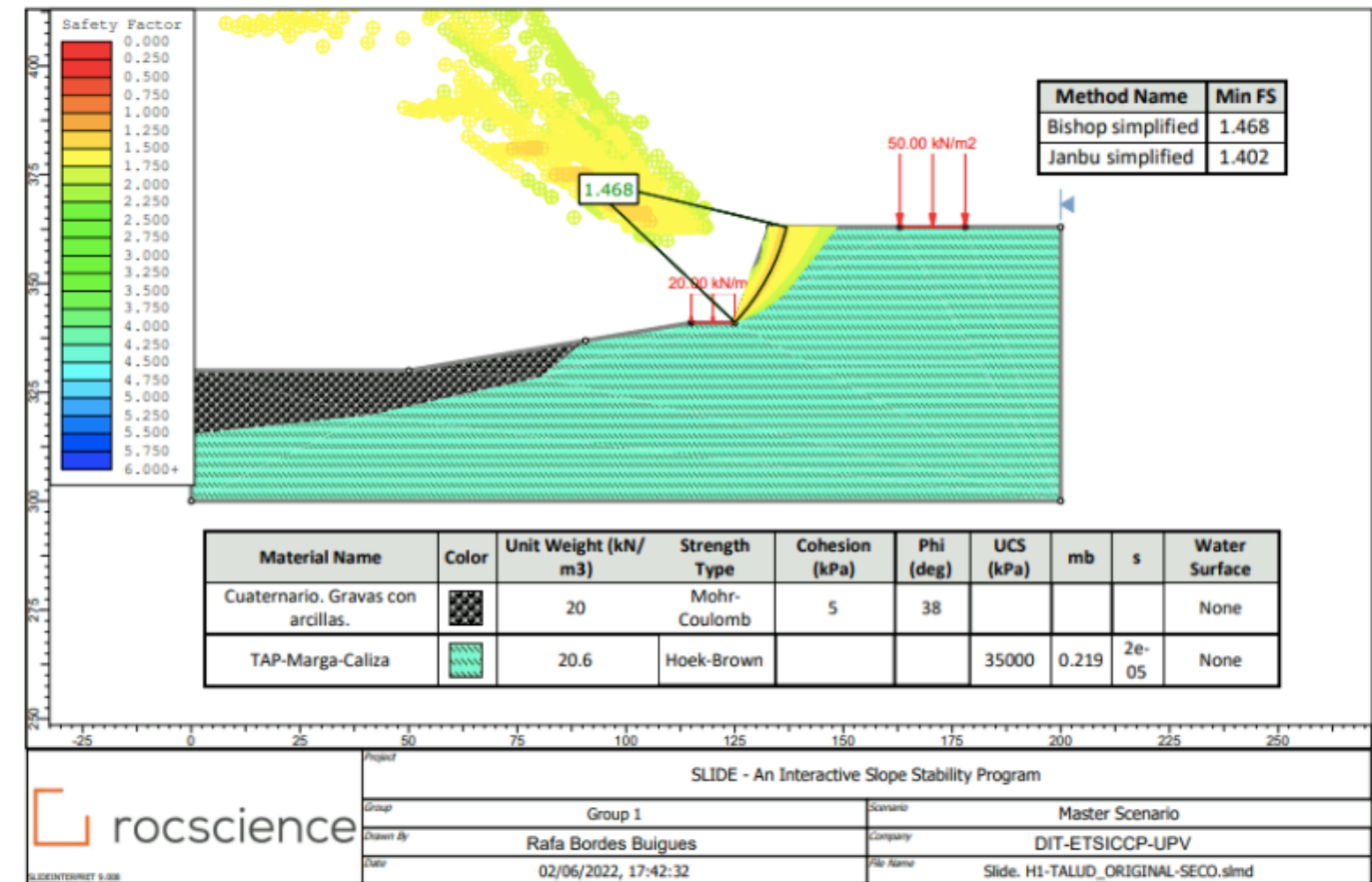


Ilustración 1.7. Resultados de la hipótesis 1. Fuente: Slide2.

Los resultados obtenidos del análisis son los siguientes:

- El círculo de rotura y con el factor de seguridad más pequeño afecta directamente al talud en cuestión.
- El coeficiente de seguridad que se obtiene es menor de 1,5, que es el mínimo exigido por la normativa, aunque se acerca mucho a este factor y por tanto el peligro de rotura es menor.
- La rotura más crítica de acuerdo con lo previsto es sustancialmente superficial.
- El talud, en condiciones normales, es estable.
- Los resultados que se obtienen de los dos métodos aplicados son:
  - Bishop simplified = 1,468
  - Janbu simplified = 1,402

## 2. H.2. TALUD ORIGINAL CON NIVEL FREÁTICO

El output del programa es el siguiente:

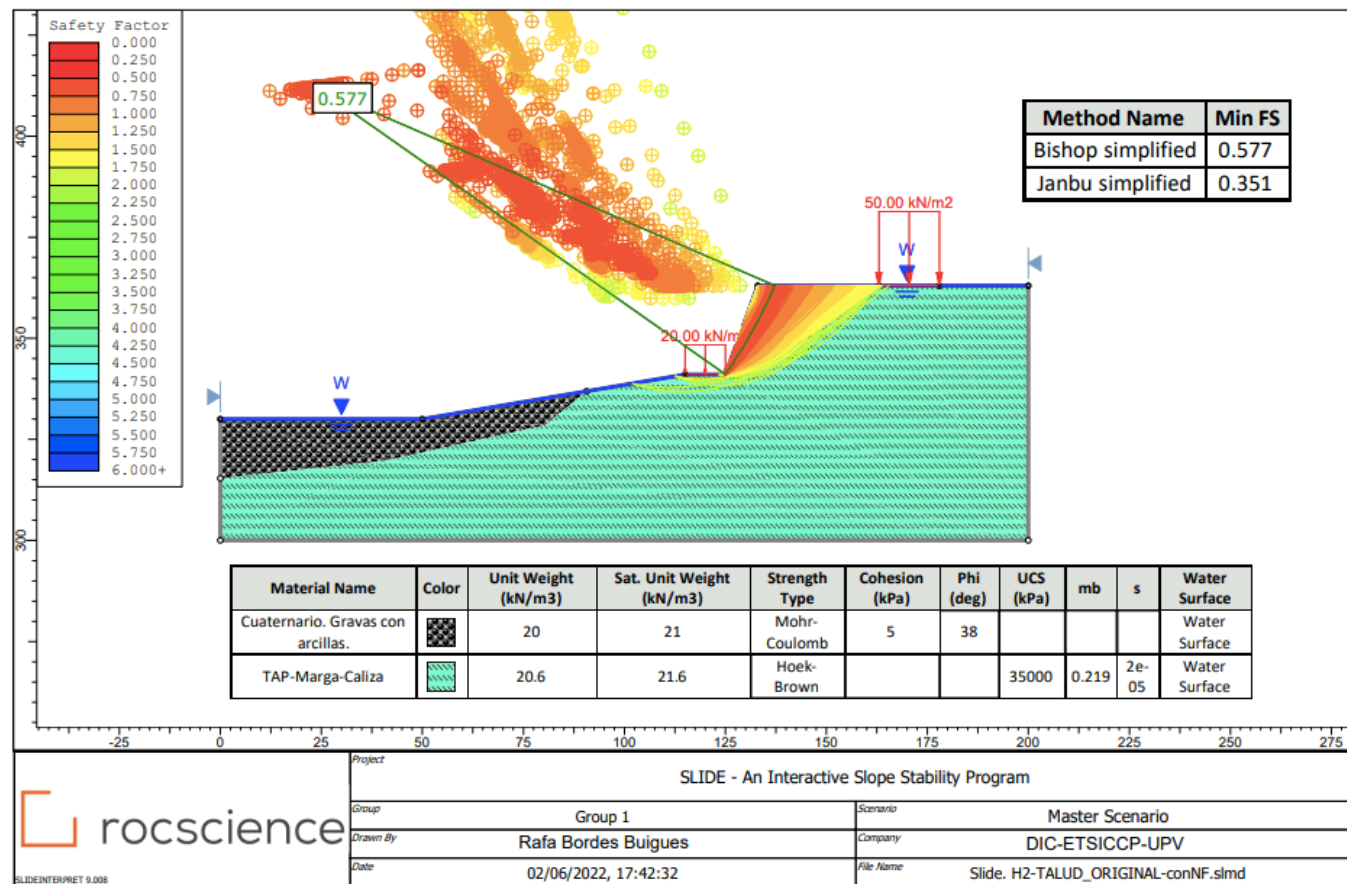


Ilustración 1.8. Resultados de la hipótesis 2. Fuente: Slide2.

Los resultados obtenidos del análisis son los siguientes:

- La presencia de agua produce un coeficiente de seguridad muy bajo, ya que en las margas la afección del agua es muy determinante para su estabilidad.
- La ladera es muy inestable.
- Los resultados de los métodos utilizados son los siguientes:
  - Bishop simplified = 0,577
  - Janbu simplified = 0,315

Cabe destacar que los coeficientes de seguridad obtenidos son muy bajos y que en este caso deja constancia de que los acontecimientos de desprendimiento de la ladera durante los episodios de lluvia tenían una probabilidad muy alta y era necesaria una actuación.

## 3. H.3. TALUD ORIGINAL CON NIVEL FREÁTICO Y BULONES

El output del programa es el siguiente:

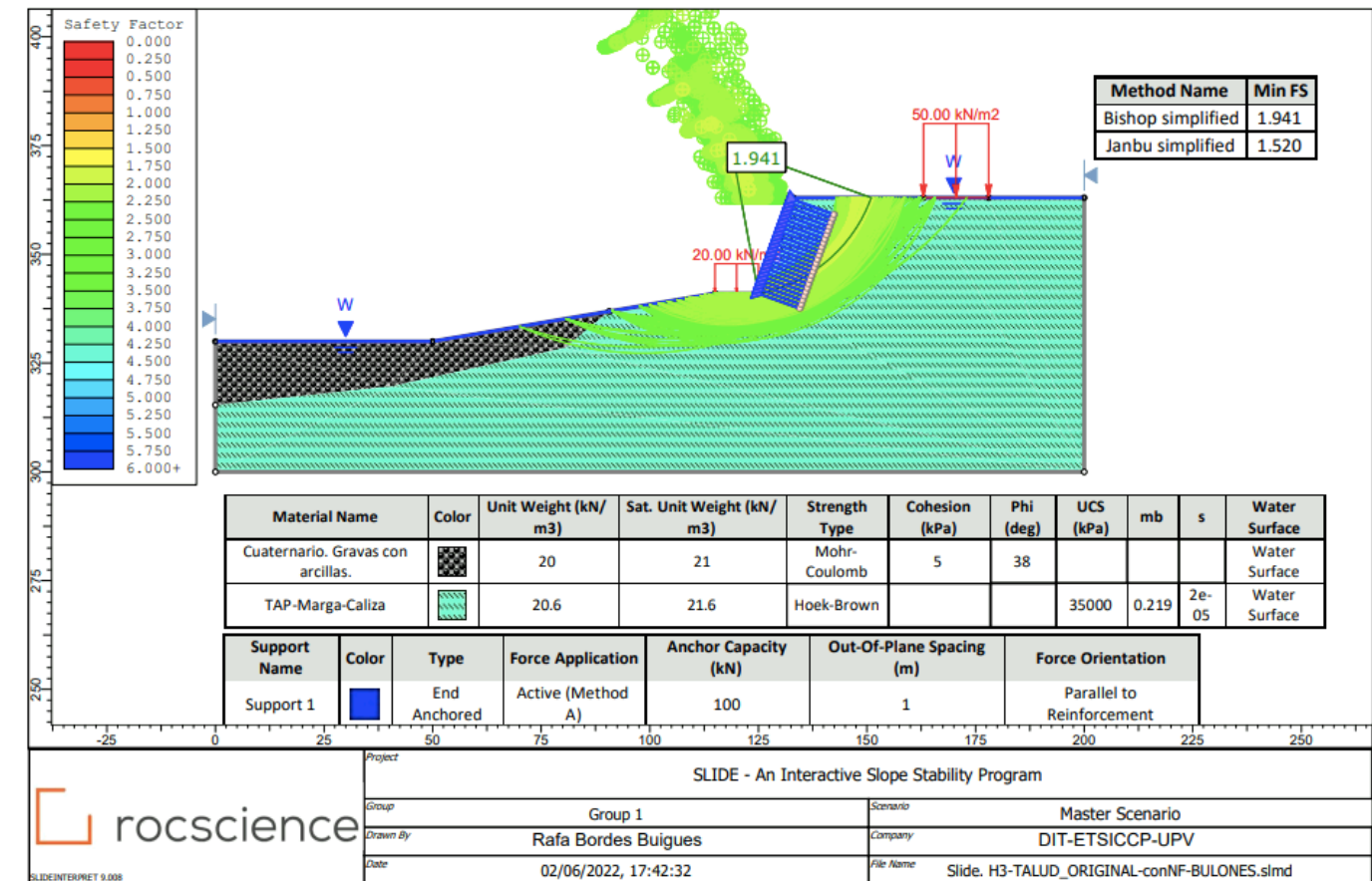


Ilustración 1.9. Resultados de la hipótesis 3. Fuente: Slide 2.

En este caso las características de los bulones son las siguientes:

- Longitud 10m
- Distribución de bulones:
  - 1m en vertical
  - 1m en horizontal
- Capacidad de anclaje de 100 KN
- Aplicación de la fuerza: Activa
- Tipo: Anclaje final mediante una lechada

Los resultados del análisis son los siguientes:

- Este tipo de anclaje mantiene la estabilidad del talud.
- El círculo de rotura afecta directamente al talud.
- El coeficiente de seguridad es mayor de 1,5 y por tanto cumple con la estabilidad.
- Los resultados de los métodos empleados son los siguientes:
  - Bishop simplified: 1,941
  - Janbu simplified: 1,520

La medida de los bulones y su disposición para que cumpla con la estabilidad del talud se consigue después de una serie de simulaciones donde se van variando las longitudes y la disposición de estos sobre la superficie del talud.



Como conclusión de esta primera parte del análisis donde se tiene en cuenta el talud con su geometría inicial, se obtiene que en seco el talud puede aguantar perfectamente la estabilidad de la ladera, pero cuando se producen episodios de lluvias es muy necesaria la actuación sobre el talud para evitar la rotura. Por ello, cuando se realiza el análisis con la solución de anclajes que se va a adoptar, el coeficiente de seguridad cumple perfectamente con el mínimo por normativa.

SIMULACIONES CON EL TALUD ACTUAL

4. H.4. TALUD CON BERMA SECO

El output del programa es el siguiente:

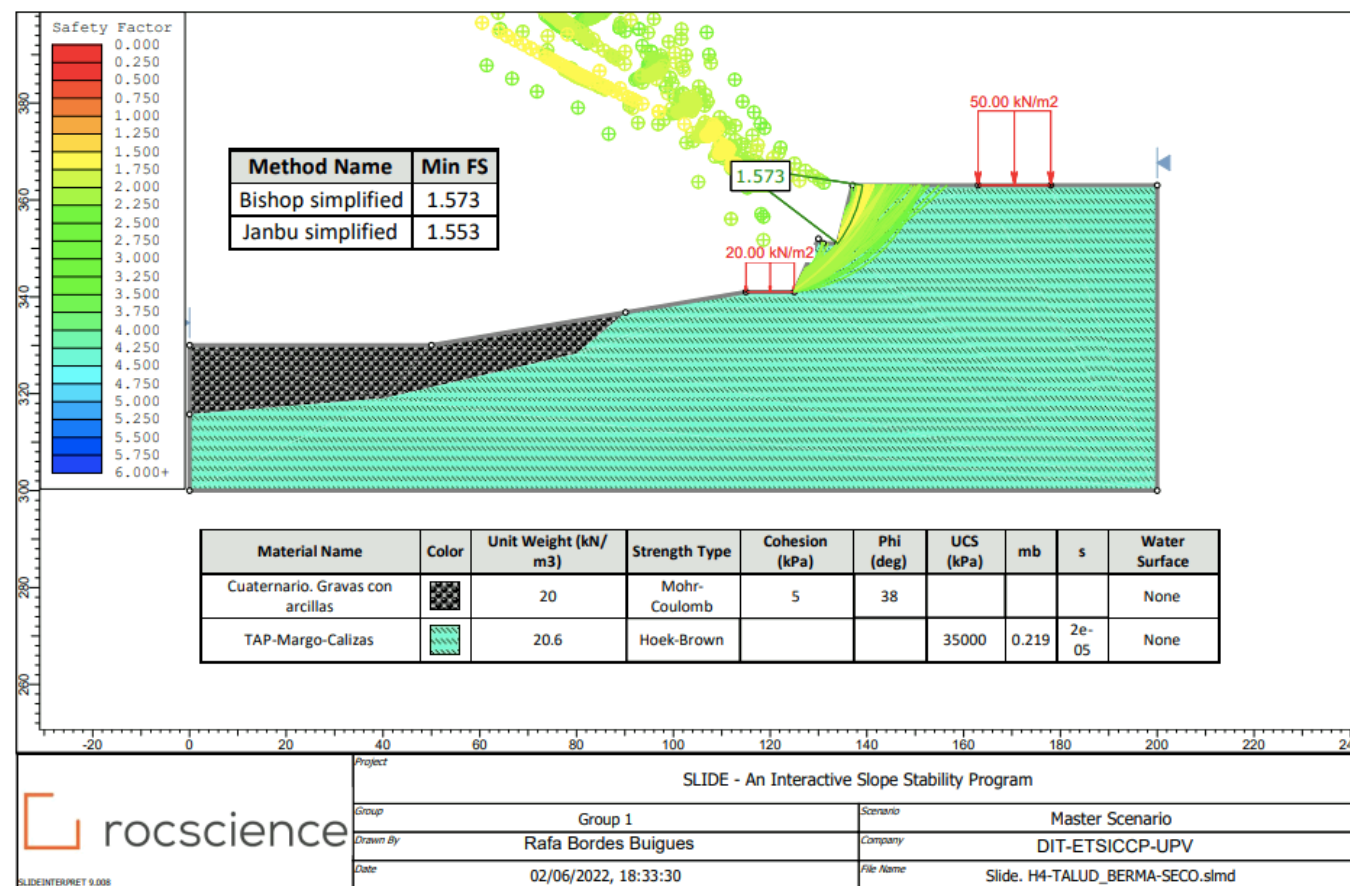


Ilustración 1.10. Resultados de la hipótesis 4. Fuente: Slide2.

Los resultados obtenidos del análisis son los siguientes:

- El círculo de rotura más crítico afecta a la zona superior del talud.
- En este caso el coeficiente de seguridad está por encima del mínimo de 1,5 exigido por la normativa.
- El talud, en condiciones normales, es estable.
- Los resultados obtenidos de los métodos utilizados son los siguientes:
  - Bishop simplified: 1,573
  - Janbu simplified: 1,553

5. H.5. TALUD CON BERMA Y NIVEL FREÁTICO

El output del programa es el siguiente:

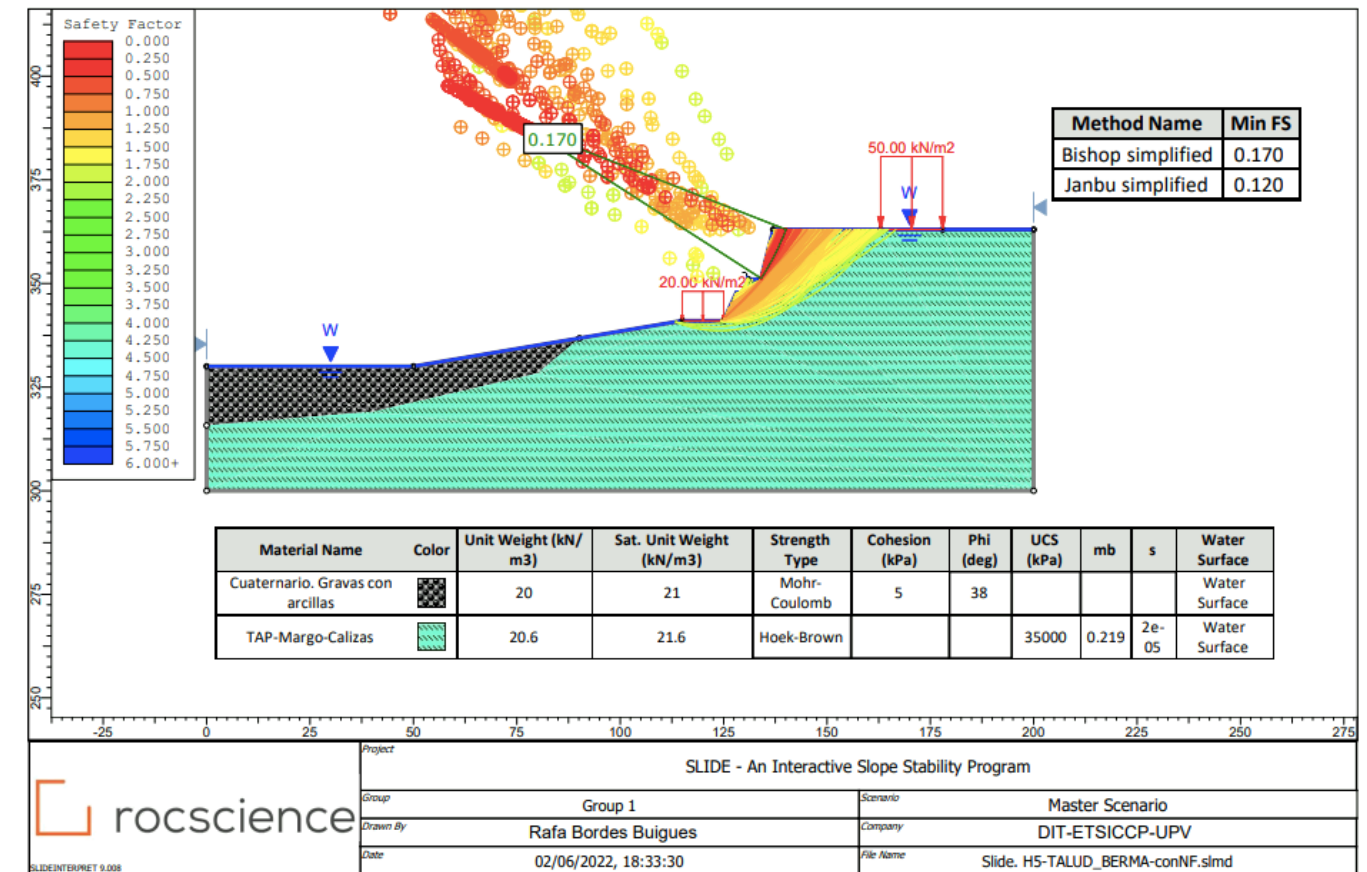


Ilustración 1.11. Resultados de la hipótesis 5. Fuente: Slide2.

Los resultados obtenidos del análisis son los siguientes:

- La presencia de agua en el terreno es muy determinante y por tanto produce una inestabilidad importante donde la rotura global abarca todo el talud de estudio.
- La ladera es potencialmente inestable.
- Los resultados de los métodos utilizados son los siguientes:
  - Bishop simplified: 0,170
  - Janbu simplified: 0,120

De los resultados de este análisis, que es la situación actual del talud en episodios de lluvia, se obtiene que en épocas de fuertes e intensas lluvias donde se llena el terreno de agua el coeficiente de seguridad es muy bajo y por tanto se producirían deslizamientos y roturas en todo el talud. Por ello, tras este análisis, se debe realizar una actuación lo suficientemente importante como para que se llegue a un coeficiente de seguridad suficiente para que cumpla con la estabilidad de la ladera.

6. H.6. TALUD CON BERMA, NIVEL FREÁTICO Y BULONES

El output del programa es el siguiente:

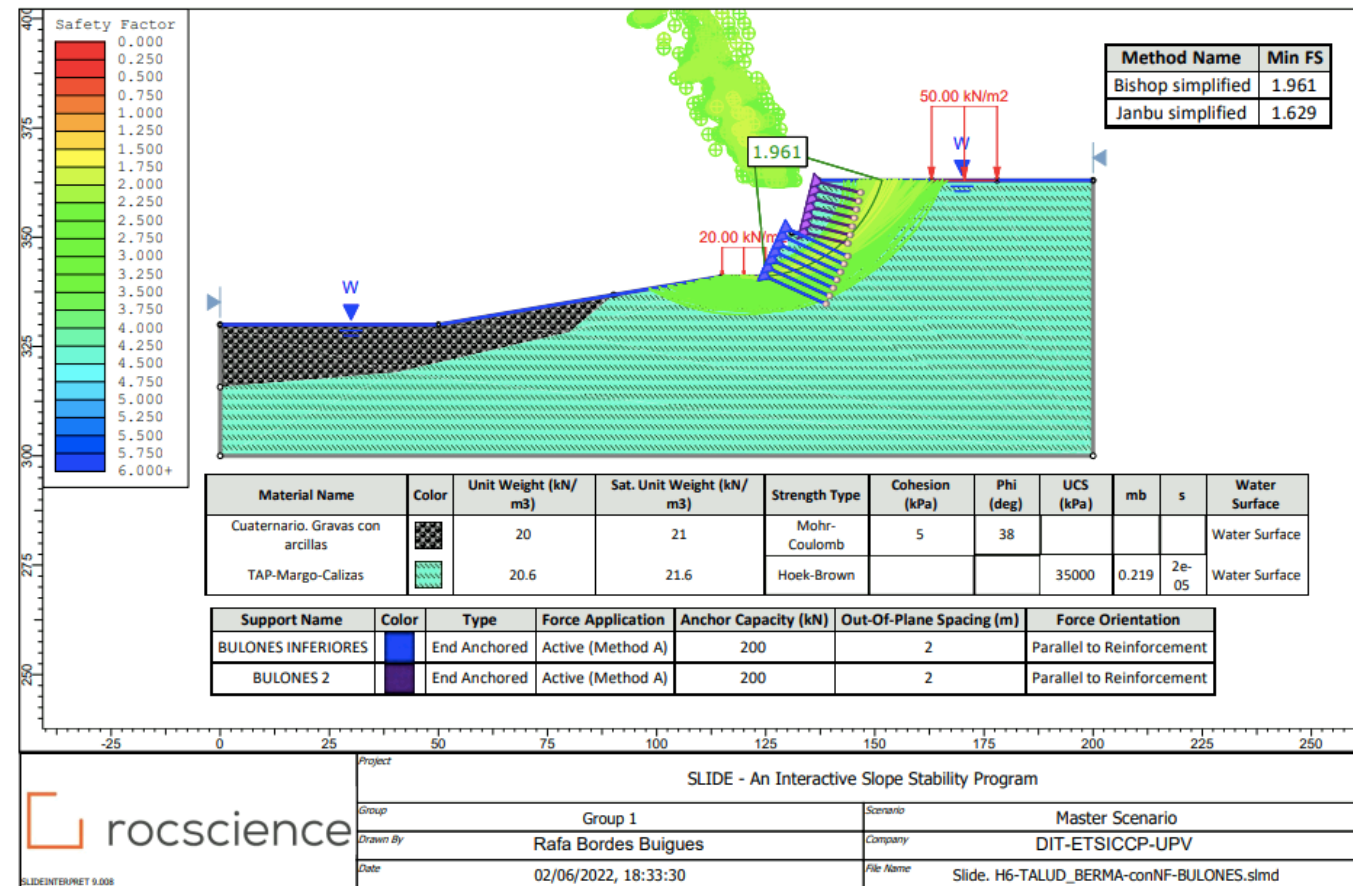


Ilustración 1.12. Resultados de la hipótesis 6. Fuente: Slide 2.

Las características de los bulones superiores (Bulones 2) son las siguientes:

- Longitud 10m
- Distribución de bulones:
  - Cada 2m en vertical
  - Cada 2m en horizontal
- Capacidad de anclaje de 200 KN
- Aplicación de la fuerza: Activa
- Tipo: Anclaje final mediante una lechada

Las características de los bulones inferiores (Bulones inferiores) son las siguientes:

- Longitud 15m
- Distribución de bulones:
  - Cada 2m en vertical
  - Cada 2m en horizontal
- Capacidad de anclaje de 200 KN
- Aplicación de la fuerza: Activa
- Tipo: Anclaje final mediante una lechada

Los resultados obtenidos del análisis son los siguientes:

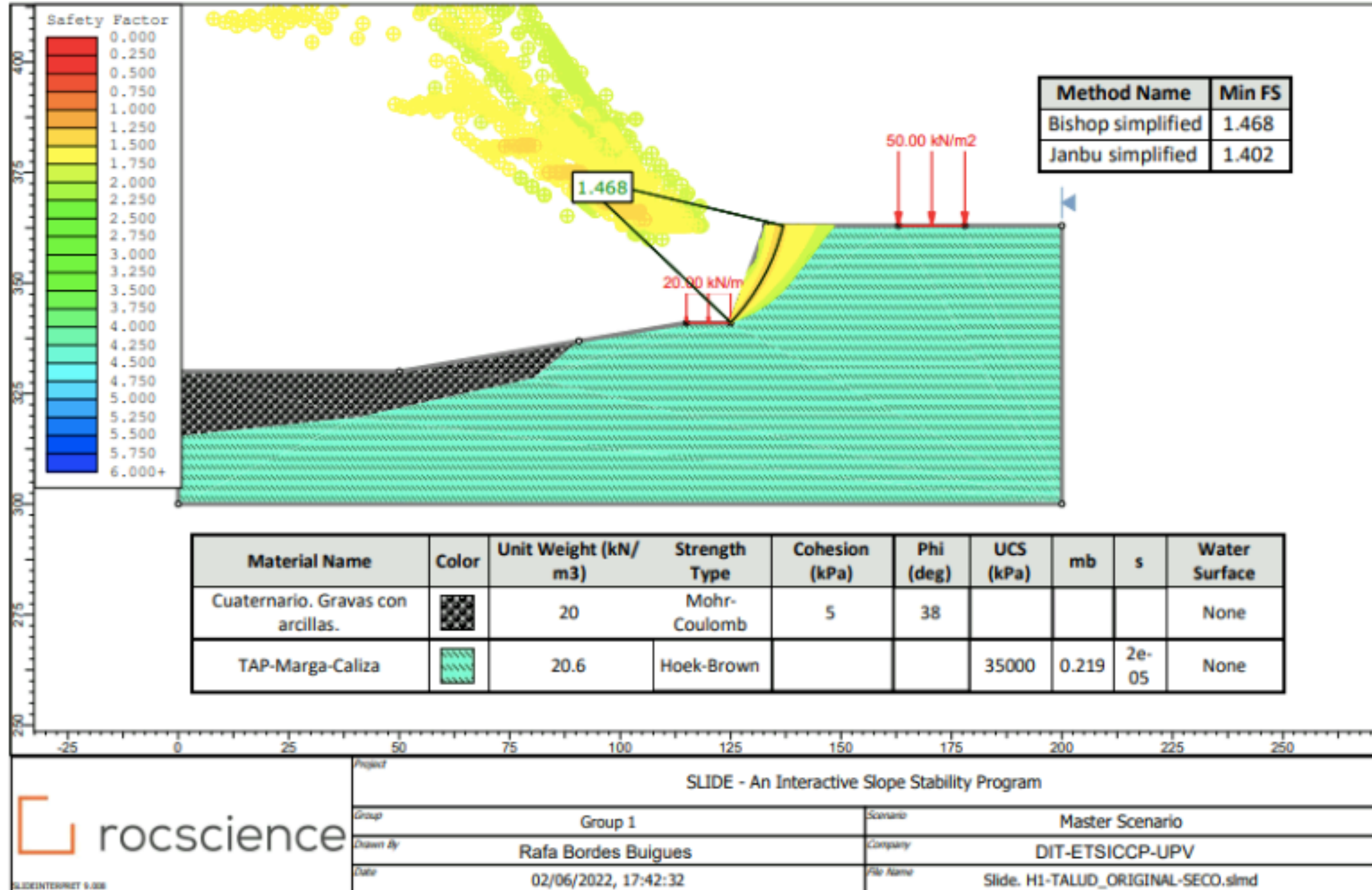
- Este tipo de anclaje mantiene la estabilidad del talud.
- El círculo de rotura afecta directamente al talud.
- El coeficiente de seguridad es mayor de 1,5 y por tanto cumple con la estabilidad.
- Los resultados de los métodos empleados son los siguientes:
  - Bishop simplified: 1,961
  - Janbu simplified: 1,629

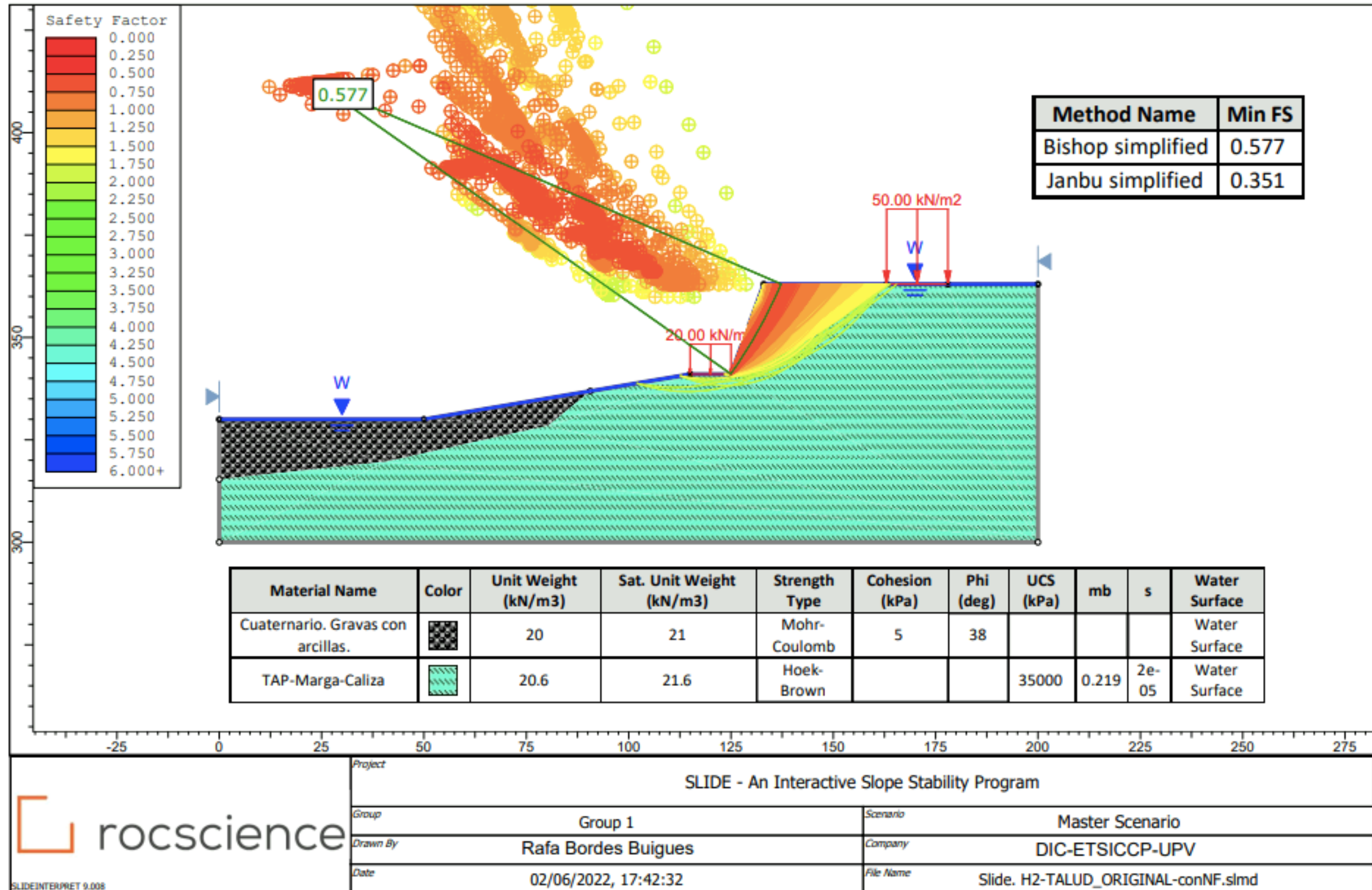
Las medidas y la disposición de los anclajes se escogen para que cumplan con el mínimo coeficiente de seguridad. Para ello, se realizan una serie de simulaciones donde se va variando la longitud y disposición de los anclajes hasta llegar a una solución de compromiso que cumpla con la facilidad de construcción y con la estabilidad de la ladera que es el objetivo principal.

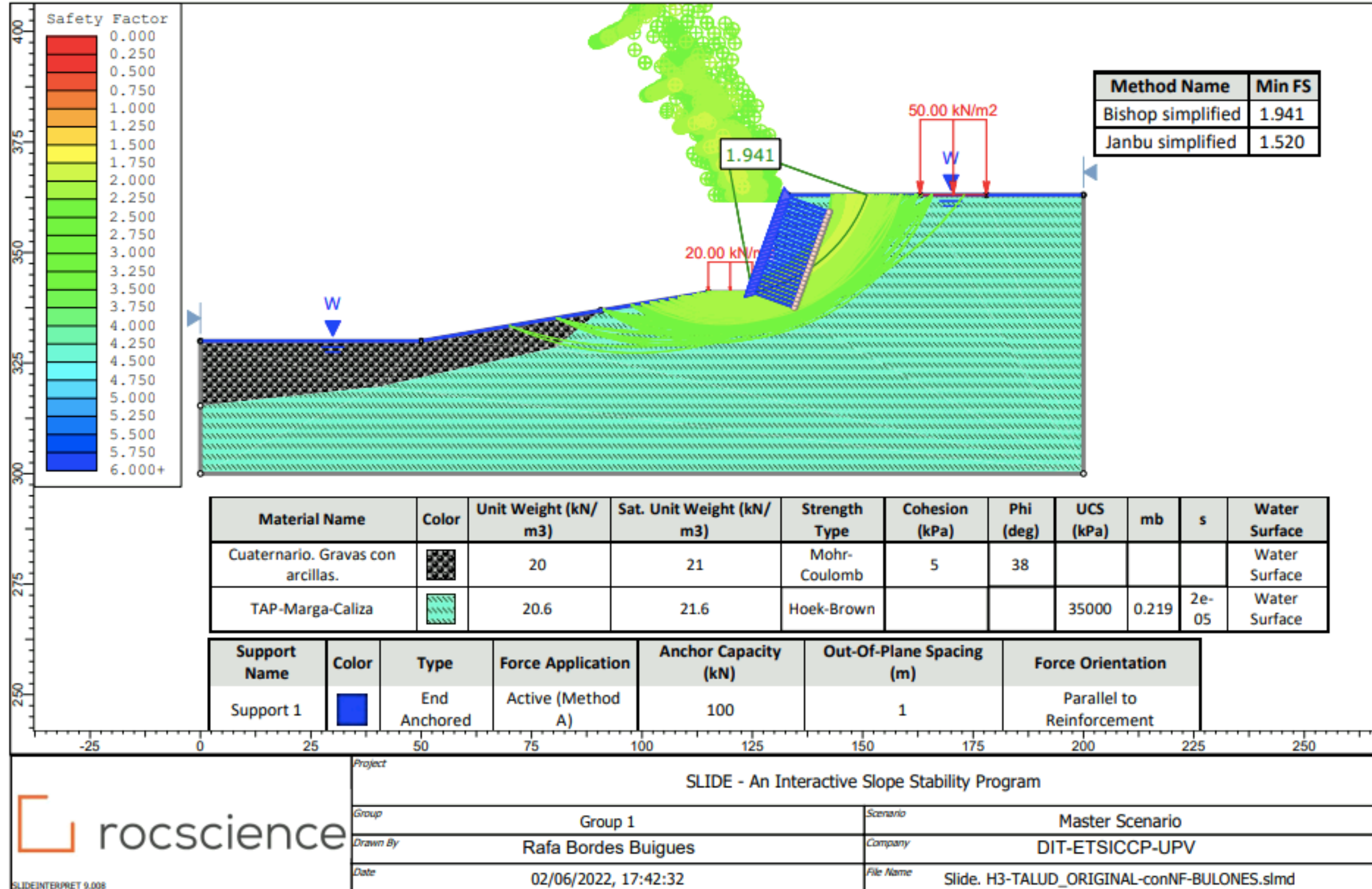
Como conclusión, después de haber realizado todas las simulaciones posibles con la geometría actual del talud, se obtiene que cuando el terreno se llene de agua puede llegar a tener una rotura importante además de los desprendimientos superficiales que se producen. Por ello, actualmente existe un peligro importante dado que el talud va variando entre estar completamente seco y con filtraciones procedentes de episodios de lluvias intensas y duraderas, cosa que podría llevar a un colapso global o desprendimientos. Para evitar este tipo de problemas es que se propone la solución de estabilización mediante bulones como se comprueba en la última hipótesis, y es la solución que se va a adoptar definitivamente para conseguir un factor de seguridad lo suficientemente mayor para cumplir holgadamente con la estabilidad general del talud de estudio.

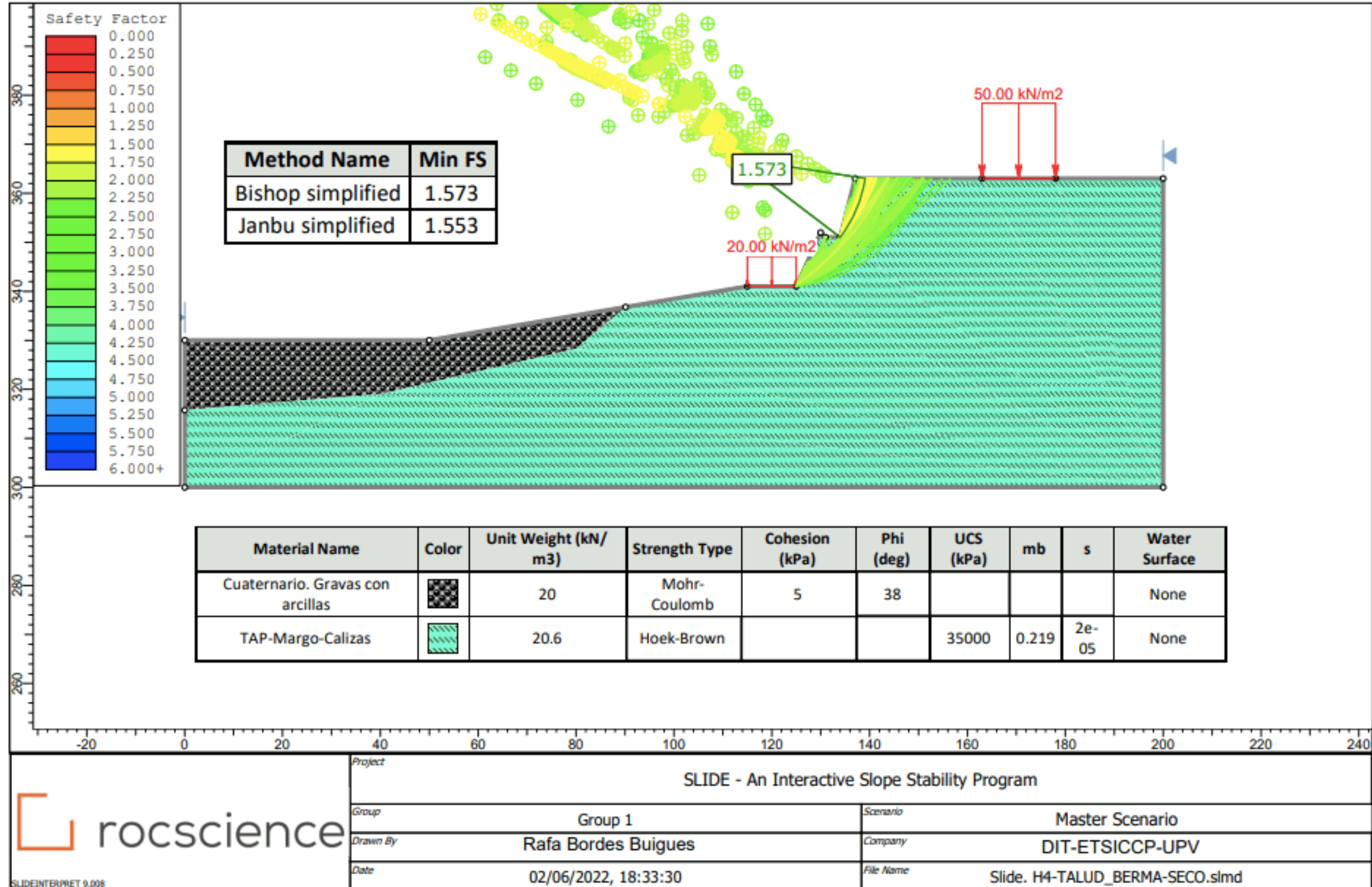


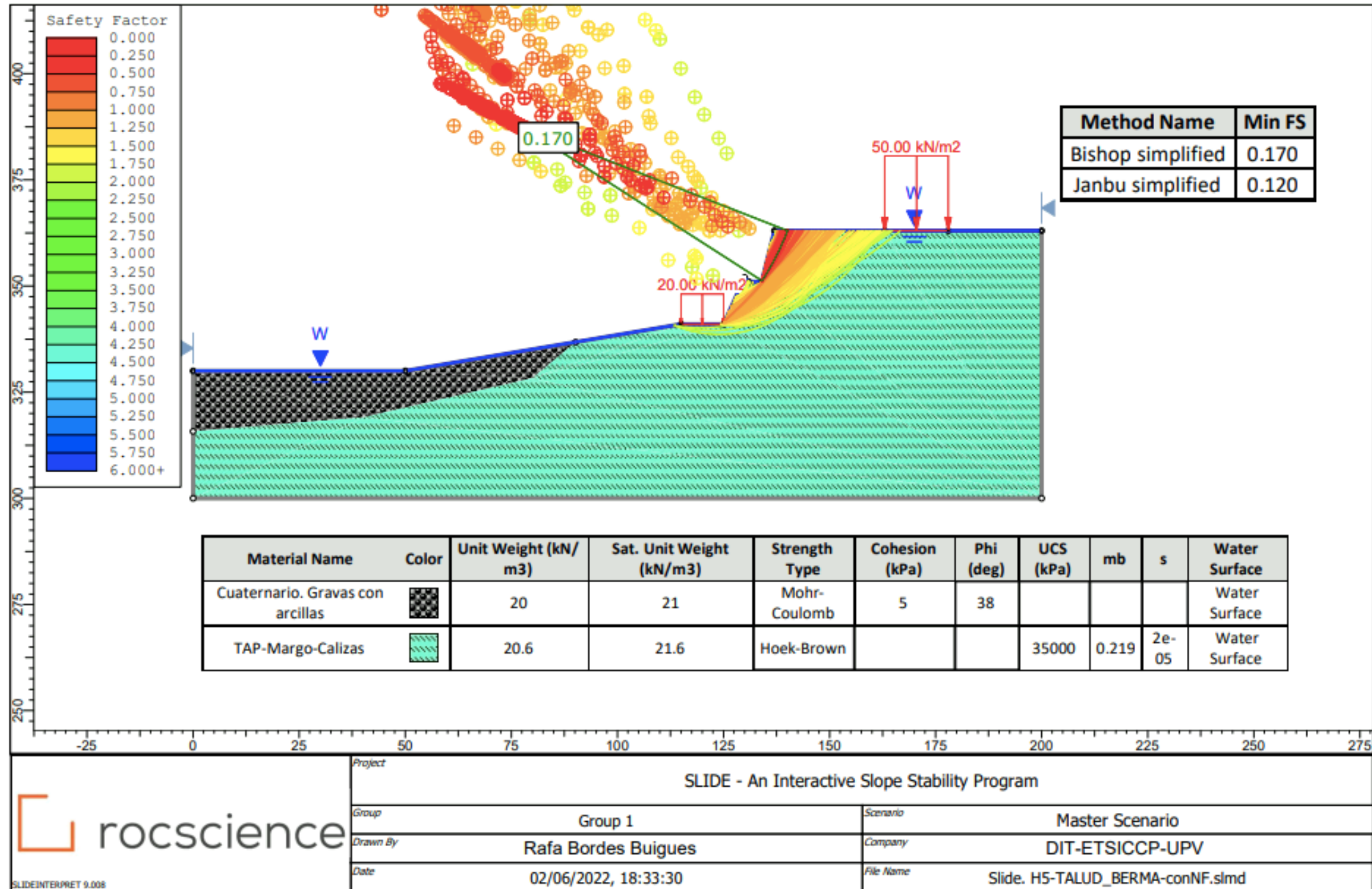
**APÉNDICE: SIMULACIONES**



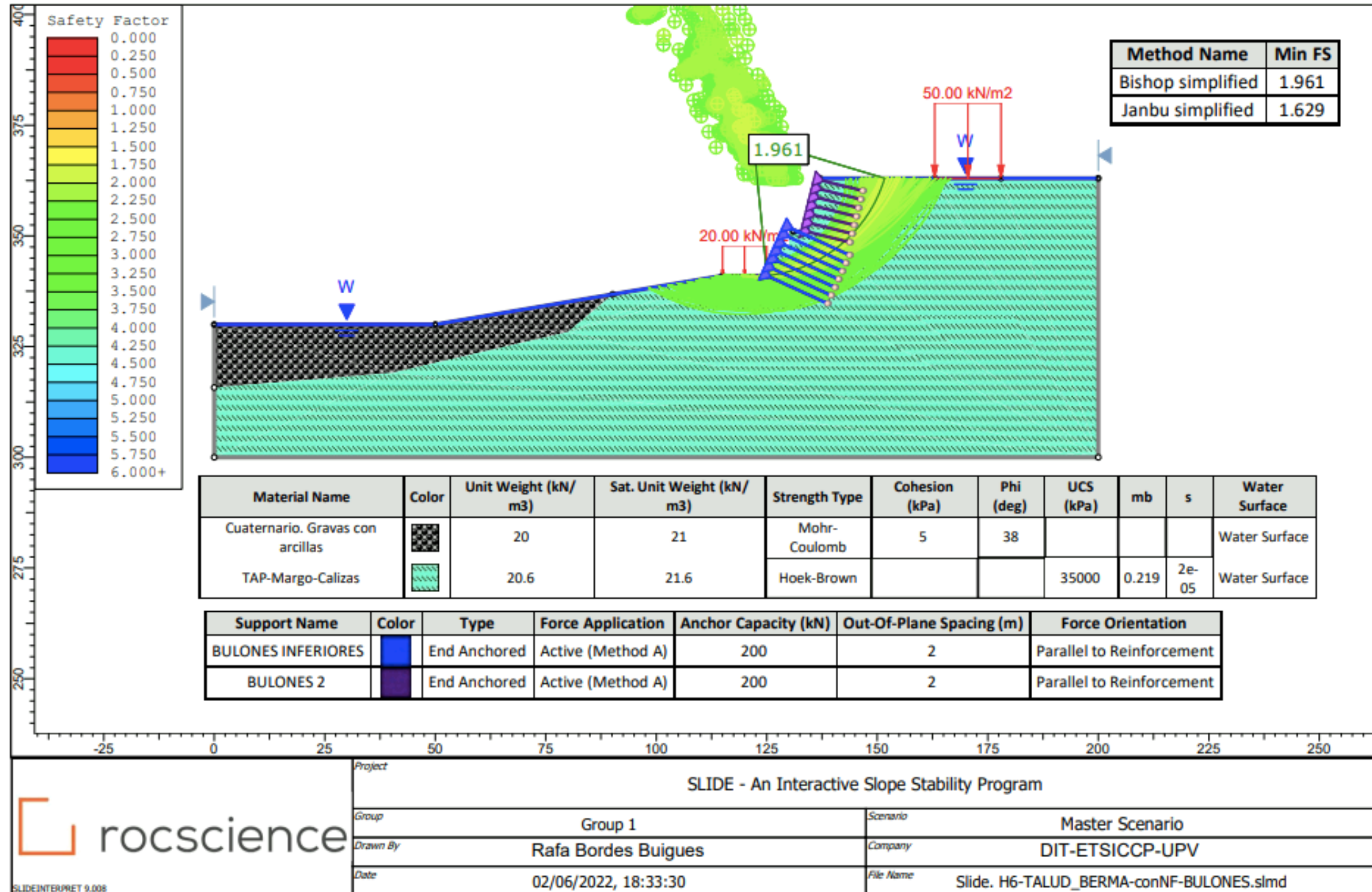










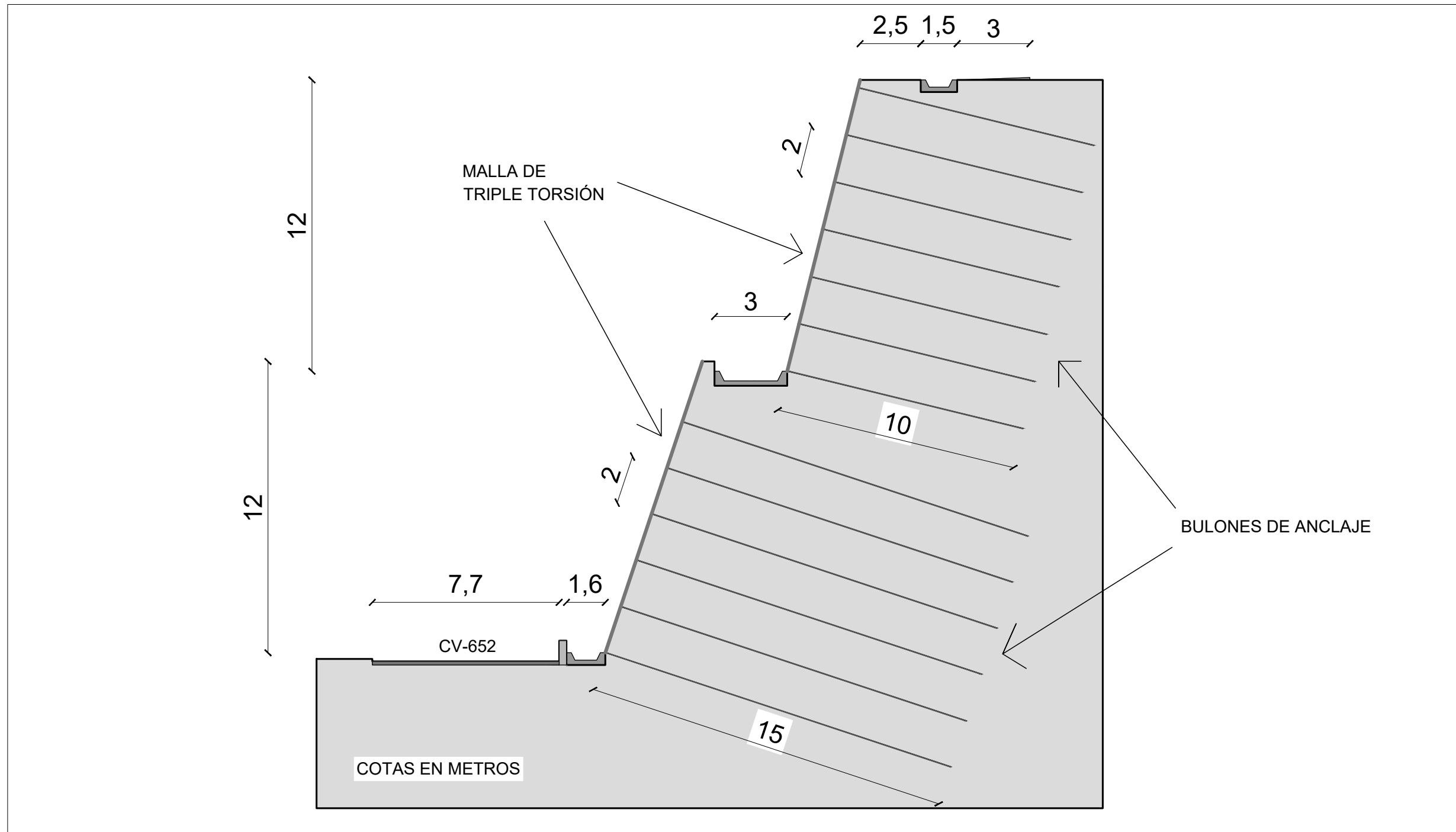




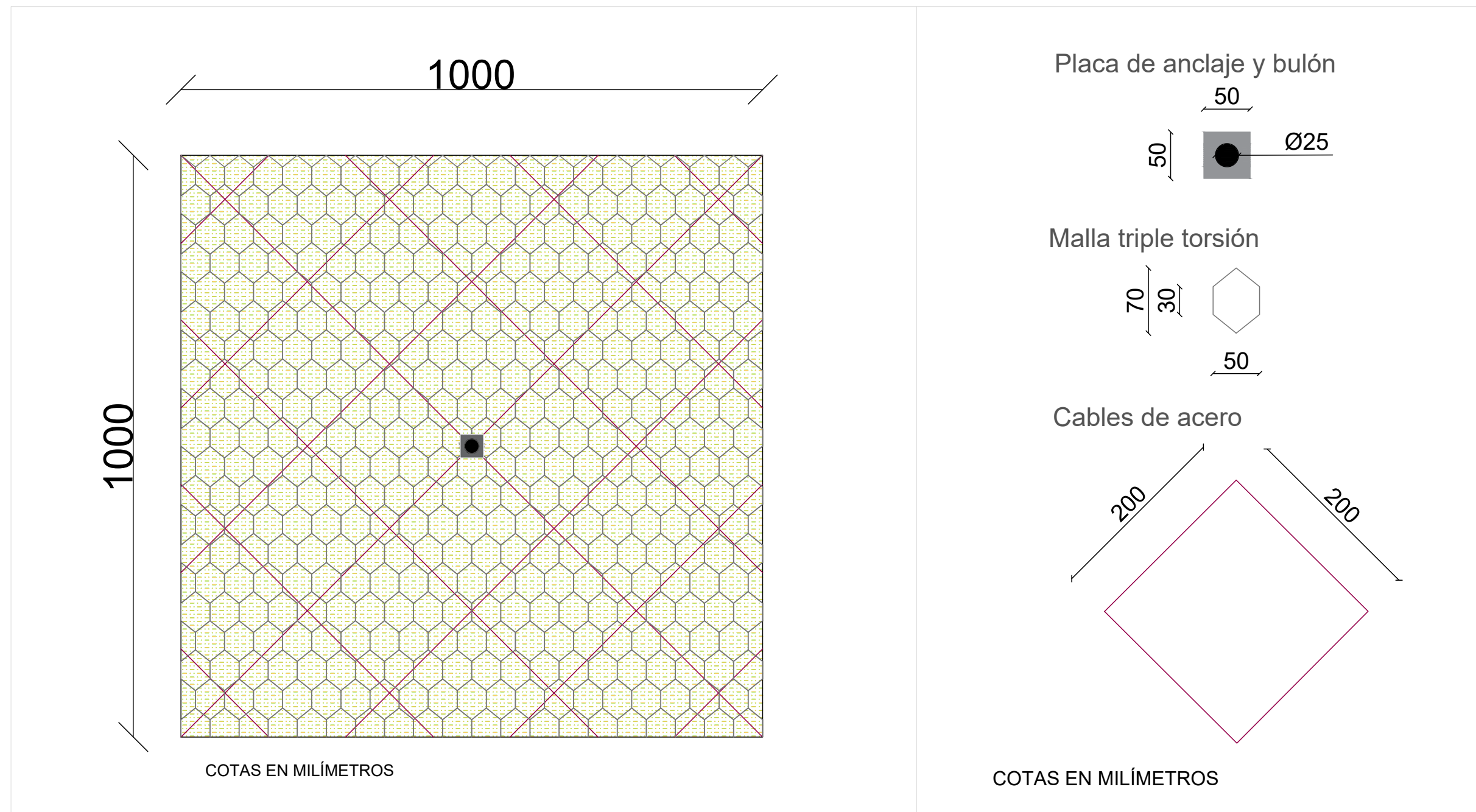
**ANEJO 2: PLANOS**



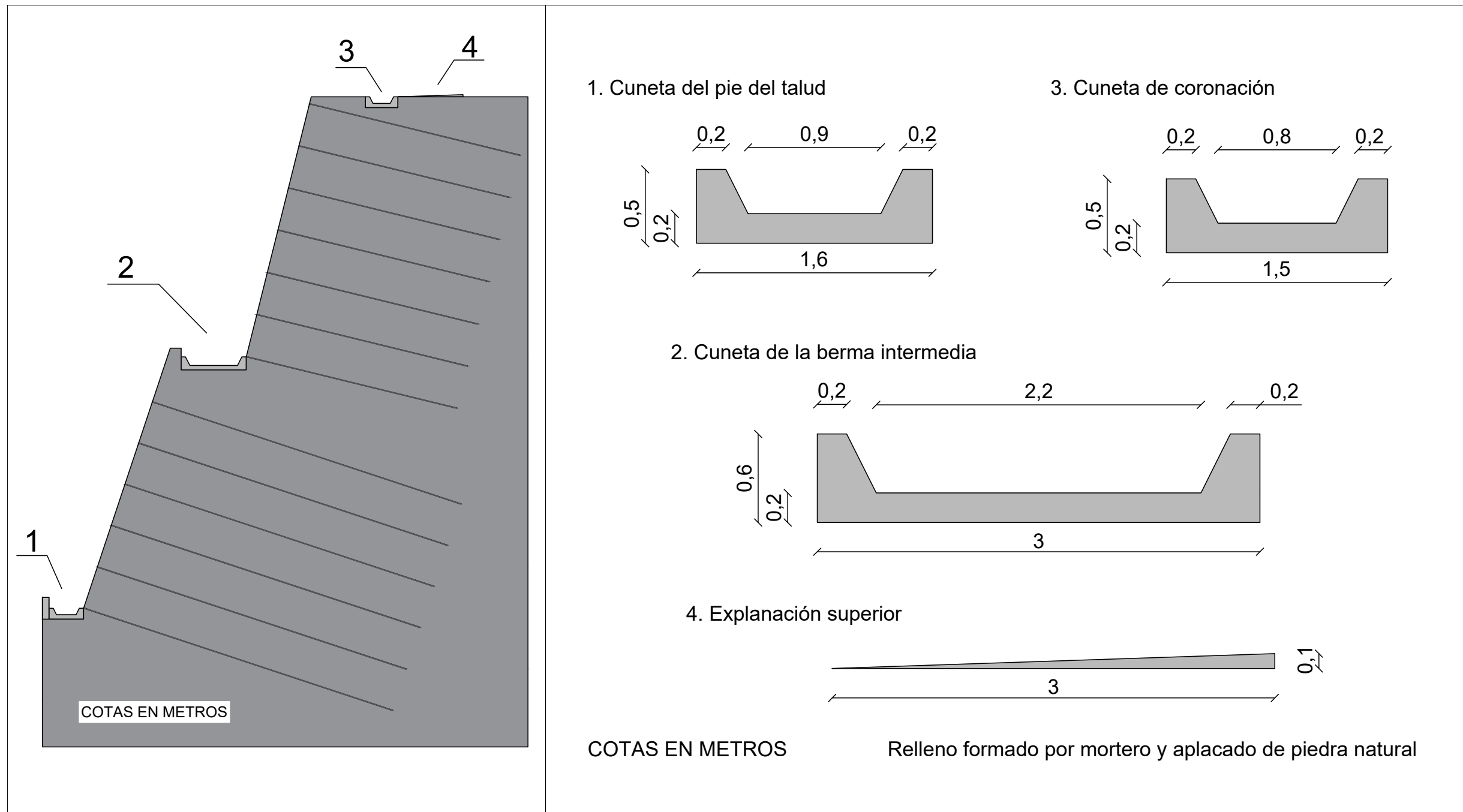
	<p>Título del proyecto: Estabilización de la ladera localizada en el P.K. 2+000 de la carretera CV-652, término municipal de Moixent (Valencia).</p>	<p>Autor: Rafa Bordes Buigues Tutores: Carlos Hidalgo Signes M. Elvira Garrido de la Torre</p>	<p>Escala: S/E</p>	<p>Fecha: Julio 2022</p>	<p>Tipo de plano: LOCALIZACIÓN</p>	<p>Plano: Nº:1</p>
--	--	--	--------------------	------------------------------	--	------------------------



	<p>Título del proyecto: Estabilización de la ladera localizada en el P.K. 2+000 de la carretera CV-652, término municipal de Moixent (Valencia).</p>	<p>Autor: Rafa Bordes Buigues Tutores: Carlos Hidalgo Signes M. Elvira Garrido de la Torre</p>	<p>Escala: S/E</p>	<p>Fecha: Julio 2022</p>	<p>Tipo de plano: DETALLE DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA</p>	<p>Plano: Nº:2</p>
--	--	--	--------------------	------------------------------	---	------------------------



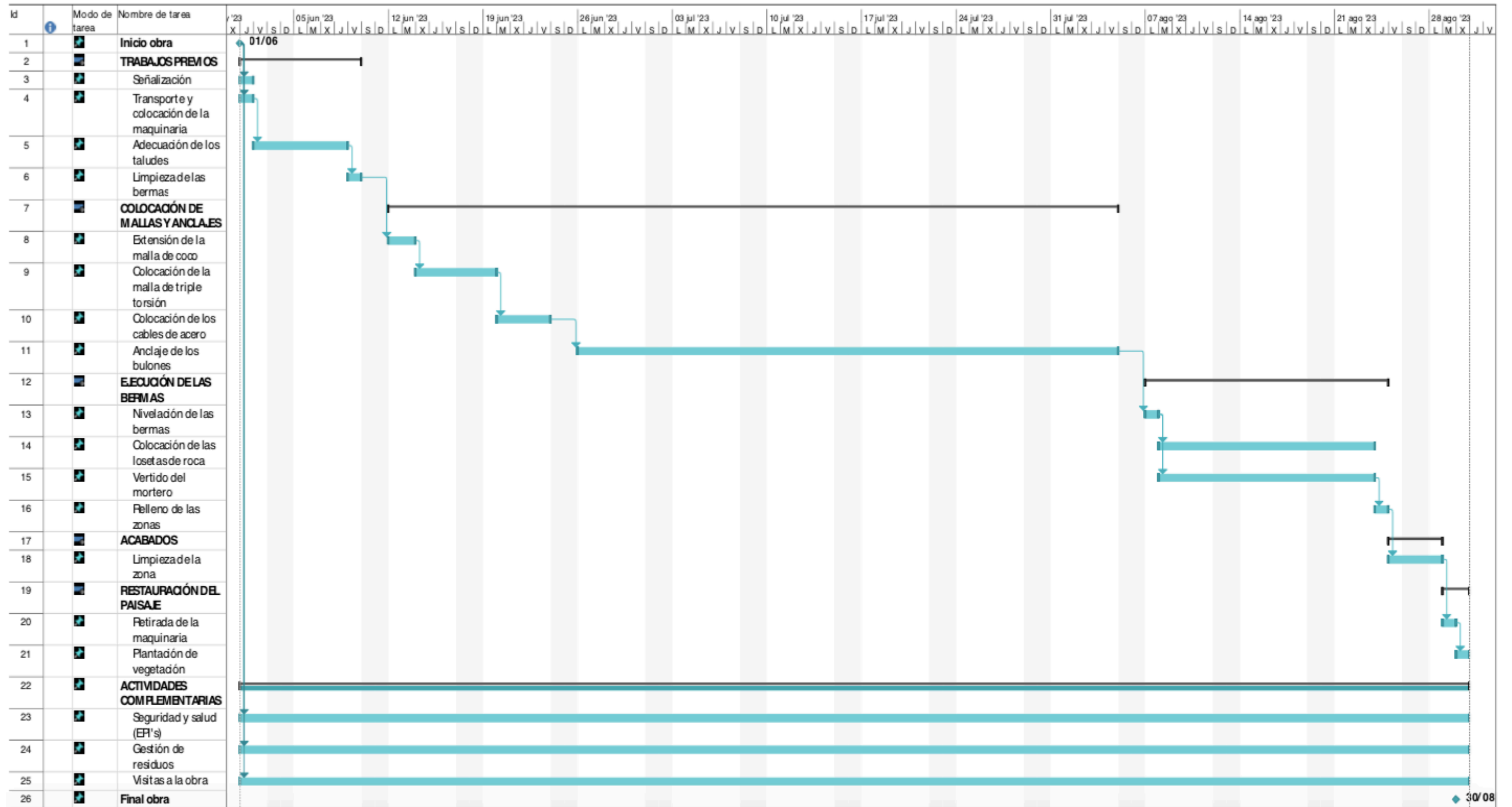
<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>		<p>Título del proyecto: Estabilización de la ladera localizada en el P.K. 2+000 de la carretera CV-652, término municipal de Moixent (Valencia).</p>	<p>Autor: Rafa Bordes Buigues Tutores: Carlos Hidalgo Signes M. Elvira Garrido de la Torre</p>	<p>Escala: S/E</p>	<p>Fecha: Julio 2022</p>	<p>Tipo de plano: DETALLE MALLAS (1X1)</p>	<p>Plano: Nº:3</p>
--	--	--	--	--------------------	------------------------------	--	------------------------



<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>		<p>Título del proyecto: Estabilización de la ladera localizada en el P.K. 2+000 de la carretera CV-652, término municipal de Moixent (Valencia).</p>	<p>Autor: Rafa Bordes Buigues Tutores: Carlos Hidalgo Signes M. Elvira Garrido de la Torre</p>	<p>Escala: S/E</p>	<p>Fecha: Julio 2022</p>	<p>Tipo de plano: DETALLE CUNETAS</p>	<p>Plano: Nº:4</p>
--	--	--	--	--------------------	------------------------------	---	------------------------



**ANEJO 3: PLAN DE TRABAJO**







**ANEJO 4: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS**



ESTABILIZACIÓN DE LA LADERA LOCALIZADA EN EL P.K. 2+000 DE LA CARRETERA CV-652, TÉRMINO MUNICIPAL DE MOIXENT (VALENCIA)



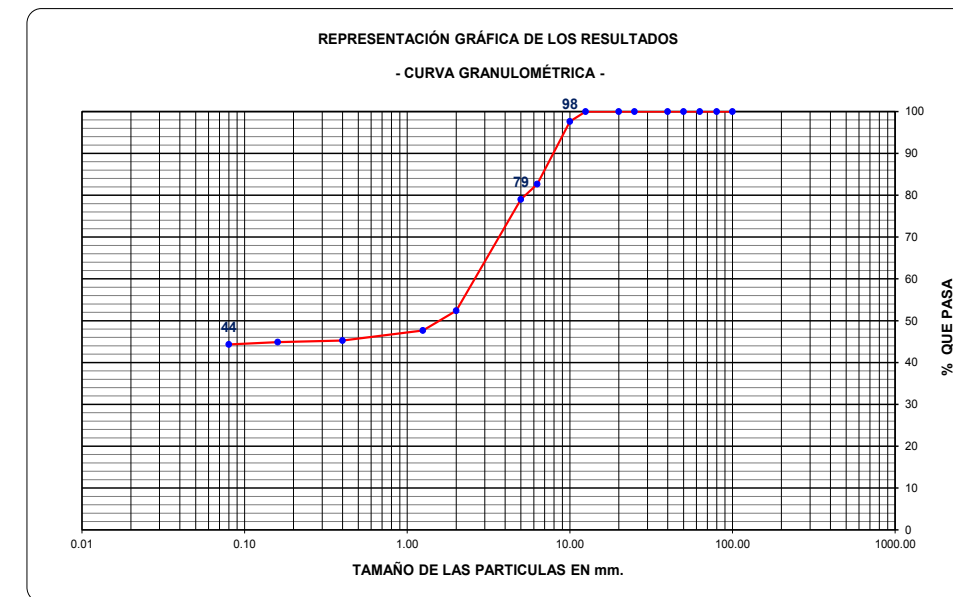
		<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.</b>			
				ALUMNO: RAFAEL BORDES BUIGUES	
		<b>UNE 103-101-95</b>		TRABAJO FINAL DE GRADO: Estabilidad de los taludes de la CV-652 pk 2+000 Moixent (Valencia)	
<b>IMPRESO INTERNO</b>					
<b>TIPO DE MUESTRA:</b>		MARGAS (TAP)		<b>CÓDIGO DE MUESTRA:</b> M-1	
<b>MUESTRA SECA AL AIRE (g)</b>		C	--	--	
<b>MUESTRA SECA (g)</b>		D	[C-(hhv/100)]	<b>287,3</b>	
<b>COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA</b>		<b>S.U.C.S.</b>			
GRAVAS (RETIENE 5 mm)		21,0			
ARENAS (PASA 5 Y RET 0,08 mm)		34,7			
ARCILLAS Y LIMOS (PASA 0,08 mm)		44,3			
<b>HUMEDAD NATURAL</b>					
REF. TARA	R	--	T-3		
TARA	T	--	1789,2		
TARA+SUELO+AGUA	(1)	T+S+A	3514,1		
TARA+SUELO	(2)	T+S	3280,4		
AGUA	A	(1)-(2)	233,7		
SUELO	S	(2)-T	1491,2		
HUMEDAD	h.h.	(A/S)*100	<b>15,7</b>		
<b>TOMA DE DATOS Y CALCULO DE ENSAYO</b>					
TAMICES ASTM	UNE (mm)	g RETENIDO	g PASA	PASA EN MUESTRA TOTAL	OBSERVACIONES
		EN MUESTRA TOTAL (g)		% PASA	
3,5"	100	0,00	287,30	100	
3"	80	0,00	287,30	100	
2,5"	63	0,00	287,30	100	
2"	50	0,00	287,30	100	
1,5"	40	0,00	287,30	100	
1"	25	0,00	287,30	100	
3/4"	20	0,00	287,30	100	
0,5"	12,5	0,00	287,30	100,0	
3/8"	10	6,79	280,51	97,6	Partículas margo-calizas de tonos beige
1/4"	6,3	43,00	237,51	82,7	
Nº 4	5	10,56	226,95	79,0	
Nº10	2	76,44	150,51	52,4	
Nº16	1,25	13,54	136,97	47,7	
Nº40	0,40	6,97	130,00	45,2	
Nº80	0,16	1,00	129,00	44,9	
Nº200	0,08	1,65	127,35	44,3	
OBSERVACIONES: MUESTRA M-1 BASE TALUD PK 1+950 MARGAS (TAP)	FECHA DE ENTRADA DE LA MUESTRA: 01/03/22				
	FECHA Y HORA INICIO DE ENSAYO: 08/03/22				
	FECHA Y HORA FINAL DE ENSAYO: 09/03/22				
Laborante	Técnico Responsable del Ensayo				
Fdo: Rafael Bordes Buigues	Fdo: Carlos Hidalgo Signes				

	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.</b>	
		PETICIONARIO: SANEAMIENTO DE VALENCIA, U.T.E.
	<b>UNE 103-101-95</b>	TRABAJO FINAL DE GRADO: Estabilidad de los taludes de la CV-652 pk 2+000 Moixent (Valencia)

IMPRESO DE ENSAYO [IE - GTC - 02 - 02]

TIPO DE MUESTRA:	MARGAS (TAP)	CÓDIGO DE MUESTRA:	M-1
------------------	--------------	--------------------	-----

OBTENCIÓN Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS



COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA ( Clasificación S.U.C.S. )			
GRAVAS (RETIENE 5 mm)		21,0	%
ARENAS (PASA 5 Y RET 0,08 mm)		34,7	%
ARCILLAS Y LIMOS (PASA 0,08 mm)		44,3	%

OBSERVACIONES: MUESTRA M-1 BASE TALUD PK 1+950 MARGAS (TAP)	FECHA Y HORA INICIO DE ENSAYO: 08/03/2022
	FECHA Y HORA FINAL DE ENSAYO: 09/03/2022
Laborante	Técnico Responsable del Ensayo
Fdo: Rafael Bordes Buigues	Fdo: Carlos Hidalgo Signes

	<b>DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE UN SUELO POR EL MÉTODO DEL APARATO DE CASAGRANDE UNE 103.103/94</b>	
	<b>DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO DE UN SUELO UNE 103.104/93</b>	ALUMNO: RAFAEL BORDES BUIGUES TRABAJO FINAL DE GRADO: Estabilidad de los taludes de la CV-652 pk 2+000 Moixent (Valencia)

IMPRESO DE ENSAYO [IE - GTC - 03 - 02]

TIPO DE MUESTRA:	MARGAS (TAP)	CÓDIGO DE MUESTRA:	M-1
------------------	--------------	--------------------	-----

DATOS INICIALES

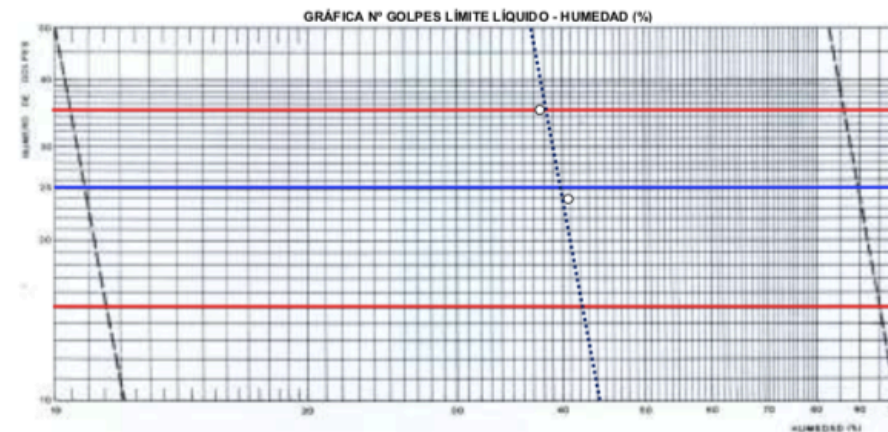
<b>PREPARACIÓN DE LA MUESTRA</b>		<b>CUCHARA CASAGRANDE Nº:</b> 7	
Secado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Al aire <input type="checkbox"/> En estufa < 105° <input type="checkbox"/> Otro	ACANALADOR:	<input checked="" type="checkbox"/> CASAGRANDE <input type="checkbox"/> ASTM <input type="checkbox"/> HOVANYI
Tamiz de selección:	UNE 0,40 mm	<b>CONDICIONES AMBIENTALES LABORATORIO</b>	
Agua de amasado:	Destilada	TEMPERATURA ( % ):	19
Tiempo curado tras amasado:	24h	HUMEDAD RELATIVA ( % ):	65
<small>NOTA: PESADAS CON PRECISIÓN 0,01 g</small>			

LECTURAS Y CÁLCULOS DEL ENSAYO

PUNTO Nº	LÍMITE LÍQUIDO - $w_L$ -			LÍMITE PLÁSTICO - $w_p$ -		
	1	2	3	1	2	3
REF. TARA	R	M	A2	3	2-1	19
TARA	T	14,25	15,09	--	10,10	13,46
TARA+SUELO+AGUA	(1)	T+S+A	21,27	22,06	--	13,95
TARA+SUELO	(2)	T+S	19,35	20,05	--	13,01
AGUA	A	(1)-(2)	1,920	2,010	--	0,94
SUELO	S	(2)-T	5,100	4,960	--	2,91
HUMEDAD	W	(A/S)*100	37,6	40,5	--	32,3
Nº GOLPES	G		35	24	--	VALOR MEDIO ( $w_p$ ):
						30,3

NOTA: NÚMERO DE DETERMINACIONES: 1º) 25 + Golpes + 30 2º) 15 + Golpes + 25

OBTENCIÓN Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS



<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>
$w_L$	$w_p$	IP
39,6	30,3	9,3

OBSERVACIONES: MUESTRA M-1 BASE TALUD PK 1+950	FECHA Y HORA INICIO DE ENSAYO:	08-03-22
MARGAS (TAP)	FECHA Y HORA FINAL DE ENSAYO:	09-03-22
Ensayo realizado por:	Técnico Responsable del Ensayo	
Fdo: Rafael Bordes Buigues	Fdo: Carlos Hidalgo Signes	



ESTABILIZACIÓN DE LA LADERA LOCALIZADA EN EL P.K. 2+000 DE LA CARRETERA CV-652, TÉRMINO MUNICIPAL DE MOIXENT (VALENCIA)



		<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.</b>	
		ALUMNO: RAFAEL BORDES BUIGUES	
UNE 103-101-95		TRABAJO FINAL DE GRADO: Estabilidad de los taludes de la CV-652 pk 2+000 Moixent (Valencia)	

**IMPRESO INTERNO**

TIPO DE MUESTRA:	MARGAS (TAP)	CÓDIGO DE MUESTRA:	M-1
------------------	--------------	--------------------	-----

MUESTRA SECA AL AIRE (g)	C	--	--
MUESTRA SECA (g)	D	[C-(1-hh/100)]	142,2

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA		S.U.C.S.
GRAVAS (RETIENE 5 mm)		0,0
ARENAS (PASA 5 Y RET 0,08 mm)		20,0
ARCILLAS Y LIMOS (PASA 0,08 mm)		80,0

HUMEDAD NATURAL			
REF. TARA	R	--	T-3
TARA	T	--	1789,2
TARA+SUELO+AGUA	(1)	T+S+A	3514,1
TARA+SUELO	(2)	T+S	3280,4
AGUA	A	(1)-(2)	233,7
SUELO	S	(2)-T	1491,2
HUMEDAD	h.h.	(A/S)*100	15,7

**TOMA DE DATOS Y CALCULO DE ENSAYO**

TAMICES ASTM UNE (mm)	g RETENIDO	g PASA	PASAS EN MUESTRA TOTAL		OBSERVACIONES
			EN MUESTRA TOTAL (g)	% PASA	
3,5"	100	0,00	142,20	100	Partículas margo-calizas de tonos beige
3"	80	0,00	142,20	100	
2,5"	63	0,00	142,20	100	
2"	50	0,00	142,20	100	
1,5"	40	0,00	142,20	100	
1"	25	0,00	142,20	100	
3/4"	20	0,00	142,20	100	
0,5"	12,5	0,00	142,20	100,0	
3/8"	10	0,00	142,20	100,0	
1/4"	6,3	0,00	142,20	100,0	
Nº 4	5	0,00	142,20	100,0	
Nº 10	2	0,00	142,20	100,0	
Nº 16	1,25	8,79	133,41	93,8	
Nº 40	0,40	14,86	118,55	83,4	
Nº 80	0,16	3,11	115,44	81,2	
Nº 200	0,08	1,65	113,79	80,0	

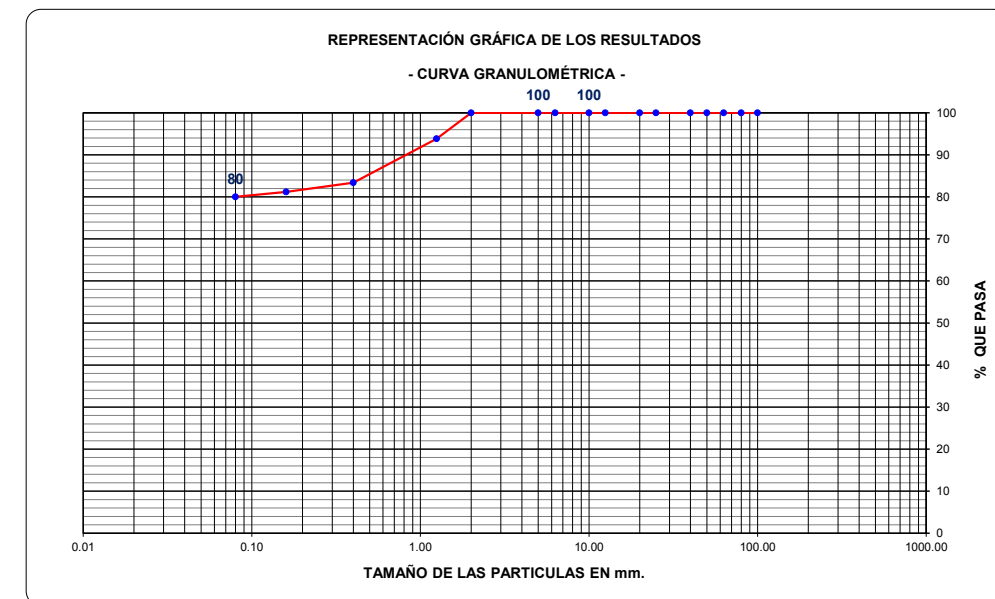
OBSERVACIONES:	MUESTRA M-1 BASE TALUD PK 1+950 MARGAS (TAP) FRACCIÓN PASA TAMIZ UNE 2 mm	FECHA DE ENTRADA DE LA MUESTRA:	01/03/22
		FECHA Y HORA INICIO DE ENSAYO:	08/03/22
		FECHA Y HORA FINAL DE ENSAYO:	09/03/22
Laborante	Técnico Responsable del Ensayo		
Fdo: Rafael Bordes Buigues	Fdo: Carlos Hidalgo Signes		

	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.</b>	
	UNE 103-101-95	PETICIONARIO: SANEAMIENTO DE VALENCIA, U.T.E.
		TRABAJO FINAL DE GRADO: Estabilidad de los taludes de la CV-652 pk 2+000 Moixent (Valencia)

IMPRESO DE ENSAYO [IE - GTC - 02 - 02]

TIPO DE MUESTRA:	MARGAS (TAP)	CÓDIGO DE MUESTRA:	M-1
------------------	--------------	--------------------	-----

OBTENCIÓN Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS





ESTABILIZACIÓN DE LA LADERA LOCALIZADA EN EL P.K. 2+000 DE LA CARRETERA CV-652, TÉRMINO MUNICIPAL DE MOIXENT (VALENCIA)

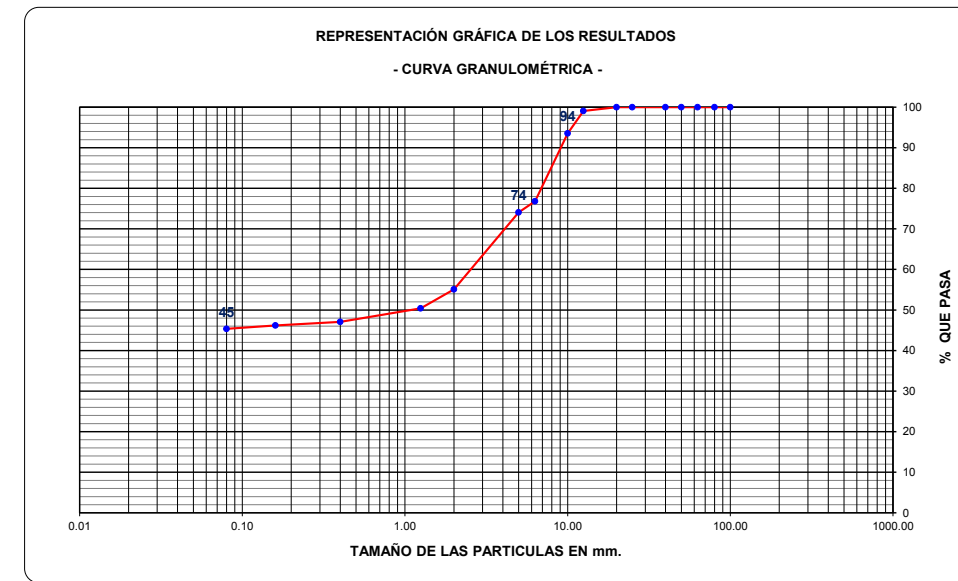


		<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.</b>																																																																																													
		<b>UNE 103-101-95</b>		ALUMNO: RAFAEL BORDES BUIGUES																																																																																											
		<b>IMPRESO INTERNO</b>		TRABAJO FINAL DE GRADO: Estabilidad de los taludes de la CV-652 pk 2+000 Moixent (Valencia)																																																																																											
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> MARGAS (TAP)		<b>CÓDIGO DE MUESTRA:</b> M-2																																																																																													
<b>MUESTRA SECA AL AIRE (g)</b> C --- --		<b>HUMEDAD NATURAL</b>																																																																																													
<b>MUESTRA SECA (g)</b> D [C-(1- $\rho$ h)/100] <b>535,4</b>		<table border="1"> <tr><td>REF. TARA</td><td>R</td><td>---</td><td>T-1</td></tr> <tr><td>TARA</td><td>T</td><td>---</td><td>1704,7</td></tr> <tr><td>TARA+SUELO+AGUA</td><td>(1)</td><td>T+S+A</td><td>3844,5</td></tr> <tr><td>TARA+SUELO</td><td>(2)</td><td>T+S</td><td>3479,3</td></tr> <tr><td>AGUA</td><td>A</td><td>(1)-(2)</td><td>365,2</td></tr> <tr><td>SUELO</td><td>S</td><td>(2)-T</td><td>1774,6</td></tr> <tr><td>HUMEDAD</td><td>h.h.</td><td>(A/S)*100</td><td><b>20,6</b></td></tr> </table>				REF. TARA	R	---	T-1	TARA	T	---	1704,7	TARA+SUELO+AGUA	(1)	T+S+A	3844,5	TARA+SUELO	(2)	T+S	3479,3	AGUA	A	(1)-(2)	365,2	SUELO	S	(2)-T	1774,6	HUMEDAD	h.h.	(A/S)*100	<b>20,6</b>																																																														
REF. TARA	R	---	T-1																																																																																												
TARA	T	---	1704,7																																																																																												
TARA+SUELO+AGUA	(1)	T+S+A	3844,5																																																																																												
TARA+SUELO	(2)	T+S	3479,3																																																																																												
AGUA	A	(1)-(2)	365,2																																																																																												
SUELO	S	(2)-T	1774,6																																																																																												
HUMEDAD	h.h.	(A/S)*100	<b>20,6</b>																																																																																												
<b>COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA</b> S.U.C.S.																																																																																															
GRAVAS (RETIENE 5 mm)		25,9																																																																																													
ARENAS (PASA 5 Y RET 0,08 mm)		28,7																																																																																													
ARCILLAS Y LIMOS (PASA 0,08 mm)		45,4																																																																																													
<b>TOMA DE DATOS Y CALCULO DE ENSAYO</b>																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMICES</th> <th>g RETENIDO</th> <th>g PASA</th> <th>PASA EN MUESTRA TOTAL</th> <th>OBSERVACIONES</th> </tr> <tr> <th>ASTM</th> <th>UNE (mm)</th> <th colspan="2">EN MUESTRA TOTAL (g)</th> <th>% PASA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3.5"</td><td>100</td><td>0,00</td><td>535,40</td><td>100</td></tr> <tr><td>3"</td><td>80</td><td>0,00</td><td>535,40</td><td>100</td></tr> <tr><td>2.5"</td><td>63</td><td>0,00</td><td>535,40</td><td>100</td></tr> <tr><td>2"</td><td>50</td><td>0,00</td><td>535,40</td><td>100</td></tr> <tr><td>1.5"</td><td>40</td><td>0,00</td><td>535,40</td><td>100</td></tr> <tr><td>1"</td><td>25</td><td>0,00</td><td>535,40</td><td>100</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>20</td><td>0,00</td><td>535,40</td><td>100</td></tr> <tr><td>0.5"</td><td>12.5</td><td>4,92</td><td>530,48</td><td>99,1</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>10</td><td>29,75</td><td>500,73</td><td>93,5</td></tr> <tr><td>1/4"</td><td>6.3</td><td>89,57</td><td>411,16</td><td>76,8</td></tr> <tr><td>Nº 4</td><td>5</td><td>14,60</td><td>396,56</td><td>74,1</td></tr> <tr><td>Nº 10</td><td>2</td><td>101,63</td><td>294,93</td><td>55,1</td></tr> <tr><td>Nº 16</td><td>1.25</td><td>25,06</td><td>269,87</td><td>50,4</td></tr> <tr><td>Nº 40</td><td>0.40</td><td>17,88</td><td>251,99</td><td>47,1</td></tr> <tr><td>Nº 80</td><td>0.16</td><td>4,59</td><td>247,40</td><td>46,2</td></tr> <tr><td>Nº 200</td><td>0.08</td><td>4,57</td><td>242,83</td><td>45,4</td></tr> </tbody> </table>		TAMICES	g RETENIDO	g PASA	PASA EN MUESTRA TOTAL	OBSERVACIONES	ASTM	UNE (mm)	EN MUESTRA TOTAL (g)		% PASA	3.5"	100	0,00	535,40	100	3"	80	0,00	535,40	100	2.5"	63	0,00	535,40	100	2"	50	0,00	535,40	100	1.5"	40	0,00	535,40	100	1"	25	0,00	535,40	100	3/4"	20	0,00	535,40	100	0.5"	12.5	4,92	530,48	99,1	3/8"	10	29,75	500,73	93,5	1/4"	6.3	89,57	411,16	76,8	Nº 4	5	14,60	396,56	74,1	Nº 10	2	101,63	294,93	55,1	Nº 16	1.25	25,06	269,87	50,4	Nº 40	0.40	17,88	251,99	47,1	Nº 80	0.16	4,59	247,40	46,2	Nº 200	0.08	4,57	242,83	45,4	Partículas margo-calizas de tonos grises			
TAMICES	g RETENIDO	g PASA	PASA EN MUESTRA TOTAL	OBSERVACIONES																																																																																											
ASTM	UNE (mm)	EN MUESTRA TOTAL (g)		% PASA																																																																																											
3.5"	100	0,00	535,40	100																																																																																											
3"	80	0,00	535,40	100																																																																																											
2.5"	63	0,00	535,40	100																																																																																											
2"	50	0,00	535,40	100																																																																																											
1.5"	40	0,00	535,40	100																																																																																											
1"	25	0,00	535,40	100																																																																																											
3/4"	20	0,00	535,40	100																																																																																											
0.5"	12.5	4,92	530,48	99,1																																																																																											
3/8"	10	29,75	500,73	93,5																																																																																											
1/4"	6.3	89,57	411,16	76,8																																																																																											
Nº 4	5	14,60	396,56	74,1																																																																																											
Nº 10	2	101,63	294,93	55,1																																																																																											
Nº 16	1.25	25,06	269,87	50,4																																																																																											
Nº 40	0.40	17,88	251,99	47,1																																																																																											
Nº 80	0.16	4,59	247,40	46,2																																																																																											
Nº 200	0.08	4,57	242,83	45,4																																																																																											
OBSERVACIONES: MUESTRA M-2 BASE TALUD PK 2+000 MARGAS TAP (ARENA LIMOSA)		FECHA DE ENTRADA DE LA MUESTRA: 01/03/22																																																																																													
		FECHA Y HORA INICIO DE ENSAYO: 08/03/22																																																																																													
		FECHA Y HORA FINAL DE ENSAYO: 09/03/22																																																																																													
Laborante		Técnico Responsable del Ensayo																																																																																													
Fdo: Rafael Bordes Buigues		Fdo: Carlos Hidalgo Signes																																																																																													

		<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.</b>			
		<b>UNE 103-101-95</b>		PETICIONARIO: SANEAMIENTO DE VALENCIA, U.T.E.	
		<b>IMPRESO DE ENSAYO [IE - GTC - 02 - 02]</b>		TRABAJO FINAL DE GRADO: Estabilidad de los taludes de la CV-652 pk 2+000 Moixent (Valencia)	

<b>TIPO DE MUESTRA:</b>	MARGAS (TAP)	<b>CÓDIGO DE MUESTRA:</b>	M-2
-------------------------	--------------	---------------------------	-----

OBTENCIÓN Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS



COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA ( Clasificación S.U.C.S. )			
GRAVAS (RETIENE 5 mm)		25,9	%
ARENAS (PASA 5 Y RET 0,08 mm)		28,7	%
ARCILLAS Y LIMOS (PASA 0,08 mm)		45,4	%

OBSERVACIONES: MUESTRA M-2 BASE TALUD PK 2+000 MARGAS TAP (ARENA LIMOSA)		FECHA Y HORA INICIO DE ENSAYO: 08/03/2022	
		FECHA Y HORA FINAL DE ENSAYO: 09/03/2022	
Laborante		Técnico Responsable del Ensayo	
Fdo: Rafael Bordes Buigues		Fdo: Carlos Hidalgo Signes	

	<b>DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE UN SUELO POR EL MÉTODO DEL APARATO DE CASAGRANDE UNE 103.103/94</b>	
	<b>DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO DE UN SUELO UNE 103.104/93</b>	
ALUMNO: RAFAEL BORDES BUIGUES		TRABAJO FINAL DE GRADO: Estabilidad de los taludes de la CV-652 pk 2+000 Moixent (Valencia)

IMPRESO DE ENSAYO [IE - GTC - 03 - 02]

TIPO DE MUESTRA:	MARGAS (TAP)	CÓDIGO DE MUESTRA:	M-2
------------------	--------------	--------------------	-----

DATOS INICIALES

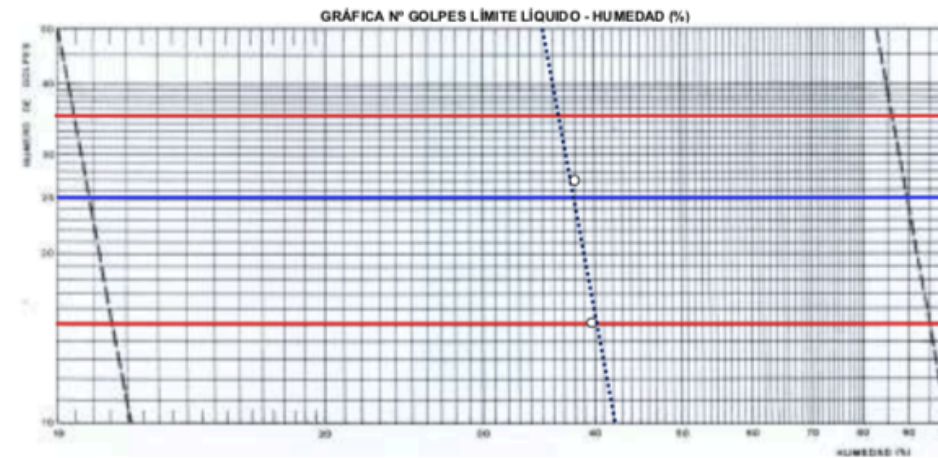
<b>PREPARACIÓN DE LA MUESTRA</b>		<b>CUCHARA CASAGRANDE Nº:</b> 7	
Secado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Al aire <input type="checkbox"/> En estufa < 105° <input type="checkbox"/> Otro	ACANALADOR :	<input checked="" type="checkbox"/> CASAGRANDE <input type="checkbox"/> ASTM <input type="checkbox"/> HOVANYI
Tamiz de selección:	UNE 0,40 mm	<b>CONDICIONES AMBIENTALES LABORATORIO</b>	
Agua de amasado:	Desblada	TEMPERATURA ( % ):	19
Tiempo curado tras amasado:	24h	HUMEDAD RELATIVA ( % ):	65
<small>NOTA: PESADAS CON PRECISIÓN 0,01g</small>			

LECTURAS Y CÁLCULOS DEL ENSAYO

LÍMITE LÍQUIDO - $W_L$ -			LÍMITE PLÁSTICO - $W_p$ -					
PUNTO Nº	R		1	2	3	1	2	3
REF. TARA	R		A	M	3	2-3	16	
TARA	T		10,66	11,65	--	13,36	13,17	
TARA+SUELO+AGUA	(1)	T+S+A	22,90	22,60	--	16,08	17,02	
TARA+SUELO	(2)	T+S	19,42	19,59	--	15,52	16,23	
AGUA	A	(1)-(2)	3,480	3,010	--	0,56	0,79	
SUELO	S	(2)-T	8,760	7,940	--	2,16	3,06	
HUMEDAD	W	(A/S)*100	39,7	37,9	--	25,9	25,8	
Nº GOLPES	G		15	27	--	VALOR MEDIO ( $W_p$ ):		25,9

NOTA: MINIMO DOS DETERMINACIONES: 1º) 25 + Golpes + 35 2º) 15 + Golpes + 25

OBTENCIÓN Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS



LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
$W_L$ 38,0	$W_p$ 25,9	IP 12,1

OBSERVACIONES: MUESTRA M-2 BASE TALUD PK 2+000 MARGAS TAP (ARENA LIMOSA)	FECHA Y HORA INICIO DE ENSAYO: 10-03-22
	FECHA Y HORA FINAL DE ENSAYO: 10-03-22
Ensayo realizado por:	Técnico Responsable del Ensayo
Fdo: Rafael Bordes Buigues	Fdo: Carlos Hidalgo Signes

	<b>DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE UN SUELO. MÉTODO DE LA BALANZA HIDROSTÁTICA</b>	<b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b>
		ALUMNO: RAFAEL BORDES BUIGUES
<b>UNE 103-301/94</b>		TRABAJO FINAL DE GRADO: Estabilidad de los taludes de la CV-652 pk 2+000 Moixent (Valencia)

**IMPRESO DE ENSAYO**

<b>TIPO DE MUESTRA:</b> MARGO-CALIZAS (TAP)	<b>CÓDIGO DE MUESTRA:</b> M-3
---	-------------------------------

**MUESTRA 1: DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL**

DATOS INICIALES

Condiciones de Secado:

Tª ESTUFA	100	°C
TIEMPO DE SECADO	>24	horas

LECTURAS Y CÁLCULOS DEL ENSAYO

REF. TARA		DET 1	DET 2	
		A	B	
TARA CON TAPA	M1	60,7	57,7	g
T + S + A	M2	228,3	172,5	g
T + S	M3	209,8	160,3	g
AGUA	A = M2 - M3	18,50	12,20	g
SUELO	S = M3 - M1	149,1	102,6	g

NOTA: PESADAS EN BALANZA CON PRECISIÓN 0,01 g

OBTENCIÓN Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

HUMEDAD (W%)	(A/S) x 100	12,4	11,9	%
--------------	-------------	------	------	---

W (%) Valor Medio	12,1	%
-------------------	------	---

**MUESTRA 2: DETERMINACIÓN DE DENSIDAD APARENTE Y SECA**

DATOS INICIALES

Condiciones Ambientales del Laboratorio:

TEMPERATURA	20	°C
HUMEDAD RELATIVA	41	%

LECTURAS Y CÁLCULOS DEL ENSAYO

		DET 1	DET 2		
SUELO	M1	229,4	162,7		
SUELO + PARAFINA	M2	233,6	166,5	g	
MASA PARAFINA	M3=M2-M1	4,2	3,8	g	
VOLUMEN PARAFINA	V1= M3/ρ <sub>parafina</sub> (*)	4,9	4,5	cm <sup>3</sup>	
MASA SUMERGIDA (SUELO+PARAFINA)	M4	117,5	83,1	g	
VOLUMEN SUELO	V2=[(M2-M4)/ρ <sub>w</sub> ]-V1	111,2	78,9	cm <sup>3</sup>	

NOTA: PESADAS EN BALANZA CON PRECISIÓN 0,1 g

OBTENCIÓN Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

DENSIDAD APARENTE, ρ (Densidad húmeda)	ρ = M1 / V2	2,06	2,06	g/cm <sup>3</sup>
	ρ Valor Medio	2,06		

DENSIDAD SECA, ρ <sub>d</sub>	ρ <sub>d</sub> = ρ / (1+(W/100))	1,84	1,84	g/cm <sup>3</sup>
	ρ <sub>d</sub> Valor Medio	1,84		

(\*) ρ<sub>parafina</sub> = 0,85 g/cm<sup>3</sup>

OBSERVACIONES: MUESTRA M-3 ZONA BERMA TALUD PK2+000 FRAGMENTOS DE ROCA MARGO-CALIZA	FECHA Y HORA INICIO DE ENSAYO:	08-03-22
	FECHA Y HORA FINAL DE ENSAYO:	09-03-22
Laborante:	Técnico Responsable del Ensayo:	
Fdo: Rafael Bordes Buigues	Fdo: Carlos Hidalgo Signes	



ESTABILIZACIÓN DE LA LADERA LOCALIZADA EN EL P.K. 2+000 DE LA CARRETERA CV-652, TÉRMINO MUNICIPAL DE MOIXENT (VALENCIA)



	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.</b>			
	ALUMNO: RAFAEL BORDES BUIGUES			
	UNE 103-101-95		TRABAJO FINAL DE GRADO: Estabilidad de los taludes de la CV-652 pk 2+000 Moixent (Valencia)	
<b>IMPRESO INTERNO</b>				
TIPO DE MUESTRA: LIMOS ARENOSOS		CÓDIGO DE MUESTRA: M-4		
MUESTRA SECA AL AIRE (g)	C	---	---	
MUESTRA SECA (g)	D	[C-(1-hh/100)]	467,1	
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA		S.U.C.S.		
GRAVAS (RETIENE 5 mm)		0,7		
ARENAS (PASA 5 Y RET 0,08 mm)		48,1		
ARCILLAS Y LIMOS (PASA 0,08 mm)		51,2		
<b>TOMA DE DATOS Y CALCULO DE ENSAYO</b>				
TAMICES	g RETENIDO	g PASA	PASA EN MUESTRA TOTAL	OBSERVACIONES
ASTM UNE (mm)	EN MUESTRA TOTAL (g)		% PASA	
3.5"	100	0,00	467,10	100
3"	80	0,00	467,10	100
2.5"	63	0,00	467,10	100
2"	50	0,00	467,10	100
1.5"	40	0,00	467,10	100
1"	25	0,00	467,10	100
3/4"	20	0,00	467,10	100
0.5"	12.5	0,00	467,10	100,0
3/8"	10	0,00	467,10	100,0
1/4"	6.3	2,52	464,58	99,5 Partículas margo-calizas de tonos grises
Nº 4	5	0,80	463,78	99,3
Nº 10	2	3,47	460,31	98,5
Nº 16	1.25	2,47	457,84	98,0
Nº 40	0,40	18,57	439,27	94,0
Nº 80	0,16	116,19	323,08	69,2
Nº 200	0,08	83,84	239,24	51,2

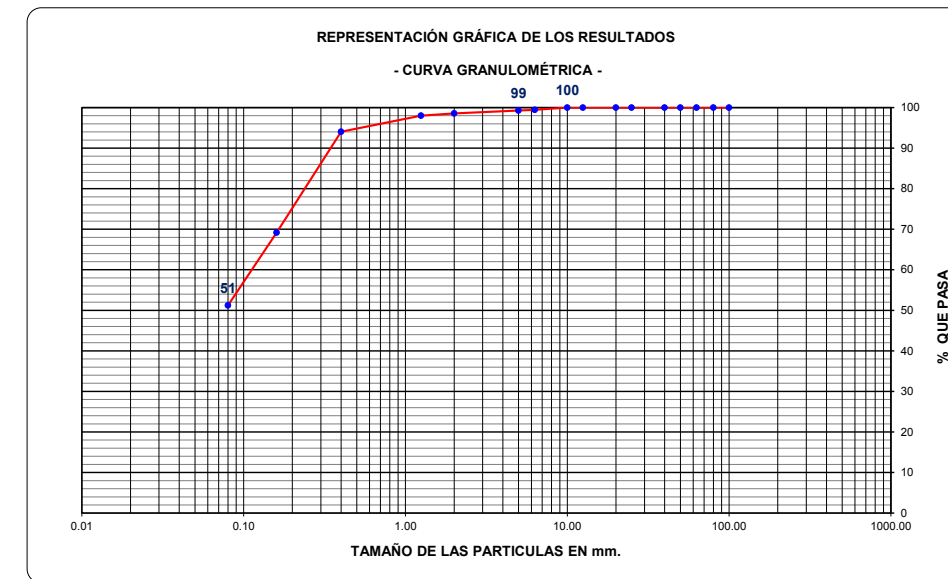
OBSERVACIONES: MUESTRA M-4 BASE TALUD PK 1+950 (COB. VEG.) ARENAS LIMOSAS	FECHA DE ENTRADA DE LA MUESTRA:	01/03/22
	FECHA Y HORA INICIO DE ENSAYO:	08/03/22
	FECHA Y HORA FINAL DE ENSAYO:	10/03/22
Laborante	Técnico Responsable del Ensayo	
Fdo: Rafael Bordes Buigues	Fdo: Carlos Hidalgo Signes	

	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.</b>	
	UNE 103-101-95	PETICIONARIO: SANEAMIENTO DE VALENCIA, U.T.E.
		TRABAJO FINAL DE GRADO: Estabilidad de los taludes de la CV-652 pk 2+000 Moixent (Valencia)

IMPRESO DE ENSAYO [IE - GTC - 02 - 02]

TIPO DE MUESTRA:	LIMOS ARENOSOS	CÓDIGO DE MUESTRA:	M-4
------------------	----------------	--------------------	-----

OBTENCIÓN Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS



COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA ( Clasificación S.U.C.S. )		
GRAVAS (RETIENE 5 mm)		0,7 %
ARENAS (PASA 5 Y RET 0,08 mm)		48,1 %
ARCILLAS Y LIMOS (PASA 0,08 mm)		51,2 %

OBSERVACIONES: MUESTRA M-4 BASE TALUD PK 1+950 (COB. VEG.) ARENAS LIMOSAS	FECHA Y HORA INICIO DE ENSAYO:	08/03/2022
	FECHA Y HORA FINAL DE ENSAYO:	10/03/2022
Laborante	Técnico Responsable del Ensayo	
Fdo: Rafael Bordes Buigues	Fdo: Carlos Hidalgo Signes	



	<b>DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE UN SUELO POR EL MÉTODO DEL APARATO DE CASAGRANDE UNE 103.103/94</b>	
	<b>DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO DE UN SUELO UNE 103.104/93</b>	
ALUMNO: RAFAEL BORDES BUGUES		TRABAJO FINAL DE GRADO: Estabilidad de los taludes de la CV-652 pk 2+000 Moixent (Valencia)

IMPRESO DE ENSAYO [IE - GTC - 03 - 02]

TIPO DE MUESTRA:	LIMOS ARENOSOS	CÓDIGO DE MUESTRA:	M-4
------------------	----------------	--------------------	-----

DATOS INICIALES

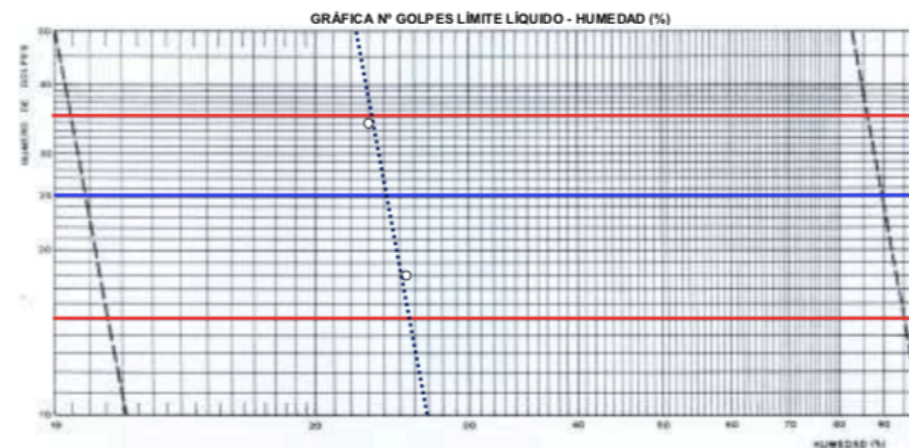
<b>PREPARACIÓN DE LA MUESTRA</b>		<b>CUCHARA CASAGRANDE Nº:</b> 7	
Secado de la muestra:	<input checked="" type="checkbox"/> Al aire <input type="checkbox"/> En estufa < 105° <input type="checkbox"/> Otro	ACANALADOR:	<input checked="" type="checkbox"/> CASAGRANDE <input type="checkbox"/> ASTM <input type="checkbox"/> HOVANYI
Tamiz de selección:	UNE 0,40 mm	<b>CONDICIONES AMBIENTALES LABORATORIO</b>	
Agua de amasado:	Destilada	TEMPERATURA ( % ):	19
Tiempo curado tras amasado:	24h	HUMEDAD RELATIVA ( % ):	65
<small>NOTA: PESADAS CON PRECISIÓN 0,01g</small>			

LECTURAS Y CÁLCULOS DEL ENSAYO

LÍMITE LÍQUIDO - $w_L$ -			LÍMITE PLÁSTICO - $w_p$ -				
PUNTO Nº		1	2	3	1	2	3
REF. TARA	R	11	9	3	3	T	
TARA	T	12,79	12,84	-	13,07	9,47	
TARA+SUELO+AGUA	(1) T+S+A	22,80	24,69	-	15,71	16,75	
TARA+SUELO	(2) T+S	20,93	22,28	-	15,25	15,57	
AGUA	A (1)-(2)	1,870	2,410	-	0,46	1,18	
SUELO	S (2)-T	8,140	9,440	-	2,18	6,10	
HUMEDAD	W (AS)*100	23,0	25,5	-	21,1	19,3	
Nº GOLPES	G	34	18	-	VALOR MEDIO ( $w_p$ ):		20,2

NOTA: MÍNIMO DOS DETERMINACIONES 1º 25+ Golpes= 25 2º 15+ Golpes= 25

OBTENCIÓN Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS



LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
$w_L$ 24,1	$w_p$ 20,2	IP 3,9

OBSERVACIONES: MUESTRA M-4 BASE TALUD PK 1+950 (COBERTURA VEGETA)	FECHA Y HORA INICIO DE ENSAYO:	10-03-22
LIMOS ARENOSOS	FECHA Y HORA FINAL DE ENSAYO:	10-03-22
Ensayo realizado por:	Técnico Responsable del Ensayo	
Fdo: Rafael Bordes Bugues	Fdo: Carlos Hidalgo Signes	



**ANEJO 5: VALORACIÓN DE LAS OBRAS**

## 1. MEDICIONES DEL PROYECTO

### Presupuesto parcial nº 1 DESBROCE

Nº	Ud	Descripción					Medición	
1.1	M2	Desbroce y limpieza superficial del terreno por medios manuales, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Talud Completo	1	40,000	23,000		920,000	
							920,000	920,000
		<b>Total m2 .....</b>					<b>920,000</b>	

### Presupuesto parcial nº 2 EXCAVACIÓN

Nº	Ud	Descripción					Medición	
2.1	M3	Excavación a cielo abierto, en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Cuneta del Pie del Talud	1	40,000	1,600	0,200	12,800	
		Cuneta de la Berma Intermedia	1	40,000	3,000	0,200	24,000	
		Cuneta de guarda	1	40,000	1,500	0,200	12,000	
							48,800	48,800
		<b>Total m3 .....</b>					<b>48,800</b>	

### 2.2 M2 Explanación, refino y nivelación de terrenos, por medios manuales, en terrenos limpiados superficialmente con máquinas, con p.p. de medios auxiliares.

Nº	Ud	Descripción					Medición	
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Cuneta del Pie del Talud	1	40,000	1,600		64,000	
		Cuneta de la Berma Intermedia	1	40,000	3,000		120,000	
		Cuneta de Guarda	1	40,000	1,500		60,000	
		Explanación superior	1	20,000	3,000		60,000	
							304,000	304,000
		<b>Total m2 .....</b>					<b>304,000</b>	

### Presupuesto parcial nº 3 GEOMALLA DE COCO

Nº	Ud	Descripción					Medición	
3.1	M2	Soporte y cubrición del terreno con red orgánica de coco tejida de 750 g/m2, con un solape del 5%, biodegradable en 7-10 años, adecuado para taludes de gran pendiente, presentado en rollos y anclado al terreno mediante piquetas metálicas, incluso apertura de zanja de 15x15 cm. para anclaje en coronación de talud.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Zona Inferior [330]					330,000	
		Zona Superior [590]					590,000	
							920,000	920,000
		<b>Total m2 .....</b>					<b>920,000</b>	

### Presupuesto parcial nº 4 MALLA TRIPLE TORSIÓN

Nº	Ud	Descripción					Medición	
4.1	M2	Malla galvanizada de triple torsión de 50x70 mm., y 2 mm. de diámetro para protección de taludes, totalmente colocada y anclada, incluso limpieza y retirada del material suelto del talud.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Zona Inferior [330]					330,000	
		Zona Superior [590]					590,000	
							920,000	920,000
		<b>Total m2 .....</b>					<b>920,000</b>	

### Presupuesto parcial nº 5 CABLE DE ACERO

Nº	Ud	Descripción					Medición	
5.1	M	Cable de acero de 8mm de diámetro, para sujeción de enrejado metálico.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Zona Inferior [330*15.304]					5.050,320	
		Zona Superior [590*15.304]					9.029,360	
							14.079,680	14.079,680
		<b>Total m .....</b>					<b>14.079,680</b>	

### Presupuesto parcial nº 6 BULONES

Nº	Ud	Descripción					Medición	
6.1	Ud	Bulón de 25 mm. de diámetro de acero B-500-S para 20 t. y longitud de 10 m., incluso instalación del equipo, perforación, cabeza de anclaje, tesado, inyección de lechada y bulbo de resina sintética.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Zona Superior	180				180,000	
							180,000	180,000
		<b>Total ud .....</b>					<b>180,000</b>	
6.2	Ud	Bulones de 25 mm. de diámetro de acero B-500-S para 20 t. y longitud de 15 m., incluso instalación del equipo, perforación, cabeza de anclaje, tesado, inyección de lechada y bulbo de resina sintética.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Zona Inferior	93				93,000	
							93,000	93,000
		<b>Total ud .....</b>					<b>93,000</b>	

**Presupuesto parcial nº 7 CUNETAS**

Nº	Ud	Descripción					Medición	
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
7.1	M3	Mortero de cemento blanco BL-II 42,5 R y arena de río de dosificación 1/3 confeccionado con hormigonera de 250 l, s/RC-97.						
		Cuneta del Pie del Talud [0.485*40]					19,400	
		Cuneta Berma Intermedia [0.84*40]					33,600	
		Cuneta de Guarda [0.465*40]					18,600	
		Explanación Superior [1/2*3*0.1*20]					3,000	
							74,600	74,600
		<b>Total m3 .....</b>						<b>74,600</b>

7.2	M2	Piedra natural de entre 3 y 5 cm de espesor, colocada dispersamente sobre superficie de mortero, para suelo.						
		Cuneta del pie del Talud	1	40,000	1,600		64,000	
		Cuneta de la Berma Intermedia	1	40,000	3,000		120,000	
		Cuneta de Guarda	1	40,000	1,500		60,000	
		Explanación superior	1	20,000	3,000		60,000	
							304,000	304,000
		<b>Total m2 .....</b>						<b>304,000</b>

**Presupuesto parcial nº 8 RESTAURACIÓN DEL PAISAJE**

Nº	Ud	Descripción					Medición	
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
8.1	M3	Suministro, extendido de tierra vegetal arenosa, limpia y cribada con medios mecánicos, suministrada a granel.						
		Zona Acopio	1	10,000	6,000	0,150	9,000	
		Zona Superior Talud	1	20,000	2,000	0,150	6,000	
							15,000	15,000
		<b>Total m3 .....</b>						<b>15,000</b>

8.2	M2	Siembra manual de especies autóctonas en terrenos de pendiente inferior al 100 %, efectuándose una pasada. Sin incluir el precio de la semilla.						
		Zona Acopio	1	10,000	6,000		60,000	
		Zona Superior Talud	1	20,000	2,000		40,000	
							100,000	100,000
		<b>Total m2 .....</b>						<b>100,000</b>

2. PRECIOS DE LAS UNIDADES DE OBRA

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1	m3 Mortero de cemento blanco BL-II 42,5 R y arena de río de dosificación 1/3 confeccionado con hormigonera de 250 l., s/RC-97.	119,02	CIENTO DIECINUEVE EUROS CON DOS CÉNTIMOS
2	m2 Piedra natural de entre 3 y 5 cm de espesor, colocada dispersamente sobre superficie de mortero, para suelo.	9,73	NUEVE EUROS CON SETENTA Y TRES CÉNTIMOS
3	m2 Malla galvanizada de triple torsión de 50x70 mm., y 2 mm. de diámetro para protección de taludes, totalmente colocada y anclada, incluso limpieza y retirada del material suelto del talud.	34,65	TREINTA Y CUATRO EUROS CON SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS
4	ud Bulón de 25 mm. de diámetro de acero B-500-S para 20 t. y longitud de 10 m., incluso instalación del equipo, perforación, cabeza de anclaje, tesado, inyección de lechada y bulbo de resina sintética.	148,77	CIENTO CUARENTA Y OCHO EUROS CON SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS
5	ud Bulones de 25 mm. de diámetro de acero B-500-S para 20 t. y longitud de 15 m., incluso instalación del equipo, perforación, cabeza de anclaje, tesado, inyección de lechada y bulbo de resina sintética.	223,07	DOSCIENTOS VEINTITRES EUROS CON SIETE CÉNTIMOS
6	m2 Desbroce y limpieza superficial del terreno por medios manuales, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.	2,37	DOS EUROS CON TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS
7	m3 Excavación a cielo abierto, en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.	2,30	DOS EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS
8	m2 Explanación, refino y nivelación de terrenos, por medios manuales, en terrenos limpiados superficialmente con máquinas, con p.p. de medios auxiliares.	2,11	DOS EUROS CON ONCE CÉNTIMOS
9	m2 Soporte y cubrición del terreno con red orgánica de coco tejida de 750 g/m2, con un solape del 5%, biodegradable en 7-10 años, adecuado para taludes de gran pendiente, presentado en rollos y anclado al terreno mediante piquetas metálicas, incluso apertura de zanja de 15x15 cm. para anclaje en coronación de talud.	4,30	CUATRO EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
10	m2 Siembra manual de especies autóctonas en terrenos de pendiente inferior al 100 %, efectuándose una pasada. Sin incluir el precio de la semilla.	3,61	TRES EUROS CON SESENTA Y UN CÉNTIMOS
11	m3 Suministro, extendido de tierra vegetal arenosa, limpia y cribada con medios mecánicos, suministrada a granel.	14,94	CATORCE EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
12	m Cable de acero de 8mm de diámetro, para sujeción de enrejado metálico.	1,95	UN EURO CON NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS

### 3. VALORACIÓN

#### Presupuesto parcial nº 1 DESBROCE

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
1.1	E02EAA010	m2	Desbroce y limpieza superficial del terreno por medios manuales, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.	920,000	2,37	2.180,40
<b>Total presupuesto parcial nº 1 DESBROCE :</b>						<b>2.180,40</b>

#### Presupuesto parcial nº 2 EXCAVACIÓN

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
2.1	E02EDM030	m3	Excavación a cielo abierto, en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.	48,800	2,30	112,24
2.2	E02ERW010	m2	Explanación, refino y nivelación de terrenos, por medios manuales, en terrenos limpiados superficialmente con máquinas, con p.p. de medios auxiliares.	304,000	2,11	641,44
<b>Total presupuesto parcial nº 2 EXCAVACIÓN :</b>						<b>753,68</b>

#### Presupuesto parcial nº 3 GEOMALLA DE COCO

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
3.1	E35CEP030	m2	Soporte y cubrición del terreno con red orgánica de coco tejida de 750 g/m2, con un solape del 5%, biodegradable en 7-10 años, adecuado para taludes de gran pendiente, presentado en rollos y anclado al terreno mediante piquetas metálicas, incluso apertura de zanja de 15x15 cm. para anclaje en coronación de talud.	920,000	4,30	3.956,00
<b>Total presupuesto parcial nº 3 GEOMALLA DE COCO :</b>						<b>3.956,00</b>

#### Presupuesto parcial nº 4 MALLA TRIPLE TORSIÓN

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
4.1	E02CAS060	m2	Malla galvanizada de triple torsión de 50x70 mm., y 2 mm. de diámetro para protección de taludes, totalmente colocada y anclada, incluso limpieza y retirada del material suelto del talud.	920,000	34,65	31.878,00
<b>Total presupuesto parcial nº 4 MALLA TRIPLE TORSIÓN :</b>						<b>31.878,00</b>

#### Presupuesto parcial nº 5 CABLE DE ACERO

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
5.1	ES02CAS061	m	Cable de acero de 8mm de diámetro, para sujeción de enrejado metálico.	14.079,680	1,95	27.455,38
<b>Total presupuesto parcial nº 5 CABLE DE ACERO :</b>						<b>27.455,38</b>

#### Presupuesto parcial nº 6 BULONES

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
6.1	E02CUS070	ud	Bulón de 25 mm. de diámetro de acero B-500-S para 20 t. y longitud de 10 m., incluso instalación del equipo, perforación, cabeza de anclaje, tesado, inyección de lechada y bulbo de resina sintética.	180,000	148,77	26.778,60
6.2	E02CUS080	ud	Bulones de 25 mm. de diámetro de acero B-500-S para 20 t. y longitud de 15 m., incluso instalación del equipo, perforación, cabeza de anclaje, tesado, inyección de lechada y bulbo de resina sintética.	93,000	223,07	20.745,51
<b>Total presupuesto parcial nº 6 BULONES :</b>						<b>47.524,11</b>

**Presupuesto parcial nº 7 CUNETAS**

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
7.1	A01MB020	m3	Mortero de cemento blanco BL-II 42,5 R y arena de río de dosificación 1/3 confeccionado con hormigonera de 250 l., s/RC-97.	74,600	119,02	8.878,89
7.2	A01MB021	m2	Piedra natural de entre 3 y 5 cm de espesor, colocada dispersamente sobre superficie de mortero, para suelo.	304,000	9,73	2.957,92
<b>Total presupuesto parcial nº 7 CUNETAS :</b>						<b>11.836,81</b>

**Presupuesto parcial nº 8 RESTAURACIÓN DEL PAISAJE**

Núm.	Código	Ud	Denominación	Cantidad	Precio (€)	Total (€)
8.1	E36AM040	m3	Suministro, extendido de tierra vegetal arenosa, limpia y cribada con medios mecánicos, suministrada a granel.	15,000	14,94	224,10
8.2	E35VST010	m2	Siembra manual de especies autóctonas en terrenos de pendiente inferior al 100 %, efectuándose una pasada. Sin incluir el precio de la semilla.	100,000	3,61	361,00
<b>Total presupuesto parcial nº 8 RESTAURACIÓN DEL PAISAJE :</b>						<b>585,10</b>



#### 4. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

Capítulo	Importe (€)
1 DESBROCE .....	2.180,40
2 EXCAVACIÓN .....	753,68
3 GEOMALLA DE COCO .....	3.956,00
4 MALLA TRIPLE TORSIÓN .....	31.878,00
5 CABLE DE ACERO .....	27.455,38
6 BULONES .....	47.524,11
7 CUNETAS .....	11.836,81
8 RESTAURACIÓN DEL PAISAJE .....	585,10
<b>Presupuesto de ejecución material (PEM)</b>	<b>126.169,48</b>
13% de gastos generales	16.402,03
6% de beneficio industrial	7.570,17
<b>Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)</b>	<b>150.141,68</b>

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CIENTO CINCUENTA MIL CIENTO CUARENTA Y UN EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS.