



PROVISIONAL

Gipuzkoako Ur Kontsortzioa
Gipuzkoako Urak

INFORME GEOTÉCNICO

ESTABILIZACIÓN DE UN DESMONTE SITUADO EN ESTRIBO IZQUIERDO DE LA PRESA DE BARRENDIOLA - LEGAZPI -



T-210106 – Febrero 2021



Parque Empresarial ZUATZU • Zubiberri Bidea nº 29
Edificio Ondarreta, Planta 2ª • Local 5
20018 Donostia • San Sebastián
Tfno.: 943 31 04 71 • Fax: 943 31 04 73
E-mail: ikerlur@ikerlur.com





PROVISIONAL

INFORME GEOTÉCNICO

ESTABILIZACIÓN DE UN DESMONTE SITUADO EN ESTRIBO IZQUIERDO DE LA PRESA DE BARRENDIOLA - LEGAZPI -

T-210106

Febrero 2021

ÍNDICE

1.- LOCALIZACIÓN, OBJETIVOS Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS .	1
2.- CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	4
2.1.- MACIZO ROCOSO	4
2.2.- CONDICIONES HIDROLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS.....	5
2.3.- INESTABILIDADES	6
3.- ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD.....	7
4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE ESTABILIZACIÓN.....	10
4.1.- CONCLUSIONES	11
4.2.- RECOMENDACIONES DE ESTABILIZACIÓN	11
4.2.1.- Estabilización mediante sistema flexible	11
4.2.2.- Estabilización mediante gunitado.....	12
4.2.3.- Estabilización mediante barreras dinámicas.....	12
4.3.- CONFIRMACIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO EN FASE DE OBRA ..	12

FIGURAS

Figura 1.- Plano de Situación. E= 1/25.000

Figura 2.- Planta Geotécnica General. E= 1/250

REPORTAJE FOTOGRÁFICO**APÉNDICES**

- A-1.- Escala de meteorización de la roca
- A-2.- Registro de caracteres geomecánicos del macizo rocoso
- A-3.- Clave de descripción y Clasificación de suelos
- A-4.- Cálculos

1.- LOCALIZACIÓN, OBJETIVOS Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

En el presente Informe, se exponen las conclusiones y recomendaciones relativas al Estudio Geotécnico efectuado en la ladera junto al estribo izquierdo de la presa de Barrendiola, en Legazpi, donde recientemente se ha producido un desprendimiento.

El día 18 de enero de 2021 se produjo un desprendimiento de suelos y rocas en dicha ladera, afectando al camino de servicio de la presa en un tramo de unos 30,00 m.

A petición de los Servicio Técnicos del Consorcio de Aguas de Gipuzkoa, se realizó una visita de carácter geotécnico sobre las 18:00 h del día 19, por un Ingeniero de Caminos de IKERLUR especialista en geotecnia, para comprobar la estabilidad a corto plazo de la ladera.

En estas circunstancias actuales, los Servicios Técnicos del Consorcio de Aguas de Gipuzkoa desean que se analicen las condiciones de estabilidad del talud aportándose, si fueran necesarias, diversas alternativas de estabilización del mismo.

El presente Estudio se ha realizado por encargo del CONSORCIO DE AGUAS DE GIPUZKOA, tras la aprobación de la oferta de IKERLUR SL O-210120 fechada el 25 de enero de 2021.

El objeto de este Estudio es describir las características geológicas y geotécnicas de la ladera, conocer las condiciones de estabilidad que presenta actualmente y proponer, en su caso, las medidas de estabilización necesarias que permitan obtener un factor de seguridad suficiente a largo plazo, garantizando la seguridad de la presa.

Los Servicios Técnicos del Consorcio de Aguas de Gipuzkoa desean también que, una vez elegida la alternativa de estabilización que se considere más idónea para la ladera, actualmente en condiciones de estabilidad muy estrictas, se desarrolle un Proyecto de Construcción para llevar a cabo las obras necesarias para su ejecución.

El área investigada se indica en el Plano de situación de la Figura 1, a escala 1/25.000, y con más detalle en la Planta Geotécnica General, a escala 1/250 (Figura 2), donde se muestra la situación de la parcela.

En el Reportaje Fotográfico que acompaña este Informe, se adjunta una vista aérea de la zona investigada, así como diferentes fotografías panorámicas que reflejan el estado actual de la zona.

El Informe se ha elaborado conforme a la metodología que a continuación se describe, habiéndose completando las siguientes etapas:

A- Consulta de la bibliografía geológica de la zona

Se han recopilado aquellos datos geológicos, geotécnicos e hidrogeológicos de interés preexistentes (Mapa Geológico del Ente Vasco de la Energía –EVE– a escala 1/25 000, Hojas 88-IV– Beasain–).

B- Cartografía geológico-geotécnica

Reconocimiento de la superficie de la parcela y realización de un levantamiento geológico-geotécnico sobre topografía a escala 1/250 facilitada por el cliente, realizado por un Geólogo de IKERLUR con amplia experiencia.

La topografía se ha completado con la toma de numerosos datos estructurales del macizo rocoso, recogidos tanto en la zona del desprendimiento como en el resto de la ladera.

En esta Planta Geotécnica (Figura 2) se indica la litología existente en el talud, así como los puntos de obtención de datos estructurales en el macizo rocoso aflorante y la orientación de las principales familias de discontinuidades observadas (estratificación y juntas o diaclasas). También se indica la zona afectada por el desprendimiento.

C- Figuras

Los datos de campo obtenidos sirvieron para completar la Planta Geotécnica General a escala 1/250 (Figura 2).

D- Cálculos y conclusiones

En fase de gabinete, tras el análisis de los datos de campo y los cálculos de estabilidad efectuados, se redactaron las conclusiones y recomendaciones del Estudio Geotécnico que, junto a los planos, diagramas y registros, conforman el presente Informe.

A continuación, en el Apartado 2 se describen las características del terreno en la parcela, en el A-3 se analizan las condiciones de estabilidad, redactándose las conclusiones y recomendaciones del Informe en el Apartado 4.

Se completa el Informe con las Figuras indicadas anteriormente, con el Reportaje fotográfico de la zona investigada y finalmente, con una serie de apéndices que incluyen: en A-1, la “Escala de meteorización de la roca”; en A-2, el registro de los caracteres geomecánicos del macizo rocoso; en A-3, una “Clave de descripción de suelos” y una tabla con el “Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS –” y por último, en A-4, los cálculos efectuados.

2.- CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

La ladera investigada está afectada por una serie de desprendimientos, que se sitúan junto al estribo izquierdo de la presa de Barrendiola.

La ladera presenta una dirección aproximada Suroeste-Noreste y está orientada hacia el Sureste. La zona estudiada tiene una longitud de unos 85,00 m y una altura que varía entre los 22,00 m y los 15,00 m, aproximadamente.

En la Figura 1, a escala 1/25 000 puede verse un Plano de situación de la zona y más detalladamente, en la Planta Geotécnica General a escala 1/250 de la Figura 2, donde se detallan los elementos que se citan a continuación. También, en el REPORTAJE FOTOGRÁFICO se incluye una fotografía aérea del estado de la zona (año 2019), así como unas vistas obtenidas durante la fase de investigación.

A continuación, se describen, en diferentes subapartados, las características de los distintos materiales presentes en la ladera, así como las condiciones hidrológicas de la misma.

2.1.- MACIZO ROCOSO

El sustrato rocoso presente en el subsuelo de la parcela investigada es de edad Cretácico Inferior-Superior (Albiense-Cenomaniense) y está constituido por una alternancia de limolitas y areniscas de color gris y marrón ocre, dispuestas en estratos de espesor centimétrico a métrico.

La roca se presenta moderadamente meteorizada en los afloramientos junto a los desprendimientos (Grado III de la escala de meteorización de la roca que se adjunta en el Apéndice A-1), presentándose sana (Grado II) en el resto de afloramientos.

La calidad del macizo rocoso en general es buena, con RQD superiores al 60 70%, donde el grado de alteración es muy bajo.

Durante el reconocimiento superficial realizado en la zona, se han obtenido diversos datos estructurales de la roca a lo largo de la ladera. Estos datos se incluyen en el registro de caracteres geomecánicos del macizo rocoso, que se presenta en el Apéndice A-2. La situación de los puntos de toma de datos estructurales se indica en la Figura 2.

El análisis de los datos recopilados permite determinar que el macizo rocoso está condicionado estructuralmente por la presencia de una estratificación, orientada según la siguiente dirección de buzamiento y buzamiento medios: $E = 260^{\circ}/47^{\circ}$.

Además, el macizo rocoso se encuentra afectado por cuatro familias principales de juntas o diaclasas, orientadas según: J-1 = $101^{\circ}/51^{\circ}$, J-2 = $155^{\circ}/84^{\circ}$, J-3 = $176^{\circ}/39^{\circ}$ y J-4 = $333^{\circ}/57^{\circ}$.

Durante el reconocimiento geológico efectuado en la ladera, se ha observado la presencia tanto de derrubios, como de un repliegue del macizo rocoso en la misma.

Estas acumulaciones de derrubios se encuentran a lo largo de la ladera, tal y como se puede observar en la Figura 2. Su tamaño es considerable y es muy probable que se hayan producido tras la ejecución del estribo izquierdo de la presa.

El repliegue del macizo rocoso se ubica en la parte Oeste de la ladera, junto a un curso de agua estacional, donde se aprecia como el buzamiento de la estratificación varía su dirección desde el Suroeste hacia el Oeste.

2.2.- CONDICIONES HIDROLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS

En la ladera investigada existe un curso de agua estacional, el cual se sitúa al Suroeste de la zona. Este curso alcanza la ladera desde cotas superiores, atravesando la misma hasta alcanzar la presa.

También es destacable la escorrentía superficial ocasionada en periodos de lluvias, la cual favorece los desprendimientos de derrubios mencionados previamente.

2.3.- INESTABILIDADES

La ladera investigada está afectada por varios desprendimientos que se sitúan a lo largo de la misma, siendo el más reciente de ellos el que se ubica en la zona Este de la ladera.

Se trata de un desprendimiento generado, principalmente, por las diferentes intersecciones de la estratificación y las juntas, en concreto con la junta J-3.

También se debe destacar el aumento de precipitaciones a principios de año, lo que sin duda favorece los desprendimientos en laderas de este tipo.

En el Apartado 3 de análisis de estabilidad de esta ladera, se examinan las condiciones de estabilidad de dicha inestabilidad.

3.- ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD

Dado que la ladera se caracteriza por presentarse el macizo rocoso bajo un ligero recubrimiento de suelos y a la vista de la caída observada, se ha analizado la estabilidad desde el punto de vista estructural del macizo rocoso.

En el análisis de estabilidad estructural del talud que se adjunta en el Apéndice A-4, se ha seguido el proceso que se indica a continuación:

- 1) De acuerdo con los datos estructurales obtenidos en los afloramientos del propio talud, se ha identificado el esquema estructural del macizo rocoso.
- 2) Se ha confeccionado un diagrama polar con los datos de fracturación (estratificación y juntas) medidos en los afloramientos. A partir de estos diagramas, se han identificado las familias que constituyen el sistema de fracturación del macizo rocoso y se han obtenido sus polos medios.
- 3) Una vez identificado el esquema estructural, se ha procedido a analizar mediante la proyección estereográfica, la relación que existe entre los planos correspondientes a los polos medios de las diferentes familias y el plano del talud existente.

Para analizar las condiciones de estabilidad estructural según el proceso de cálculo descrito, se ha seguido la sistemática propuesta por Dr. K. W. John y el método de cálculo de Hoek&Bray, adaptados según los programas informáticos DIPS v5.1, ROCPACK v3.0 y SWEDGE v5.0, desarrollados por Rocscience.

El método de cálculo seguido permite conocer si un bloque rígido delimitado por varias discontinuidades geológicas y con unas propiedades resistentes definidas a lo largo de los planos de discontinuidad, es o no estable para un talud determinado.

El método es válido para desmontes en formaciones de rocas duras en estado sano y para profundidades de desmonte convencionales, donde puede descartarse la posibilidad de roturas a través del propio material.

La metodología seguida en el estudio es muy útil, pues da una idea clara de la estructura del macizo rocoso respecto del talud y permite valorar, de forma rápida y sencilla, los distintos factores que intervienen en su estabilidad.

A partir de dichos cálculos se deduce, tal y como se ha mencionado previamente, que existe una inestabilidad originada por la intersección entre la junta J-3 y el resto de juntas, además de con la estratificación, pudiéndose generar caídas de cuñas inestables que deslizan a favor de dichas intersecciones.

Resulta muy difícil determinar con precisión, incluso si se disponen de ensayos de laboratorio, la resistencia al corte, la fricción y la cohesión de los planos de discontinuidad que afectan a la roca. Así, por ejemplo, el valor de la resistencia al corte depende de la rugosidad del plano, material de relleno, agua meteorización, etc.

En el tipo de estabilización que nos ocupa, en el que cualquier caída podría ocasionar serios daños humanos y materiales, es práctica habitual exigir un coeficiente de seguridad frente al deslizamiento de $F.S. = 1,50$.

En consecuencia, se han realizado una serie de cálculos de estabilidad, que se adjuntan en el Apéndice A-4, donde se demuestra la posibilidad de generarse en el talud un desprendimiento. Los taludes utilizados para el cálculo se han dibujado en la Planta Geotécnica de la Figura 2.

Los parámetros geomecánicos del terreno utilizados en el cálculo son los siguientes:

- Densidad de la roca: $\gamma = 2,60 \text{ t/m}^2$ (roca sana).
- Cohesión en los planos de discontinuidad: $c = 0 \text{ t/m}^2$.

- Ángulo de rozamiento interno en los planos de estratificación: $\phi_e = 15^\circ$.
- Ángulo de rozamiento interno en los planos de junta: $\phi_j = 30^\circ$.
- Empuje de agua: $U = 0 \text{ t/m}^2$.
- Acción sísmica: No se ha considerado.
- Continuidad de las diaclasas: máxima.

Según los resultados de los cálculos realizados, para la estabilización del talud T-1 con un factor de seguridad suficiente a largo plazo (F.S. = 1,50), se requiere aplicar sobre la superficie del talud una fuerza de $2,81 \text{ t/m}^2$. Para la estabilización del talud T-2 con un factor de seguridad suficiente a largo plazo (F.S. = 1,50), se requiere aplicar sobre la superficie del talud una fuerza de $2,10 \text{ t/m}^2$.

Esta tensión de estabilización se ha calculado considerando que se aplica de forma perpendicular a la orientación del talud y con una inclinación 2H:1V ($\approx 26,5^\circ$).

4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE ESTABILIZACIÓN

En este Estudio se han analizado las condiciones actuales de estabilidad del desmonte situado en el estribo izquierdo de la presa de Barrendiola, en Legazpi.

La ladera objeto de estudio tiene una altura comprendida entre los 22,00 m y los 15,00 m, con una longitud de unos 85,00 m aproximadamente.

La situación de la ladera se indica en el Apartado 1 de este Informe, así como en el Plano de Situación de la Figura 1 y en la Planta Geotécnica General de la Figura 2.

El 18 de enero de 2021 se produjo un desprendimiento en la ladera, muy próximo al estribo izquierdo de la presa de Barrendiola, pero sin llegar a afectar a la misma.

En el resto de la ladera se han observado otros dos desprendimientos recientes, así como acumulaciones de derrubios que indican desprendimientos pasados. La ladera no presenta ninguna medida de estabilización.

En la actualidad, el talud ha sido desbrozado en la zona de estudio, observándose multitud de afloramientos de roca sana y encontrándose el macizo rocoso tanto en superficie, como bajo una pequeña capa de suelos de espesor menor a 1,50 m.

El macizo rocoso se encuentra formado por una alternancia de limolitas y areniscas de color gris y marrón ocre, dispuestas en estratos de espesor centimétrico a métrico.

La roca se presenta sana o moderadamente meteorizada en los afloramientos del talud (Grados II-III).

El macizo rocoso presenta una estratificación orientada una dirección de buzamiento y buzamiento medios: $E = 260^\circ/47^\circ$. Además, se encuentra afectado por cuatro familias principales de juntas, orientadas según: $J-1 = 101^\circ/51^\circ$, $J-2 = 155^\circ/84^\circ$, $J-3 = 176^\circ/39^\circ$ y $J-4 = 333^\circ/57^\circ$.

Las características del terreno existente en el talud se describen con mayor detalle en el Apartado 2 de este Informe.

4.1.- CONCLUSIONES

A partir del análisis de estabilidad efectuado en el Apartado 3, se deduce que la ladera es potencialmente inestable como consecuencia de la intersección entre la estratificación y las diferentes juntas, pudiendo dar lugar a desprendimientos de cuñas y bloques.

4.2.- RECOMENDACIONES DE ESTABILIZACIÓN

En el Apartado 3, según los resultados de los cálculos realizados, para la estabilización del talud con un factor suficiente a largo plazo ($F.S. = 1,50$), se requiere aplicar sobre la superficie del talud una fuerza adicional de $2,81 \text{ t/m}^2$.

Esta fuerza de estabilización se ha calculado considerando que se aplica de forma perpendicular a la orientación del talud y con una inclinación 2H:1V ($\approx 26,5^\circ$), pensando en una solución de anclaje o bulonado.

A la vista del análisis efectuado hasta el momento, la posibilidad de generarse un desprendimiento como el acaecido es muy factible.

A continuación, se describen las actuaciones estabilizadoras a llevar a cabo.

4.2.1.- Estabilización mediante sistema flexible

Como primera opción, se recomienda la estabilización de la ladera mediante la colocación de un sistema flexible, compuesto por una malla de acero de alto límite elástico, cables y bulones, el cual tenga una capacidad de soporte superior o igual a 30 kPa ($3,00 \text{ t/m}^2$).

Mediante un sistema compuesto por malla y bulones, se estabilizarían las potenciales cuñas inestables calculadas anteriormente.

Debido a la morfología de la ladera y sus características, se considera que es la solución más favorable por el tipo de desprendimiento y por la forma de trabajo de dicha solución.

4.2.2.- Estabilización mediante gunitado

Otra opción contemplada es la estabilización de la ladera mediante la aplicación de una capa de gunita, de espesor a calcular, acompañada por la ejecución de bulones, para estabilizar las potenciales cuñas inestables.

Si bien es una solución similar a la anterior, esta supondría tanto un cambio en la orografía de la ladera, como en el entorno natural de la presa, además de provocar daños en el mismo.

4.2.3.- Estabilización mediante barreras dinámicas

La última medida contemplada es la ejecución de barreras o pantallas dinámicas en el pie de la ladera, de tal forma que recojan los desprendimientos que se puedan producir.

Este tipo de estabilización funciona muy bien cuando se trata de desprendimientos de rocas desde cierta altura. Sin embargo, en este caso, al tratarse de cuñas inestables en la propia ladera, las pantallas no impedirían el progreso del movimiento generado por esas cuñas, lo que podría generar desprendimientos mucho mayores, así como que se pueda salir el movimiento de los límites de expropiación.

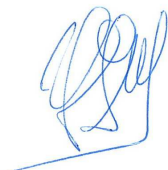
4.3.- CONFIRMACIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO EN FASE DE OBRA

Se recomienda que los trabajos de estabilización de la ladera sean supervisados por personal técnico especialista en Geotecnia, que a la vista de las características del terreno compruebe que éstos se ajustan a los descritas en el presente Informe, e introduzca en su caso las modificaciones que considere necesarias.

En concreto, el equipo Técnico deberá realizar, al menos, los siguientes trabajos:

- a.- Comprobará si el comportamiento del terreno se corresponde con lo previsto en el Estudio Geotécnico.
- b.- Se encargará de comprobar la correcta ejecución de las soluciones estabilizadoras necesarias.
- c.- Revisará los aspectos hidrogeológicos que pudieran afectar al comportamiento de las obras.

Donostia/San Sebastián, a 15 de febrero de 2021.



Fdo.: **Ioseba Jugo Meabe**
Ingeniero de Caminos
(Col. N.º: 6.963)

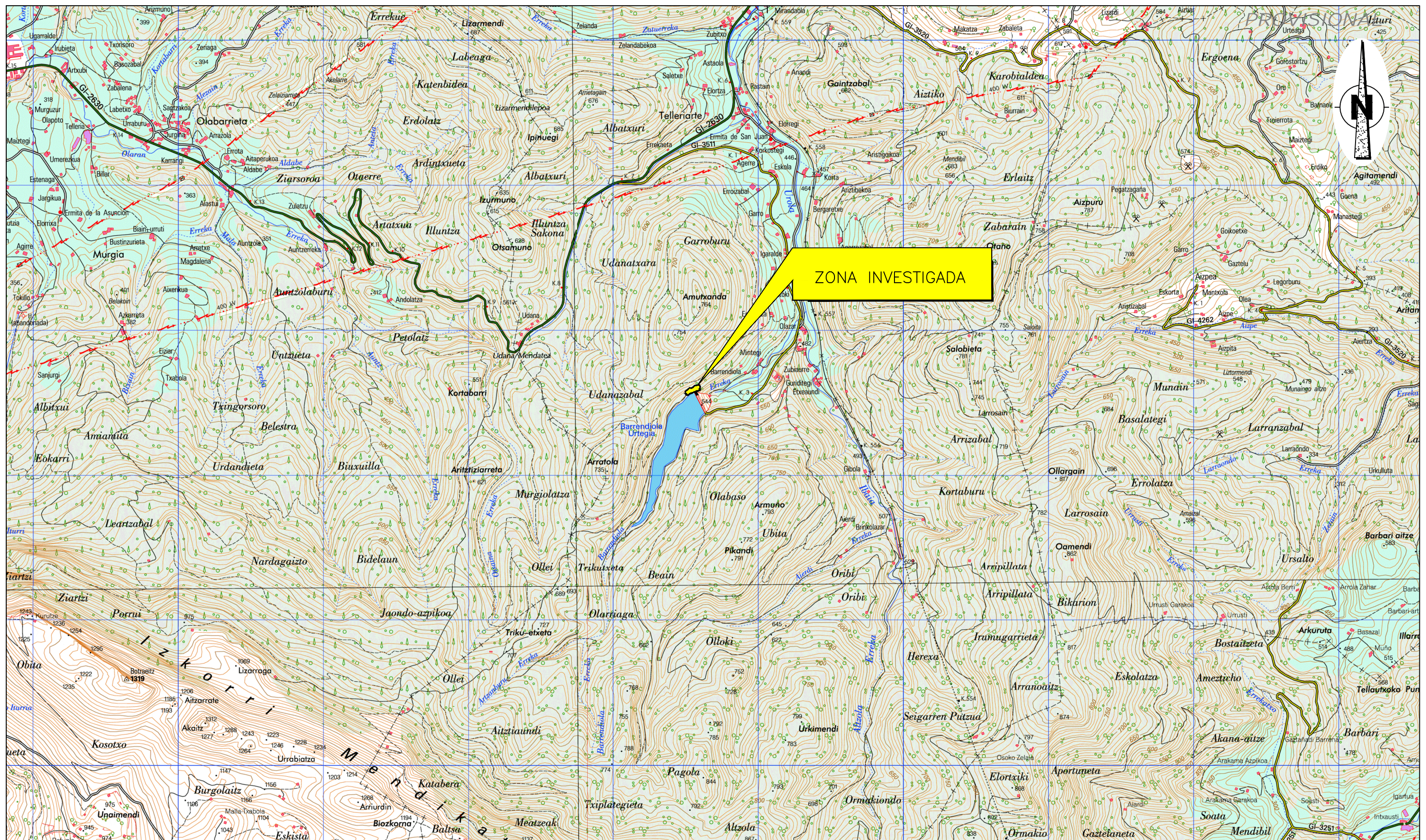


Fdo.: **Iñaki Ibarbia Ilarraz**
Geólogo
(Col. N.º: 1.452)




Fdo.: **Alejandro Bocanegra Manzano**
Ingeniero de Caminos
(Col. N.º: 32.430)

FIGURAS



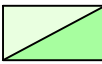
INFORME GEOTÉCNICO Estabilización de un desmorte situado en estribo izquierdo de la presa de Barrendiola LEGAZPI	Referencia
	T-210106-01
	Figura
	01
PLANO DE SITUACIÓN	Escala
	1/25.000
	Fecha: Feb 2021
	Dibujado por: N. Z. A.

LEYENDA

 Rellenos artificiales de espesor superior a 1,5 m

ROCA


Edad: Cretácico Inferior-Superior (Albiense-Cenomaniense)


 Alternancia de limolitas y areniscas de color gris y marrón ocre.
Estratos cm a m.


NOTA: Los tonos fuertes corresponden a afloramientos de roca y los débiles a un recubrimiento de suelos y/o rellenos sobre el macizo rocoso inferior a 1,50 m.


SIMBOLOGÍA

 Contacto mecánico/falla


 Contacto relleno/suelo-roca

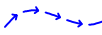
 Punto de observación

 Rumbo y buzamiento (43) de la estratificación


 Rumbo y buzamiento (50) de la junta


 Afloramiento de roca sana

 Afloramiento de roca meteorizada y grado de meteorización (III)

 Curso de agua estacional

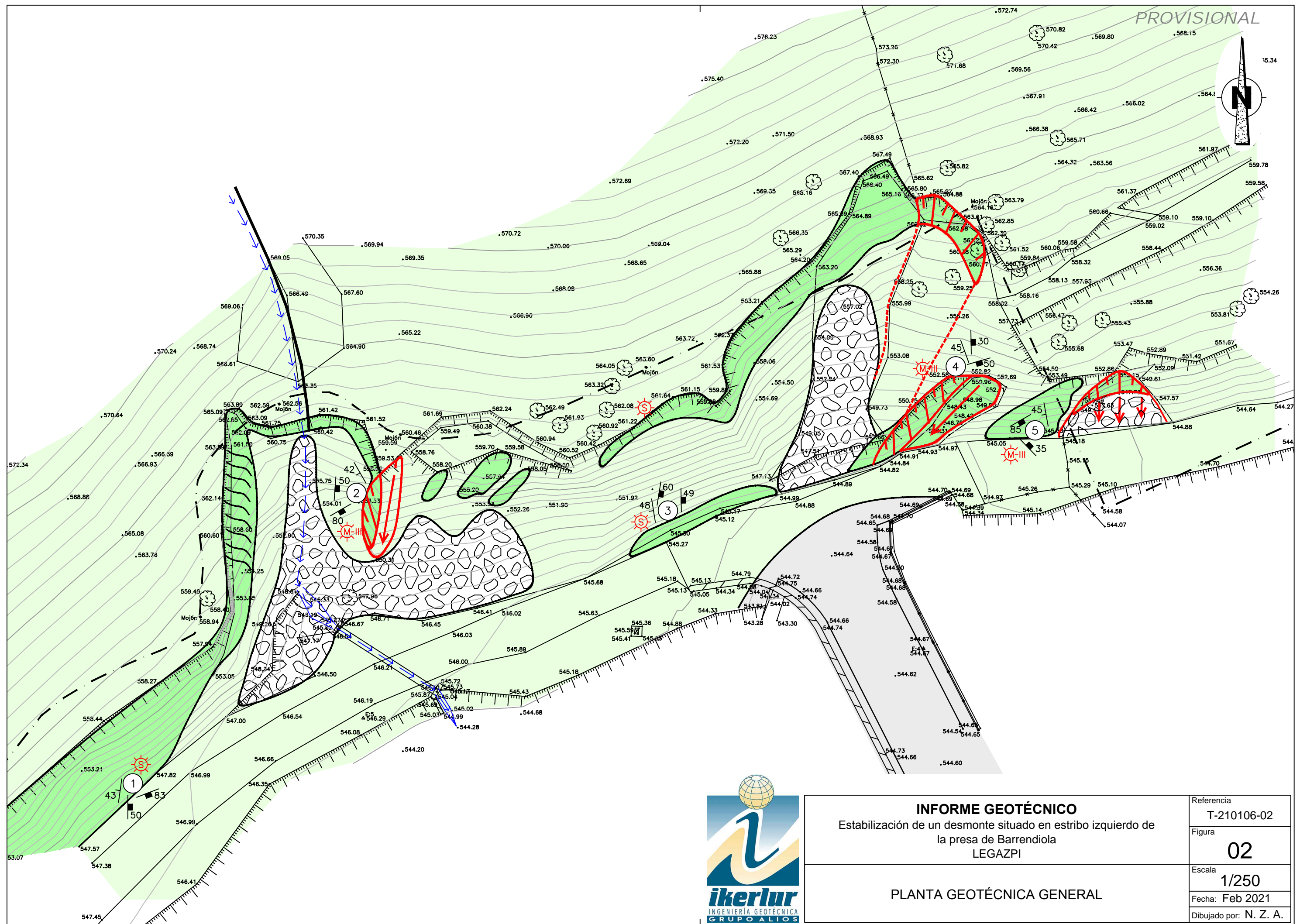
 Derrubios

 Zona replegada

 Desprendimiento reciente



INFORME GEOTÉCNICO Estabilización de un desmonte situado en estribo izquierdo de la presa de Barrendiola LEGAZPI	Referencia
	T-210106-02
	Figura
	02.0
PLANTA GEOTÉCNICA GENERAL LEYENDA	Escala
	1/250
	Fecha: Feb 2021
Dibujado por: N. Z. A.	



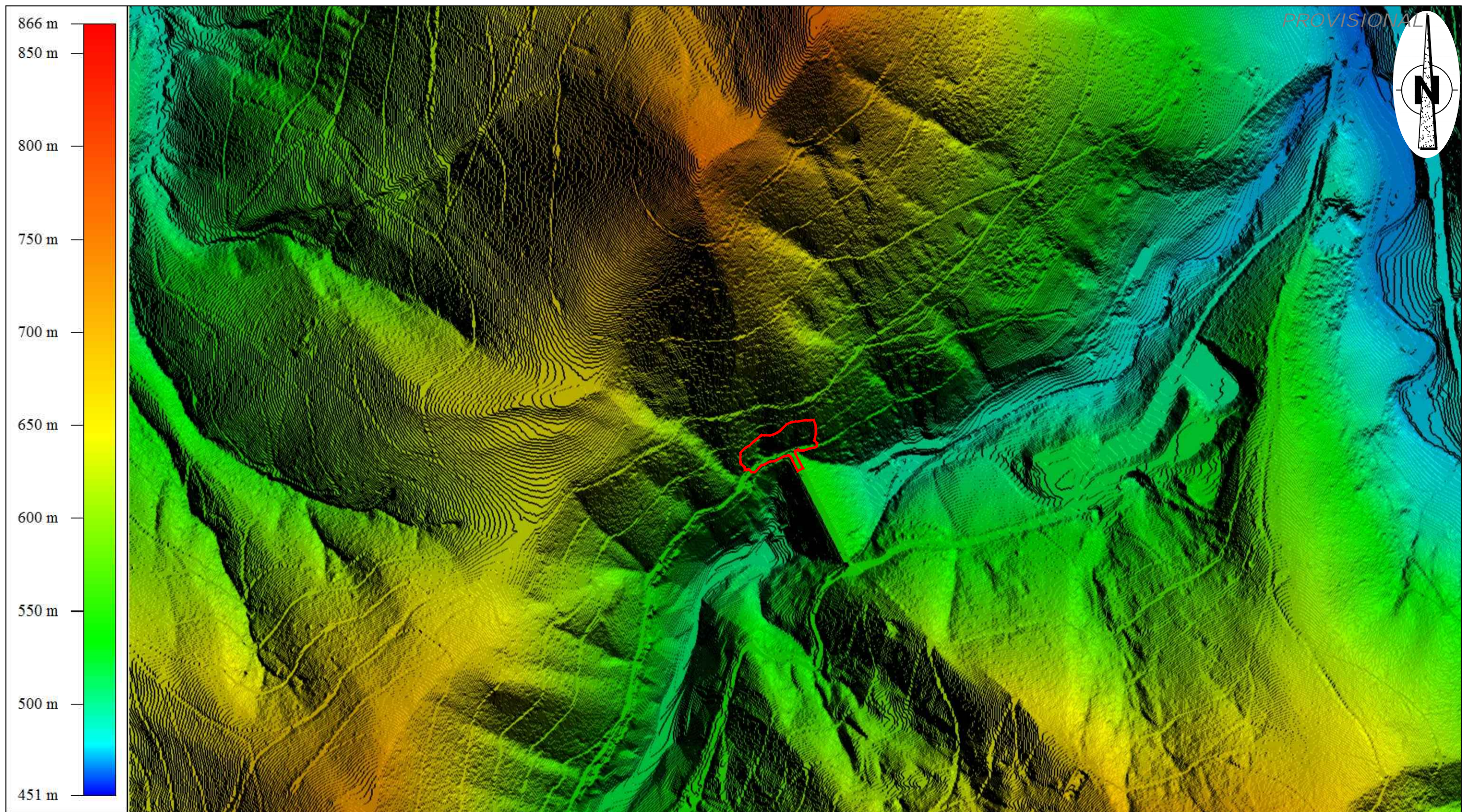
REPORTAJE FOTOGRÁFICO



VISTA AÉREA DE LA ZONA INVESTIGADA (AÑO 2019)
E=1/1.000



INFORME GEOTÉCNICO Estabilización de un desmonte situado en estribo izquierdo de la presa de Barrendiola LEGAZPI	Referencia T-210106-F01
	Hoja 1 de 4
REPORTAJE FOTOGRÁFICO	Fecha: Feb 2021
	Dibujado por: N. Z. A.



MODELO DIGITAL DEL TERRENO 3D OBTENIDO A PARTIR DE TOPOGRAFIA LIDAR
E= 1/5.000



INFORME GEOTÉCNICO
Estabilización de un desmorte situado en estribo izquierdo de
la presa de Barrendiola
LEGAZPI

REPORTAJE FOTOGRÁFICO

Referencia	T-210106-F01
Hoja	2 de 4
Fecha:	Feb 2021
Dibujado por:	N. Z. A.



VISTA PANORÁMICA DE LA LADERA INVESTIGADA



DETALLE DEL AFLORAMIENTO DE ROCA CORRESPONDIENTE
AL PUNTO DE OBSERVACIÓN ① DE LA FIGURA 2



DETALLE DE ESTRATOS ROCOSOS REPLEGADOS



INFORME GEOTÉCNICO Estabilización de un desmorte situado en estribo izquierdo de la presa de Barrendiola LEGAZPI	Referencia T-210106-F01
	Hoja 3 de 4
REPORTAJE FOTOGRÁFICO	Fecha: Feb 2021
	Dibujado por: N. Z. A.



DETALLE DEL AFLORAMIENTO DE ROCA CORRESPONDIENTE
AL PUNTO DE OBSERVACIÓN ③ DE LA FIGURA 2



DETALLE DEL AFLORAMIENTO DE ROCA EN UN ESCARPE DE DESPRENDIMIENTO RECIENTE
EN EL PUNTO DE OBSERVACIÓN ④ DE LA FIGURA 2



DETALLE DEL AFLORAMIENTO DE ROCA CORRESPONDIENTE
AL PUNTO DE OBSERVACIÓN ⑤ DE LA FIGURA 2



INFORME GEOTÉCNICO
Estabilización de un desmonte situado en estribo izquierdo de
la presa de Barrendiola
LEGAZPI

REPORTAJE FOTOGRÁFICO

Referencia
T-210106-F01

Hoja
4 de 4

Fecha: Feb 2021
Dibujado por: N. Z. A.

APÉNDICES

A-1

Escala de meteorización de la roca

ESCALA DE METEORIZACIÓN DE LA ROCA ¹

Grado de meteorización	Denominación	Criterios de reconocimiento
I	Sana	Roca no meteorizada. Conserva el color y el lustre en toda la masa.
II	Sana con juntas teñidas de óxido	Las caras de las juntas están manchadas de óxidos pero el bloque unitario entre ellas mantiene el color y el lustre de la roca sana.
III	Moderadamente Meteorizada	Claramente meteorizada a través de la petrofábrica reconociéndose el cambio de color respecto de la roca sana. El cambio de color puede ser desde simples manchas a variación de color en toda la masa, generalmente a colores típicos de óxidos de hierro, la resistencia de la roca puede variar desde muy análoga a la roca grado II a bastante más baja, pero tal que <i>trozos de 25 cm² de sección no pueden romperse a mano</i> .
IV	Muy Meteorizada	Roca intensamente meteorizada, que puede desmenuzarse y romperse a mano, aunque sus elementos son perfectamente reconocibles.
V	Completamente Meteorizada	Material con aspecto de suelo, completamente descompuesto por meteorización "in-situ", pero en el cual se puede reconocer la estructura de la roca original. Los elementos constitutivos de la roca se encuentran diferenciados, aunque totalmente descompuestos.

¹ Escala de meteorización de las rocas sedimentarias detríticas (Basada en la de D.G. Moye)

A-2

Registro de caracteres geomecánicos del macizo rocoso

Título Trabajo										Localidad				Fecha				Ref. Trabajo										
Desmante en estribo izquierdo de la presa Barrendiola										LEGAZPI				05/02/2021				T-210106										
Punto observación	TIPO DE PLANO	ORIENTACIÓN		CONTINUIDAD (m)						ESPACIADO (m)				SUPERFICIE		RELLENO		PARÁMETROS GEOMECÁNICOS						LITOLOGÍA	METEORIZACIÓN	RESISTENCIA	AGUA	Observaciones
		Dir.Buzam. (°)	Buzamiento (°)	s/ RUMBO						< 0,5	0,5 - 2	2 - 4	> 4	ONDUL.	RUGOS.	ESPES. (mm)	TIPO	Jv	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF					
				s/ BUZAMIENTO																								
				0,5	1	2	4	8	>8																			
1	E	278	43																					AL	II			*
	J	90	50	x	x						X																	
	J	159	80	x	x						X																	
	J	340	89	x	x						X																	
	J	125	52		x						X																	
				x																								
2	E	240	42																					LA	III			**
	J	150	80		x	x					X																	
	J	94	50		x	x					X																	
	J	345	45	x	x						X																	
				x																								
3	E	261	48																					A	II			***
	E	269	60		x						X																	
	J	99	60	x	x						X																	
	J	89	49	x	x						X																	
	J	186	89					x				X																
	J	22	86		x			x				X																
	J	324	69		x	x					X																	
	J	194	30	x	x							X																
				x									X															
4	E	250	45																					LA	III			4
	J	164	50		x	x					X																	
	J	89	30	x	x						X																	
	J	115	70		x						X																	
	J	112	89	x								X																
					x								X															
5	E	260	45																					LA	III			
	J	150	85	x	x						X																	
	J	46	35	x	x						X																	

Observaciones

- Areniscas marrones con intercalaciones de limolita gris, depositadas en estratos cm-dm.
Edad: Cretácico Inferior-Superior (Albiense-Cenomaniense).
- Alternancia de limolitas y areniscas en estratos cm. Edad: Cretácico Inferior-Superior (Albiense-Cenomaniense).
Afloramiento situado en el escarpe de un desprendimiento.
- Areniscas depositadas en estratos dm-m.
- Limolita gris oscura y marrón ocre con intercalaciones de arenisca, depositada en estratos dm-m.
Edad: Cretácico Inferior-Superior (Albiense-Cenomaniense).
Afloramiento situado en el escarpe de un desprendimiento de una cuña.

A-3

Clave de descripción y Clasificación de suelos

CLAVE DE DESCRIPCIÓN DE SUELOS

CLASIFICACIÓN DE LAS PARTÍCULAS DE SUELO SEGÚN SU TAMAÑO ¹

Tipo de suelo	Denominación	Tamaño de partículas en mm.
GRANO MUY GRUESO	Bloques Grandes	> 630
	Bloques	> 200 a 630
	Bolos	> 63 a 200
GRANO GRUESO	Grava Gruesa	> 20 a 63
	Grava Media	> 6,3 a 20
	Grava Fina	> 2,0 a 6,3
	Arena Gruesa	> 0,63 a 2,0
	Arena Media	> 0,2 a 0,63
	Arena Fina	> 0,063 a 0,2
GRANO FINO	Limo	> 0,002 a 0,063
	Arcilla	≤ 0,002

Descripción adicional de FRACCIONES SECUNDARIAS

Descripción	Proporción (% en peso)
Aplica a grava-arena-limo-arcilla: Indicios	5 a 10
Algo	10 a 20
Bastante	20 a 35
sufijo OSO / OSA	35 a 50

SUELOS DE GRANO GRUESO – Densidad relativa según ENSAYO S.P.T.



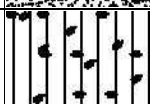








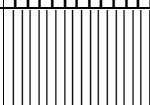
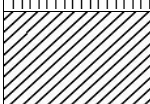

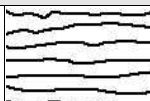
Densidad	Golpeo S.P.T. / 30 cm.
Muy Flojo	< 5
Flojo	5 a 10
Medianamente Denso	11 a 30
Denso	31 a 50
Muy Denso	> 50

SUELOS DE GRANO FINO – Resistencia según COHESIÓN sin drenaje

Resistencia	Cohesión (Kp/cm ²)
Muy blando	< 0,125
Blando	0,125 a 0,25
Moderadamente Firme	0,25 a 0,50
Firme	0,50 a 1
Muy Firme	1 a 2
Duro	> 2

¹ Fuente: UNE-EN ISO 14688-1:2003-Ingeniería geotécnica-Identificación y clasificación de suelos

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

GRUPOS PRINCIPALES			Símbolo GRÁFICO	Símbolo LETRAS	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
SUELOS DE GRANO GRUESO Más del 50% material <u>retenido</u> por tamiz nº 200	GRAVA Y SUELOS CON GRAVA Más del 50% fracción gruesa <u>retenida</u> por tamiz nº 4	GRAVA LIMPIA		GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y de arena, con pocos finos o sin finos.
				GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y de arena, con pocos finos o sin finos.
		GRAVA con FINOS (Finos en cantidad apreciable)		GM	Gravas limosas, mezclas de grava-arena-limo.
				GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-limo
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS Más del 50% fracción gruesa <u>pasa</u> por tamiz nº 4	ARENA LIMPIA		SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con pocos finos o sin finos.
				SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, con pocos finos o sin finos.
		ARENA con FINOS (Finos en cantidad apreciable)		SM	Arenas limosas, mezclas de arena-Limo.
				SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena-arcilla.
SUELOS DE GRANO FINO Más del 50% material <u>pasa</u> por tamiz nº 200	LIMO Y ARCILLA Límite líquido <u>menor</u> de 50		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, limos arcillosos poco plásticos	
			CL	Arcillas inorgánicas poco plásticas o de plasticidad mediana, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras	
			OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas poco pláticas	
	LIMO Y ARCILLA Límite líquido <u>mayor</u> de 50		MH	Limos inorgánicos, con mica o arena fina de diatomeas, o suelos limosos	
			CH	Arcillas inorgánicas muy plástica, arcillas grasas	
			OH	Limos orgánicos de plasticidad mediana o muy plásticas, limos orgánicos	
SUELOS MUY ORGÁNICOS			PT	Turba, humus, suelos de pantanos con mucha materia orgánica.	

A-4
Cálculos

- Estabilidad estructural de la ladera

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE LA LADERA

– ANÁLISIS DE CUÑAS –

Programa **DIPS v5.1, ROCPACK v3.0 y SWEDGE v5.0**

Método de cálculo: Hoek & Bray (1.974 – 1.981)

CÁLCULOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

DIAGRAMA DE FRACTURACIÓN. RED POLAR EQUIAREAL

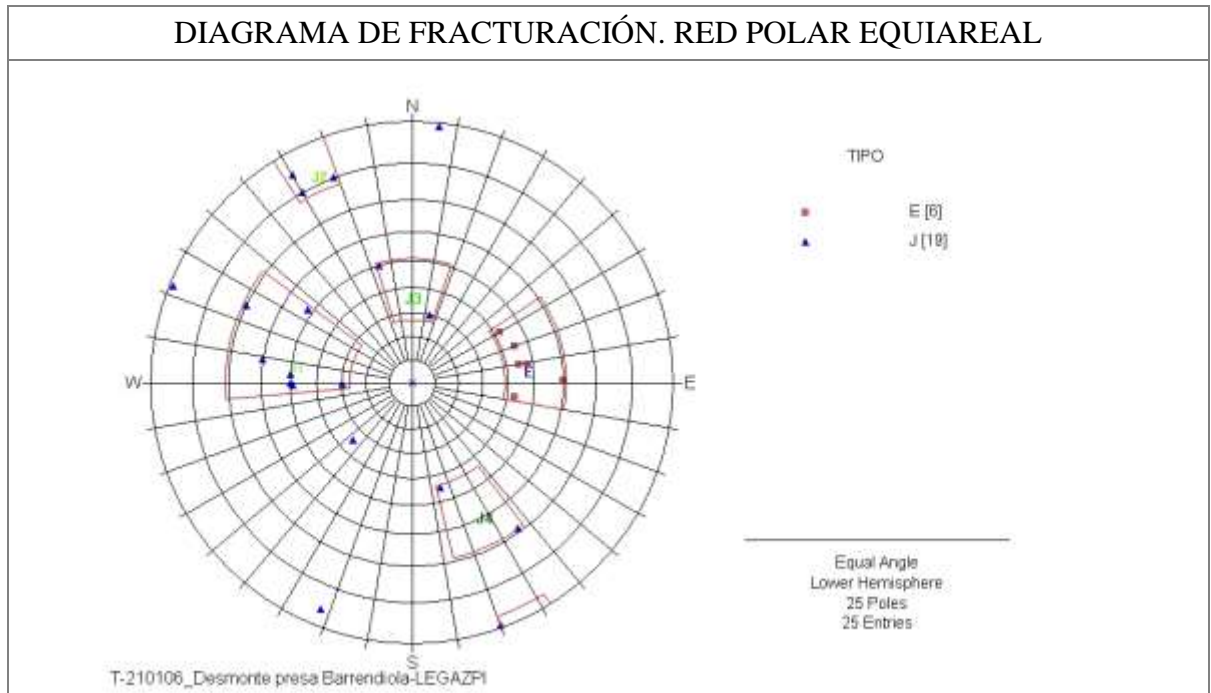
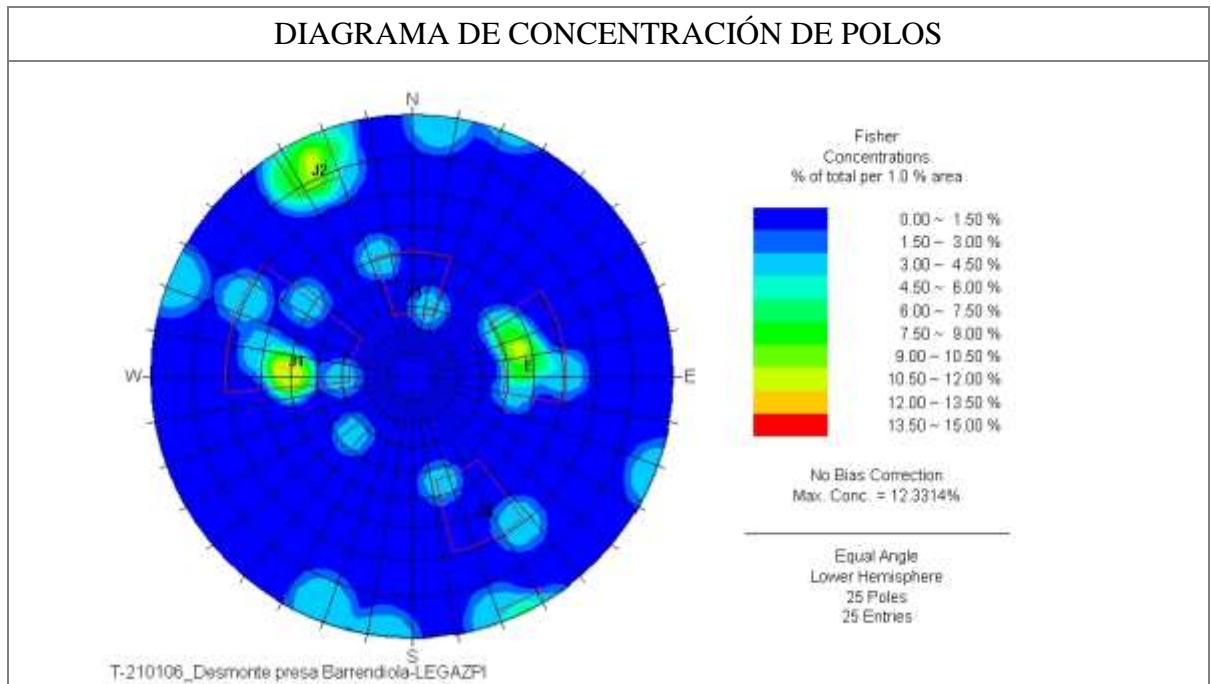
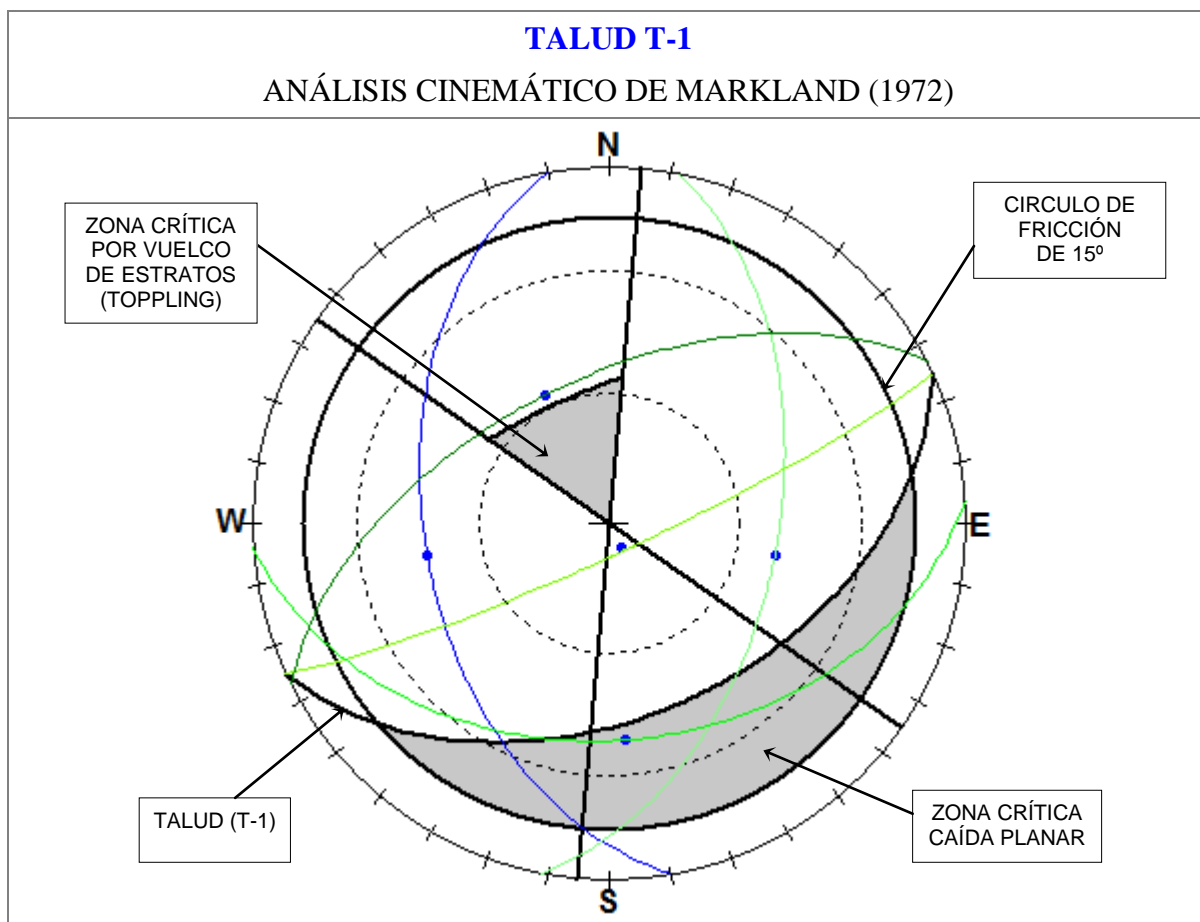


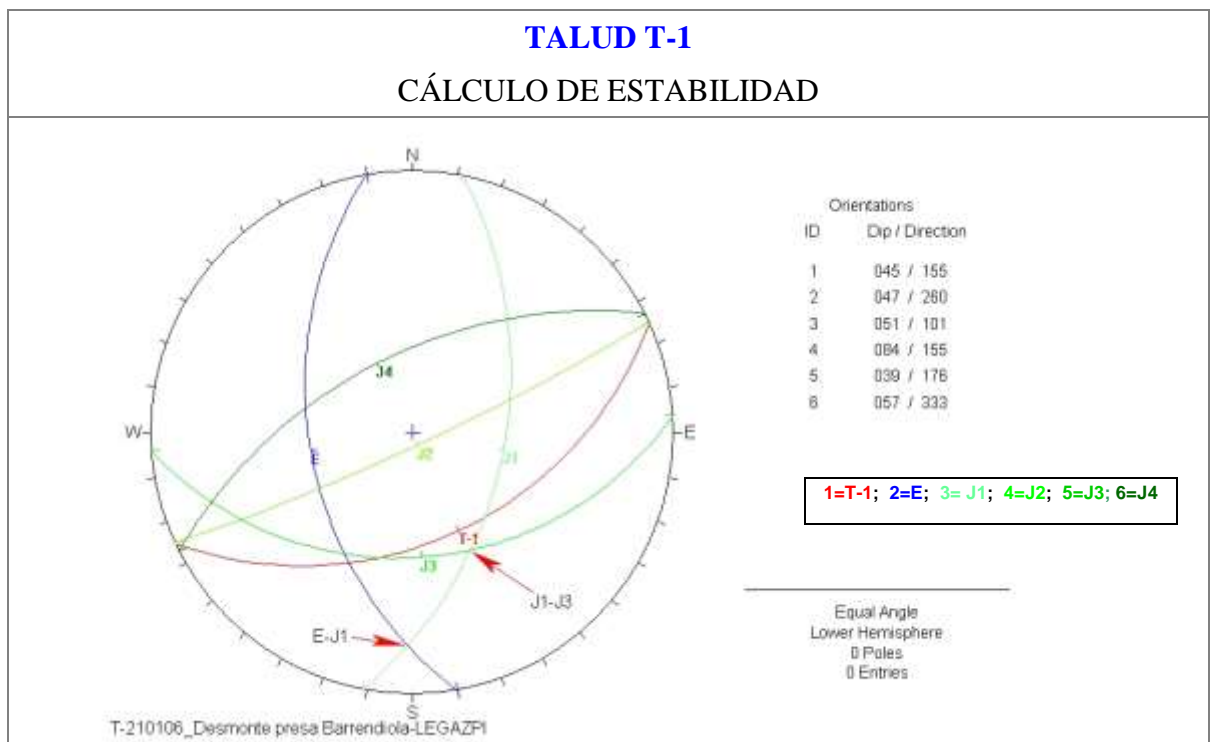
DIAGRAMA DE CONCENTRACIÓN DE POLOS





FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES





PARÁMETROS GEOMECÁNICOS

COHESIÓN $C = 0 \text{ t/m}^2$; FRICCIÓN $\phi_e = 15^\circ$; $\phi_j = 30^\circ$; $u = 0$; DENSIDAD $\gamma = 2,6 \text{ t/m}^3$.

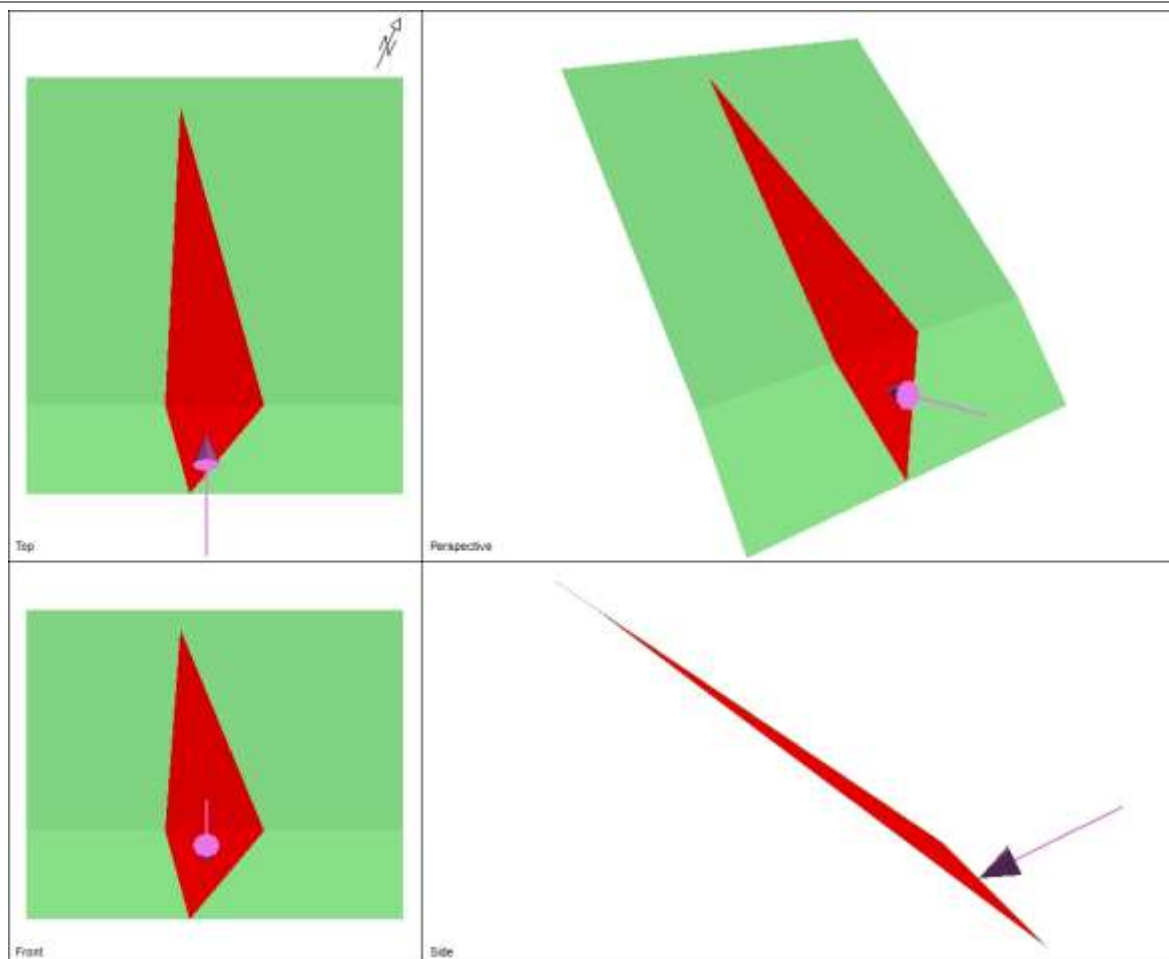
TALUD	INTERSECCIÓN ENTRE PLANOS	TIPO DE DESLIZAMIENTO	FACTOR DE SEGURIDAD (F.S.)	TALUD QUE ELIMINA LA INTERSECCIÓN	FUERZA DE ANCLAJE (1V:2H) NECESARIA PARA F.S.=1,5
T-1	$E \cap J1$	-	-	-	-
T-1	$J1 \cap J3$	Cuña a través de intersección	0,84	36°	$2,81 \text{ t/m}^2$

CONCLUSIONES

- Talud estructural estable en roca sana: 36°

TALUD T-1. INTERSECCIÓN J1-J3

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE INTERSECCIÓN DE DISCONTINUIDADES



Swedge Analysis Information

Document Name:

- T-210106_Desmonte presa Barrendiola-LEGAZPI (J1-J3)

Project Summary:

- Job Title: T-210106_Desmonte presa Barrendiola-LEGAZPI (T-1)
- Company: IKERLUR SL
- Date Created: 10/02/2021, 12:51:48

Analysis Results:

- Analysis type: Deterministic
- Safety Factor: 1.5000
- Wedge height (on slope) [m]: 13.00
- Bench width (on upper face) [m]: 43.64
- Wedge volume [m³]: 446.201
- Wedge weight [tonnes]: 1160.122
- Wedge area (joint1) [m²]: 146.86
- Wedge area (joint2) [m²]: 409.40
- Wedge area (slope) [m²]: 133.27
- Wedge area (upper face) [m²]: 381.59

Effective Normal and Strength Properties:

	Joint 1	Joint 2
Effective Normal force [tonnes]	373.59	997.70
Effective Normal stress [t/m^2]	2.54	2.44
Shear Strength [t/m^2]	1.47	1.41
Strength due to Waviness [t/m^2]	0.00	0.00

- Driving force [tonnes]: 527.82
- Resisting force [tonnes]: 791.71

Failure Mode:

- Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
36.83	153.66	70.79

Trace Lengths:

	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	18.73	52.69
Joint 2	21.39	54.05

Persistence:

- Joint 1 [m]: 70.79
- Joint 2 [m]: 70.79

Intersection Angles:

	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	41.71	15.54
Joint 1 & Crest	79.02	87.56
Joint 2 & Crest	59.27	76.90

Dip and Dip Direction:

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	51.00	101.00
Joint Set 2	39.00	176.00
Slope	45.00	155.00
Upper Face	34.00	155.00

Joint Set 1 Data:

- Cohesion [t/m^2]: 0.00
- Friction Angle [deg]: 30.00

Joint Set 2 Data:

- Cohesion [t/m^2]: 0.00
- Friction Angle [deg]: 30.00

Slope Data:

- Slope height [m]: 13.00
- Rock unit weight [t/m^3]: 2.60
- Water pressures in the slope: NO
- Overhanging slope face: NO
- Externally applied force: YES
- Tension crack: NO

External Force Data:

- Number of external forces: 1

#	Plunge [deg]	Trend [deg]	Force [tonnes]
1	26.50	335.00	373.75

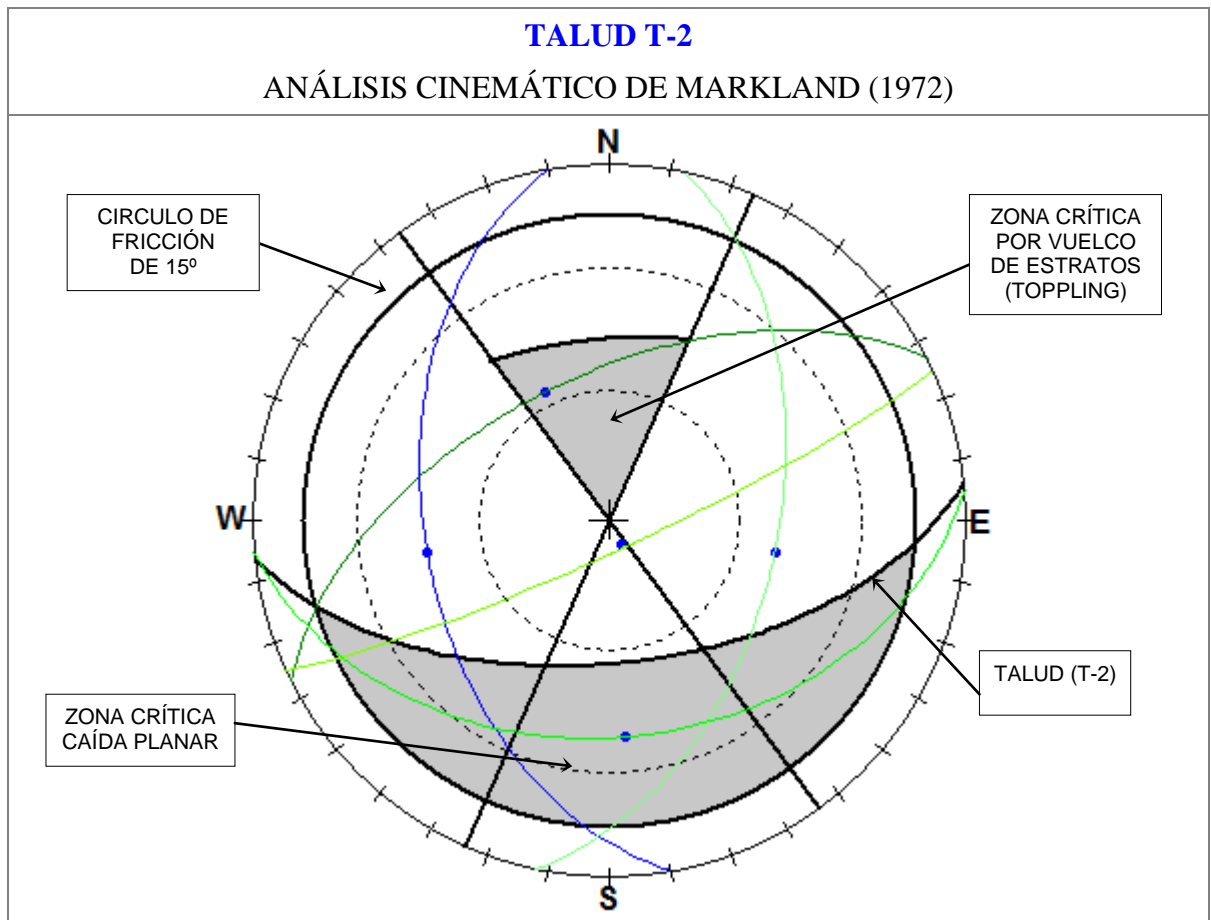
Resultant:

- Trend [deg]: 335.00
- Plunge [deg]: 26.50
- Force [tonnes]: 373.75

Wedge Vertices:

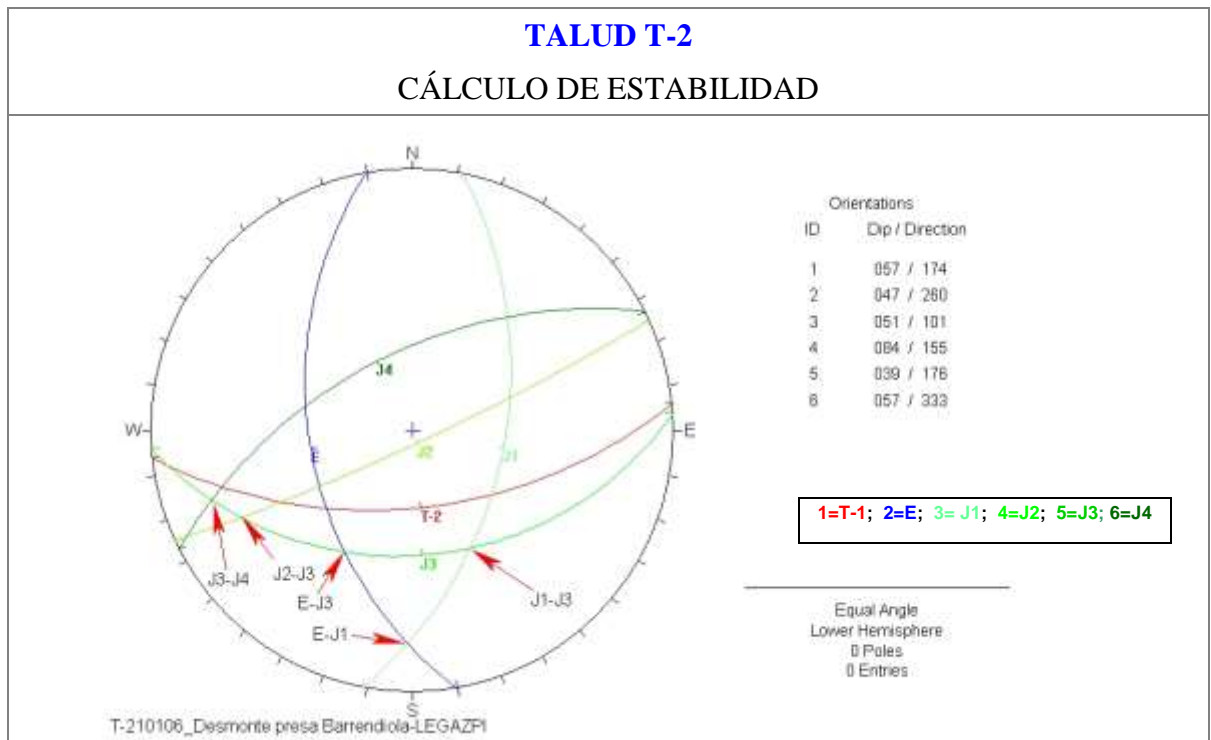
- Coordinates in Easting,Northing,Up Format
- 1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope

Point	x	y	z
124	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
134	-8.7270843326	10.2744066888	13.0000000000
234	4.4123007308	16.4014025674	13.0000000000
123	-25.1379807313	50.7749160620	42.4365442369



FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES





PARÁMETROS GEOMECÁNICOS

COHESIÓN $C = 0 \text{ t/m}^2$; FRICCIÓN $\phi_e = 15^\circ$; $\phi_j = 30^\circ$; $U = 0$; DENSIDAD $\gamma = 2,6 \text{ t/m}^3$.

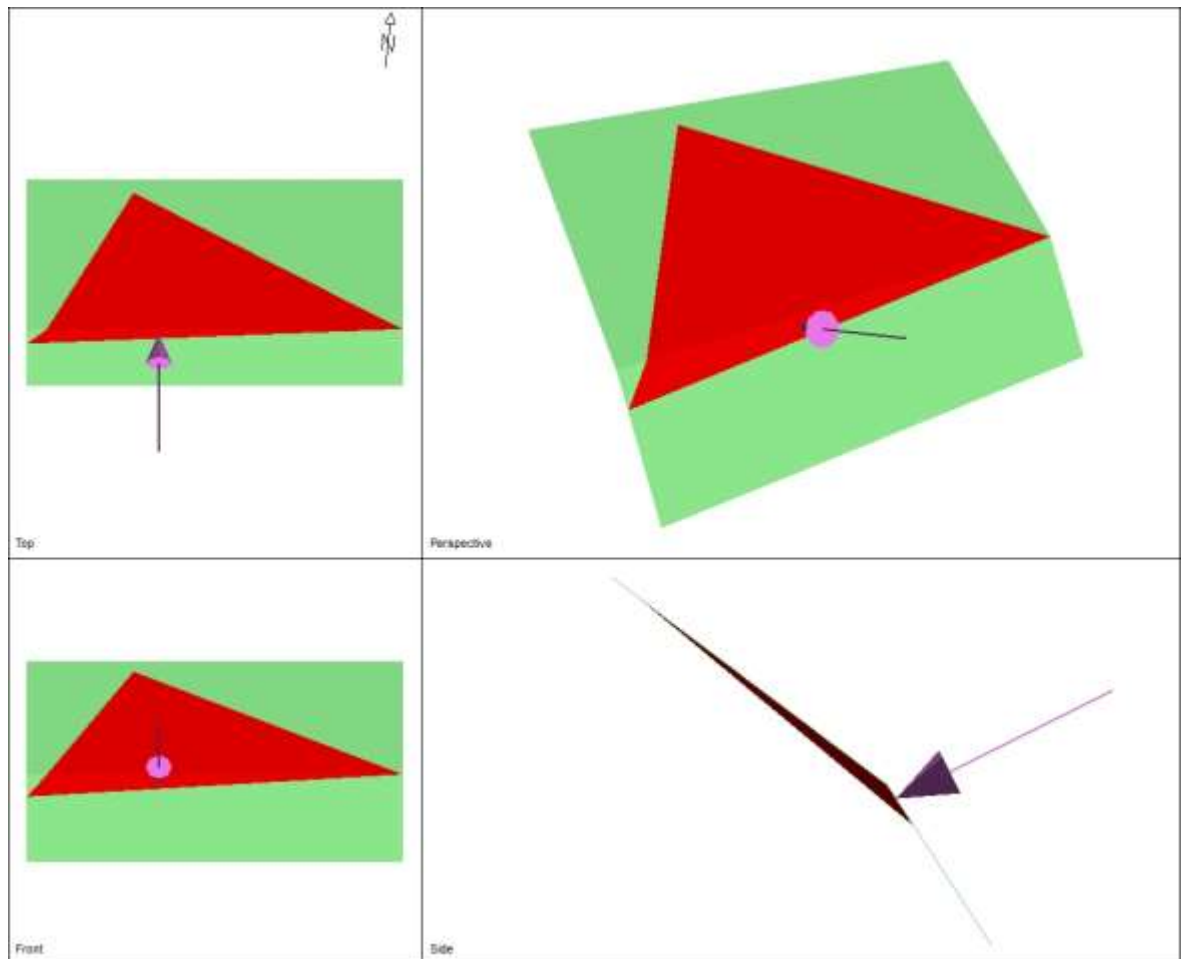
TALUD	INTERSECCIÓN ENTRE PLANOS	TIPO DE DESLIZAMIENTO	FACTOR DE SEGURIDAD (F.S.)	TALUD QUE ELIMINA LA INTERSECCIÓN	FUERZA DE ANCLAJE (1V:2H) NECESARIA PARA F.S.=1,5
T-2	$E \cap J1$	-	-	-	-
T-2	$E \cap J3$	Bloque a través de J3	0,71	39°	1,75 t/m ²
T-2	$J1 \cap J3$	Cuña a través de intersección	0,84	38°	2,10 t/m ²
T-2	$J2 \cap J3$	Bloque a través de J3	0,72	41°	0,95 t/m ²
T-2	$J3 \cap J4$	Bloque a través de J3	0,72	42°	0,70 t/m ²

CONCLUSIONES

- Talud estructuralmente estable en roca sana: 38°

TALUD T-2. INTERSECCIÓN E-J3

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE INTERSECCIÓN DE DISCONTINUIDADES



Swedge Analysis Information

Document Name:

- T-210106_Desmonte presa Barrendiola-LEGAZPI (E-J3)

Project Summary:

- Job Title: T-210106_Desmonte presa Barrendiola-LEGAZPI (T-2)
- Company: IKERLUR SL
- Date Created: 10/02/2021, 12:51:48

Analysis Results:

- Analysis type: Deterministic
- Safety Factor: 1.4999
- Wedge height (on slope) [m]: 1.79
- Bench width (on upper face) [m]: 10.90
- Wedge volume [m³]: 47.093
- Wedge weight [tonnes]: 122.443
- Wedge area (joint1) [m²]: 6.82
- Wedge area (joint2) [m²]: 226.42
- Wedge area (slope) [m²]: 30.27
- Wedge area (upper face) [m²]: 193.86

Effective Normal and Strength Properties:

	Joint 1	Joint 2
Effective Normal force [tonnes]	0.00	143.29
Effective Normal stress [t/m^2]	0.00	0.63
Shear Strength [t/m^2]	0.00	0.37
Strength due to Waviness [t/m^2]	0.00	0.00

- Driving force [tonnes]: 55.16
- Resisting force [tonnes]: 82.73

Failure Mode:

- Sliding on joint2

Joint Sets 1&2 line of Intersection:

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
34.12	209.19	17.83

Trace Lengths:

	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	2.66	15.30
Joint 2	30.08	25.46

Persistence:

- Joint 1 [m]: 17.83
- Joint 2 [m]: 30.08

Intersection Angles:

	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	49.22	84.46
Joint 1 & Crest	126.72	63.13
Joint 2 & Crest	4.06	32.41

Dip and Dip Direction:

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	47.00	260.00
Joint Set 2	39.00	176.00
Slope	57.00	174.00
Upper Face	37.00	174.00

Joint Set 1 Data:

- Cohesion [t/m^2]: 0.00
- Friction Angle [deg]: 15.00

Joint Set 2 Data:

- Cohesion [t/m^2]: 0.00
- Friction Angle [deg]: 30.00

Slope Data:

- Slope height [m]: 7.00
- Rock unit weight [t/m^3]: 2.60
- Water pressures in the slope: NO
- Overhanging slope face: NO
- Externally applied force: YES
- Tension crack: NO

External Force Data:

- Number of external forces: 1

#	Plunge [deg]	Trend [deg]	Force [tonnes]
1	26.50	354.00	52.92

Resultant:

- Trend [deg]: 354.00
- Plunge [deg]: 26.50
- Force [tonnes]: 52.92

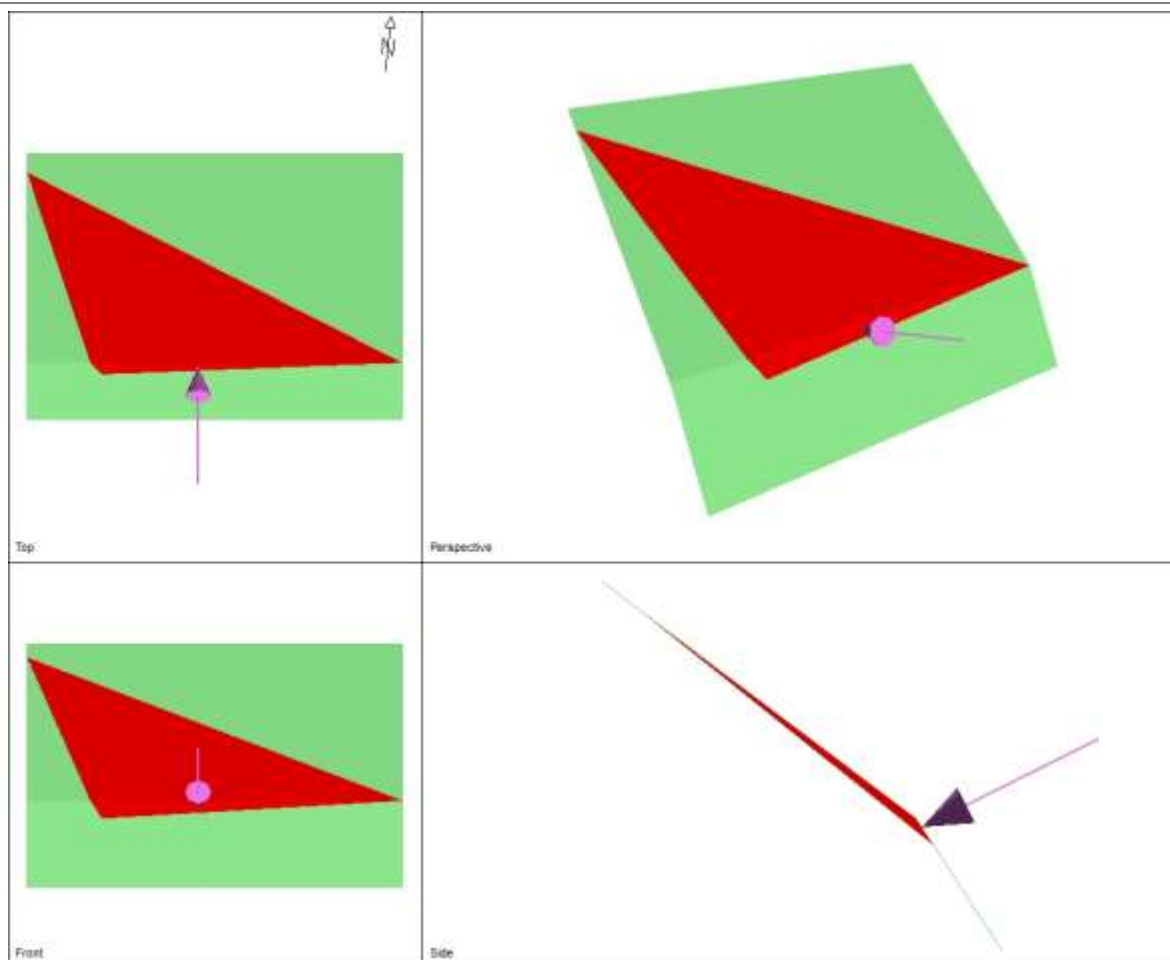
Wedge Vertices:

- Coordinates in Easting,Northing,Up Format
- 1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope

Point	x	y	z
124	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
134	1.4593246294	1.3202739195	1.7870138447
234	29.7143515418	4.2899969155	1.7870138447
123	7.1975419553	12.8825214143	10.0000757373

TALUD T-2. INTERSECCIÓN J1-J3

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE INTERSECCIÓN DE DISCONTINUIDADES



Swedge Analysis Information

Document Name:

- T-210106_Desmonte presa Barrendiola-LEGAZPI (J1-J3)

Project Summary:

- Job Title: T-210106_Desmonte presa Barrendiola-LEGAZPI (T-2)
- Company: IKERLUR SL
- Date Created: 10/02/2021, 12:51:48

Analysis Results:

- Analysis type: Deterministic
- Safety Factor: 1.5001
- Wedge height (on slope) [m]: 1.43
- Bench width (on upper face) [m]: 15.21
- Wedge volume [m³]: 46.198
- Wedge weight [tonnes]: 120.114
- Wedge area (joint1) [m²]: 7.48
- Wedge area (joint2) [m²]: 252.98
- Wedge area (slope) [m²]: 21.28
- Wedge area (upper face) [m²]: 237.55

Effective Normal and Strength Properties:

	Joint 1	Joint 2
Effective Normal force [tonnes]	23.91	117.88
Effective Normal stress [t/m^2]	3.20	0.47
Shear Strength [t/m^2]	1.85	0.27
Strength due to Waviness [t/m^2]	0.00	0.00

- Driving force [tonnes]: 54.57
- Resisting force [tonnes]: 81.86

Failure Mode:

- Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
36.83	153.66	21.51

Trace Lengths:

	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	1.94	19.71
Joint 2	24.08	35.54

Persistence:

- Joint 1 [m]: 21.51
- Joint 2 [m]: 35.54

Intersection Angles:

	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	114.47	42.72
Joint 1 & Crest	61.47	104.87
Joint 2 & Crest	4.06	32.41

Dip and Dip Direction:

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	51.00	101.00
Joint Set 2	39.00	176.00
Slope	57.00	174.00
Upper Face	37.00	174.00

Joint Set 1 Data:

- Cohesion [t/m^2]: 0.00
- Friction Angle [deg]: 30.00

Joint Set 2 Data:

- Cohesion [t/m^2]: 0.00
- Friction Angle [deg]: 30.00

Slope Data:

- Slope height [m]: 7.00
- Rock unit weight [t/m^3]: 2.60
- Water pressures in the slope: NO
- Overhanging slope face: NO
- Externally applied force: YES
- Tension crack: NO

External Force Data:

- Number of external forces: 1

#	Plunge [deg]	Trend [deg]	Force [tonnes]
1	26.50	354.00	43.15

Resultant:

- Trend [deg]: 354.00
- Plunge [deg]: 26.50
- Force [tonnes]: 43.15

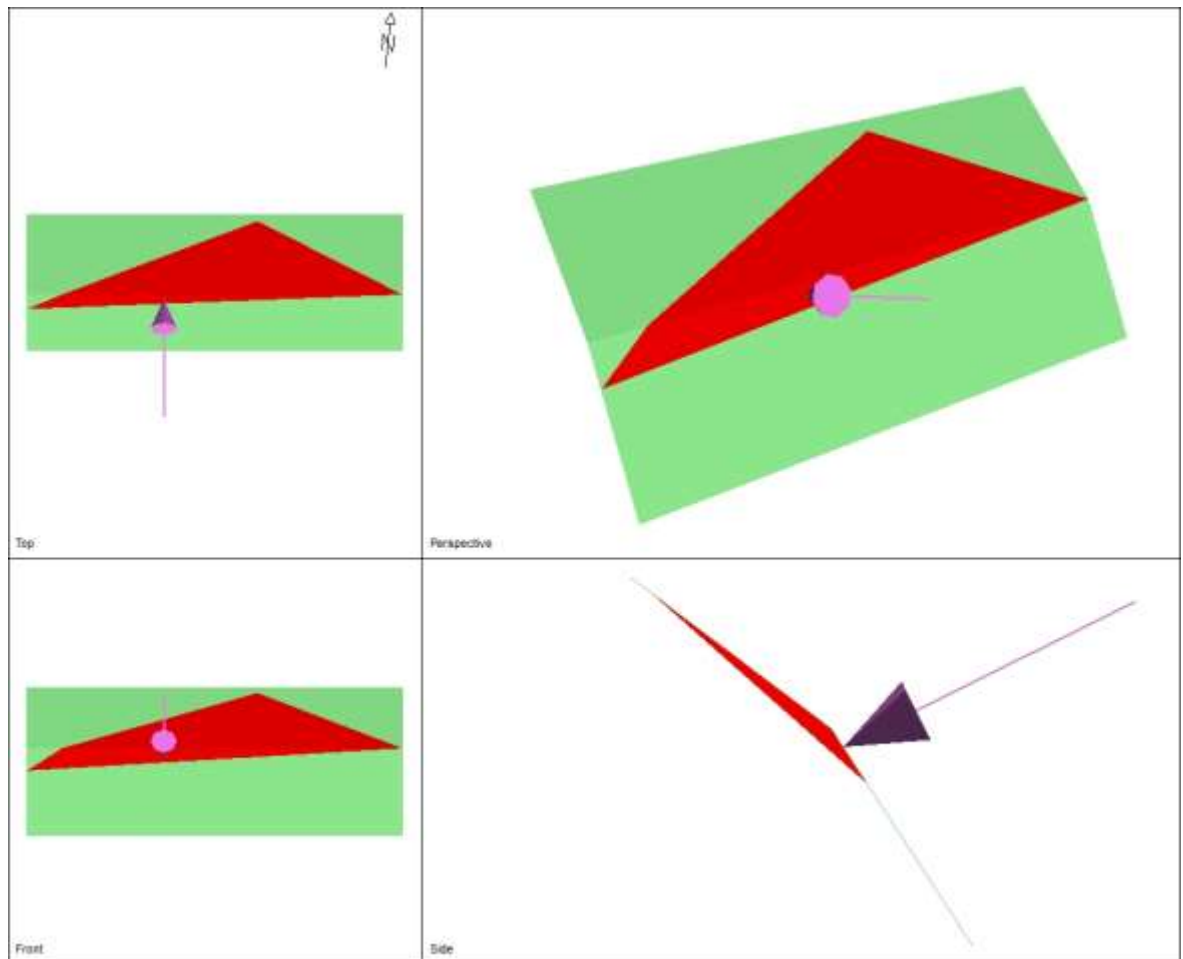
Wedge Vertices:

- Coordinates in Easting,Northing,Up Format
- 1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope

Point	x	y	z
124	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
134	-1.0194149648	0.8270249360	1.4306150657
234	23.7881755138	3.4344077621	1.4306150657
123	-7.6375030867	15.4266001830	12.8932089280

TALUD T-2. INTERSECCIÓN J2-J3

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE INTERSECCIÓN DE DISCONTINUIDADES



Swedge Analysis Information

Document Name:

- T-210106_Desmonte presa Barrendiola-LEGAZPI (J2-J3)

Project Summary:

- Job Title: T-210106_Desmonte presa Barrendiola-LEGAZPI (T-2)
- Company: IKERLUR SL
- Date Created: 10/02/2021, 12:51:48

Analysis Results:

- Analysis type: Deterministic
- Safety Factor: 1.4997
- Wedge height (on slope) [m]: 1.79
- Bench width (on upper face) [m]: 5.87
- Wedge volume [m³]: 24.297
- Wedge weight [tonnes]: 63.173
- Wedge area (joint1) [m²]: 8.27
- Wedge area (joint2) [m²]: 121.99
- Wedge area (slope) [m²]: 28.99
- Wedge area (upper face) [m²]: 100.02

Effective Normal and Strength Properties:

	Joint 1	Joint 2
Effective Normal force [tonnes]	0.00	73.93
Effective Normal stress [t/m^2]	0.00	0.61
Shear Strength [t/m^2]	0.00	0.35
Strength due to Waviness [t/m^2]	0.00	0.00

- Driving force [tonnes]: 28.46
- Resisting force [tonnes]: 42.68

Failure Mode:

- Sliding on joint2

Joint Sets 1&2 line of Intersection:

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
17.49	243.10	20.67

Trace Lengths:

	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	3.51	17.27
Joint 2	30.08	13.72

Persistence:

- Joint 1 [m]: 20.67
- Joint 2 [m]: 30.08

Intersection Angles:

	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	33.27	122.39
Joint 1 & Crest	142.66	25.20
Joint 2 & Crest	4.06	32.41

Dip and Dip Direction:

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	84.00	155.00
Joint Set 2	39.00	176.00
Slope	57.00	174.00
Upper Face	37.00	174.00

Joint Set 1 Data:

- Cohesion [t/m^2]: 0.00
- Friction Angle [deg]: 30.00

Joint Set 2 Data:

- Cohesion [t/m^2]: 0.00
- Friction Angle [deg]: 30.00

Slope Data:

- Slope height [m]: 7.00
- Rock unit weight [t/m^3]: 2.60
- Water pressures in the slope: NO
- Overhanging slope face: NO
- Externally applied force: YES
- Tension crack: NO

External Force Data:

- Number of external forces: 1

#	Plunge [deg]	Trend [deg]	Force [tonnes]
1	26.50	354.00	27.30

Resultant:

- Trend [deg]: 354.00
- Plunge [deg]: 26.50
- Force [tonnes]: 27.30

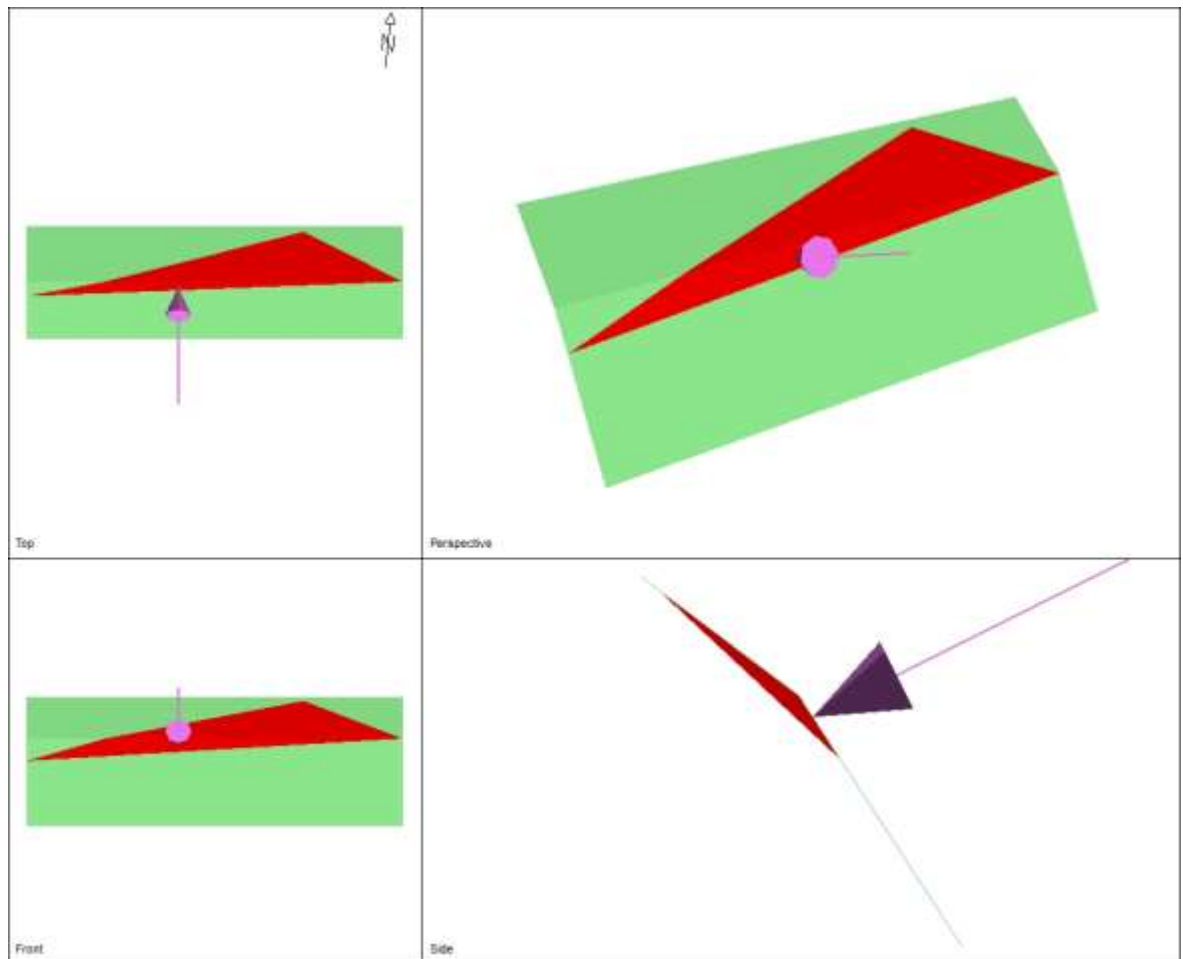
Wedge Vertices:

- Coordinates in Easting,Northing,Up Format
- 1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope

Point	x	y	z
124	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
134	2.6568222050	1.4461359864	1.7870138447
234	29.7143515418	4.2899969155	1.7870138447
123	17.5828683334	8.9194301518	6.2120022987

TALUD T-2. INTERSECCIÓN J3-J4

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE INTERSECCIÓN DE DISCONTINUIDADES



Swedge Analysis Information

Document Name:

- T-210106_Desmonte presa Barrendiola-LEGAZPI (J3-J4)

Project Summary:

- Job Title: T-210106_Desmonte presa Barrendiola-LEGAZPI (T-2)
- Company: IKERLUR SL
- Date Created: 10/02/2021, 12:51:48

Analysis Results:

- Analysis type: Deterministic
- Safety Factor: 1.4995
- Wedge height (on slope) [m]: 1.79
- Bench width (on upper face) [m]: 3.99
- Wedge volume [m³]: 14.421
- Wedge weight [tonnes]: 37.495
- Wedge area (joint1) [m²]: 82.98
- Wedge area (joint2) [m²]: 6.06
- Wedge area (slope) [m²]: 25.29
- Wedge area (upper face) [m²]: 59.37

Effective Normal and Strength Properties:

	Joint 1	Joint 2
Effective Normal force [tonnes]	43.88	0.00
Effective Normal stress [t/m^2]	0.53	0.00
Shear Strength [t/m^2]	0.31	0.00
Strength due to Waviness [t/m^2]	0.00	0.00

- Driving force [tonnes]: 16.89
- Resisting force [tonnes]: 25.33

Failure Mode:

- Sliding on joint1

Joint Sets 1&2 line of Intersection:

Plunge [deg]	Trend [deg]	Length [m]
11.92	250.88	23.22

Trace Lengths:

	Slope Face [m]	Upper Face [m]
Joint 1	30.08	9.33
Joint 2	6.61	16.63

Persistence:

- Joint 1 [m]: 30.08
- Joint 2 [m]: 23.22

Intersection Angles:

	Slope Face	Upper Face
Joint 1 & Joint 2	14.73	130.09
Joint 1 & Crest	4.06	32.41
Joint 2 & Crest	161.21	17.50

Dip and Dip Direction:

	Dip [deg]	Dip Direction [deg]
Joint Set 1	39.00	176.00
Joint Set 2	57.00	333.00
Slope	57.00	174.00
Upper Face	37.00	174.00

Joint Set 1 Data:

- Cohesion [t/m^2]: 0.00
- Friction Angle [deg]: 30.00

Joint Set 2 Data:

- Cohesion [t/m^2]: 0.00
- Friction Angle [deg]: 30.00

Slope Data:

- Slope height [m]: 7.00
- Rock unit weight [t/m^3]: 2.60
- Water pressures in the slope: NO
- Overhanging slope face: NO
- Externally applied force: YES
- Tension crack: NO

External Force Data:

- Number of external forces: 1

#	Plunge [deg]	Trend [deg]	Force [tonnes]
1	26.50	354.00	16.20

Resultant:

- Trend [deg]: 354.00
- Plunge [deg]: 26.50
- Force [tonnes]: 16.20

Wedge Vertices:

- Coordinates in Easting,Northing,Up Format
- 1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope

Point	x	y	z
124	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
134	29.7143515418	4.2899969155	1.7870138447
234	6.1058931533	1.8086479508	1.7870138447
123	21.4620321499	7.4391222956	4.7970677186