



Estudio Geotécnico para la estabilidad de un talud en C/Zarugalde (Arrasate, Gipuzkoa)

ARRASATEKO UDALA

OCTUBRE 2007

INDICE

1. Introducción	Página 2.
2. Encuadre geotectónico	Página 3.
3. Caracterización geomecánica	Página 6.
4. Recomendaciones constructivas	Página 10.
4.1. Estabilidad de taludes	Página 10.
4.2. Otras recomendaciones	Página 13.
4.3. Mediciones para presupuesto	Página 14.

ANEXOS:

Anexo I: Fichas de datos en campo

Anexo II: Proyección estereográfica de planos

Anexo III: Cálculos de roturas por estereografía

Anexo IV: Cálculos numéricos de roturas

INTRODUCCIÓN

El objeto del presente informe es la realización de un estudio de estabilidad de un talud en la trasera de los edificios de C/ Zarugalde de Arrasate-Mondragón (Gipuzkoa). El presente estudio se ha realizado para el Ayuntamiento de Mondragón-Arrasateko Udala durante el mes de octubre de 2007.

La metodología de investigación del presente estudio ha consistido en:

- Realización de cuatro estaciones geomecánicas (anexo I) cerca de la zona potencialmente inestable junto con la caracterización de los materiales observados en la parcela y toma de datos in situ (medidas estructurales y resistencia por martillo de Schmidt)
- Interpretación de todos los datos obtenidos (anexo II)
- Cálculo de la estabilidad del talud (anexos III y IV)

La zona de estudio se encuentra dentro de la zona urbana del núcleo de Arrasate-Mondragón, donde se han encontrado zonas de inestabilidades, que están afectando a las edificaciones cercanas.

ENCUADRE GEOTECTÓNICO

Geología y tectónica

Los materiales aflorantes en la zona de estudio presentan una complicada disposición estructural producto de las sucesivas fases de deformación que han sufrido durante la orogenia Alpina.

El análisis estructural realizado en toda la zona y sus alrededores ha puesto de manifiesto la existencia de tres fases de deformación superpuestas, todas ellas de edad terciaria (alpina) que son las responsables de la disposición estructural que se observa en la cartografía geológica.

La zona de estudio corresponde a uno de los flancos del anticlinal asociado a la falla inversa de Udala, que es un accidente de vergencia norte cuya traza cartográfica queda registrada en Mondragón (en su parte NE), Bergara, Elorrio y Otxandiano y monta los materiales urgonianos del sector de Udala (unidad de Yurre) sobre los materiales supraurgonianos de la unidad de Oiz.

La génesis de este accidente parece relacionarse con el funcionamiento de la falla de Bilbao.

Así, los materiales aflorantes pertenecen a la unidad de Yurre, del sector de Udala, de edad Aptiense-Albiense (Urgoniano). El Urgoniano del sector de Udala está formado por una serie de facies calcáreas y terrígenas interconectadas espacial y genéticamente.

Las facies calcáreas de Udala-Kurutzetxiki son el conjunto más característico del Urgoniano, estando formado por facies de calizas más o menos puras, que pasan gradualmente de unas a otras.

Las calizas organógenas masivas del monte Udala son las típicas calizas urgonianas, micríticas, muy recristalizadas, donde pueden observarse con frecuencia rudistas, corales y otros restos fósiles. También pueden verse en

ocasiones intercalaciones bioclásticas, así como ostreidos, lamelibranquios, crinoides, etc, e incluso intercalaciones de materiales terrígenos sobre todo en los términos de tránsito de cambios de facies.

La zona estudiada es un tramo más calcáreo formado por calizas arcillosas oscuras, margocalizas y margas, igualmente en bancos decimétricos a métricos.

Estas calizas arcillosas, margocalizas y margas cambian lateralmente hacia el Sureste a lutitas y areniscas a través de términos margosos, en algunos casos brechoides. Estas brechas están formadas por cantos calizos englobados en una matriz margocaliza.

Se adjunta el mapa geológico regional a escala 1:25.000 (figura 1).

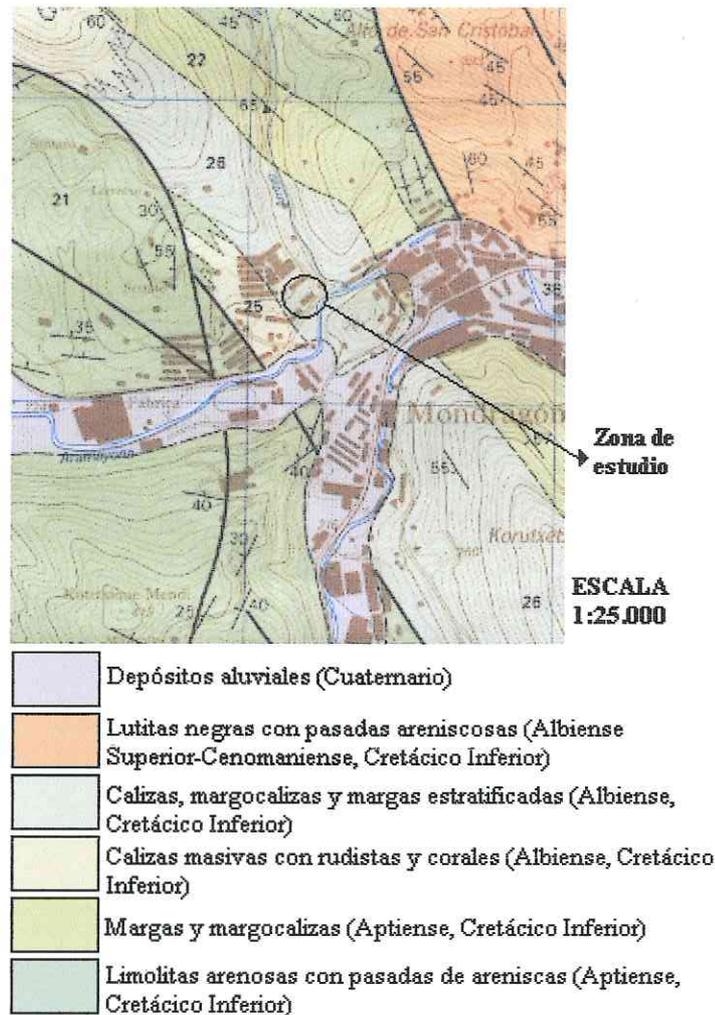


Figura 1: Mapa geológico regional. EVE 88-III, Mondragón.

Sismicidad y expansividad

La **sismicidad** de la zona es de peligrosidad baja con intensidades menores a IV (González de Vallejo, 1987), y la aceleración máxima no superará 0,04g, acorde al mapa de peligrosidad sísmica de la norma de construcción sismorresistente (NCSE-02).

Se estima una peligrosidad baja por **expansividad**, con índices Thornthwaite positivos, de acuerdo al mapa facilitado por el ITGME (1988) sobre Impacto Económico y Social de los Riesgos Geológicos en España.

CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA

El macizo rocoso que se ha encontrado en la zona objeto de estudio es una margocaliza estratificada.

Se trata de un macizo rocoso formado por una roca matriz carbonatada y varias familias de discontinuidades que le confieren al macizo una estructura columnar con tamaño de bloque pequeño a mediano (8-63 cm de lado). Este macizo es de clase IV (bastante fracturado con más de tres familias de discontinuidades) según Hoek & Brown.

Se han medido en la zona de estudio cuatro discontinuidades diferentes (estratificación y cuatro diaclasas) aunque se ha encontrado otra familia en mediciones realizadas en el Parque de Santa Barbara (a 150 m de la zona de estudio). Estas familias tienen las siguientes características:

Tipo	Dirección	Espaciado	Continuidad	Apertura	Rugosidad	Relleno
Estratificación E	233/48	Moderadamente juntas o Juntas	De Baja a Alta	Moderadamente abierta, Cerrada, Parcialmente abierta	Escalonada espejo y lisa Ondulada lisa	Sin relleno
Diaclasa D1	114/60	Moderadamente juntas o Juntas	Muy baja a Baja	Cerrada y Moderadamente abierta	Escalonada lisa Ondulada rugosa y lisa	Sin relleno
Diaclasa D2	139/78	Moderadamente juntas o Juntas	De Baja a Media	Moderadamente abierta	Escalonada rugosa y lisa Ondulada rugosa	Sin relleno
Diaclasa D3	085/30	Moderadamente juntas o Juntas	De Baja a Media	Moderadamente abierta, Cerrada, Parcialmente abierta	Escalonada lisa y espejo	Sin relleno
Diaclasa D4	354/60	Moderadamente juntas o Juntas	De muy baja a Alta	Cerrada y Moderadamente abierta	Escalonada rugosa Ondulada lisa	Sin relleno
Diaclasa D5*	178/65	Moderadamente juntas	Baja	Cerrada	Escalonada lisa	Sin relleno

*Diaclasa medida en Parque Santa Barbara

Este macizo rocoso se encuentra débilmente meteorizado (grado de meteorización II, ver fotos del anexo I).

La roca matriz presenta colores azulados oscuros (ver fotos del anexo I) y tiene una resistencia a compresión simple de 31 a 150 MPa (310-1500 Kg/cm²), medido con el martillo Schmidt. Según la Geological Society se trata de una roca de moderadamente débil a moderadamente dura.

Este macizo rocoso se encuentra húmedo aunque no hay agua presente. No se han encontrado evidencias de que este macizo rocoso sea agresivo al hormigón.

La calidad del macizo rocoso según Bieniawski (1989) es media (clase III, RMR=53).

RMR básico (BIENIAWSKI, 1989)			
Parámetro	Valor	Valoración	
1 Resistencia matriz PLT(MPa)	1,6	4	
2 RQD	40	6	
3 Separación de diaclasas (cm)	30	10	
4 Estado de las diaclasas	Longitud (m)	5	2
	Apertura (mm)	0,5	3
	Rugosidad*	ligeramente	3
	Relleno* (mm)	duro	6
	Alteración*	0,05	6
5 Agua*	ligeramente	5	
	humedo	7	
RMR =		46	
CLASE		III Media	

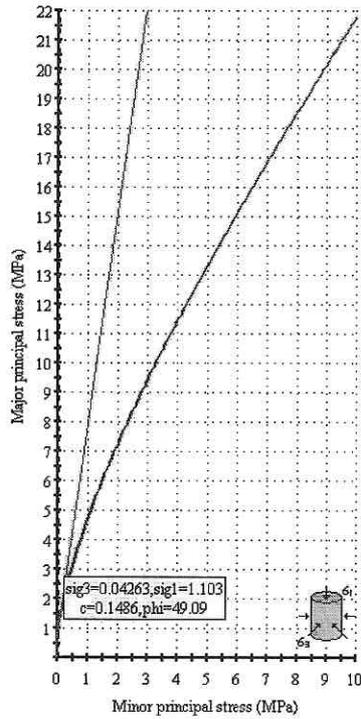
Rugosidad	Las opciones son: "muy", "rugosa", "ligeramente", "ondulada" y "suave".
Relleno	En la primera fila indicar si es "duro" o "blando" y en la segunda indicar el espesor.
Alteración	Las opciones son: "inalterada", "ligeramente", "moderada", "muy" y "descompuesta".
Agua	Las opciones son: "seco", "algo", "humedo" "goteando" y "fluyendo".

MATERIAL	Margocaliza en Zarugalde
-----------------	--------------------------

Si se quieren realizar cálculos, los parámetros geotécnicos de este macizo rocoso son densidad 25 KN/m²; cohesión 149 KN/m²; ángulo de rozamiento interno 49°; Coeficiente de balasto K₃₀ 80 MPa; módulo de Young 2997 MPa; Coeficiente de Poisson 0,30 y permeabilidad 7x10⁻¹⁰ m/s:

El diagrama de rotura del macizo rocoso encontrado se adjunta en la figura siguiente (ver figura 2).

Analysis of Rock Strength using RocLab



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 40 MPa
 GSI = 46 $m_i = 7$ Disturbance factor (D) = 0.7
 intact modulus (E_i) = 36000 MPa
 modulus ratio (MR) = 900

Hoek-Brown Criterion

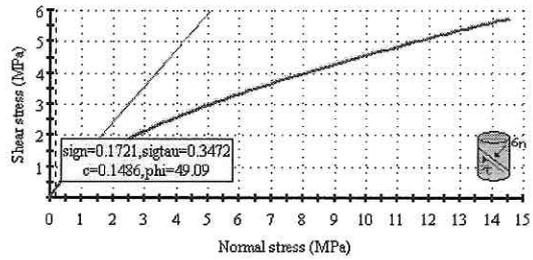
$m_b = 0.360$ $s = 0.0004$ $a = 0.508$

Mohr-Coulomb Fit

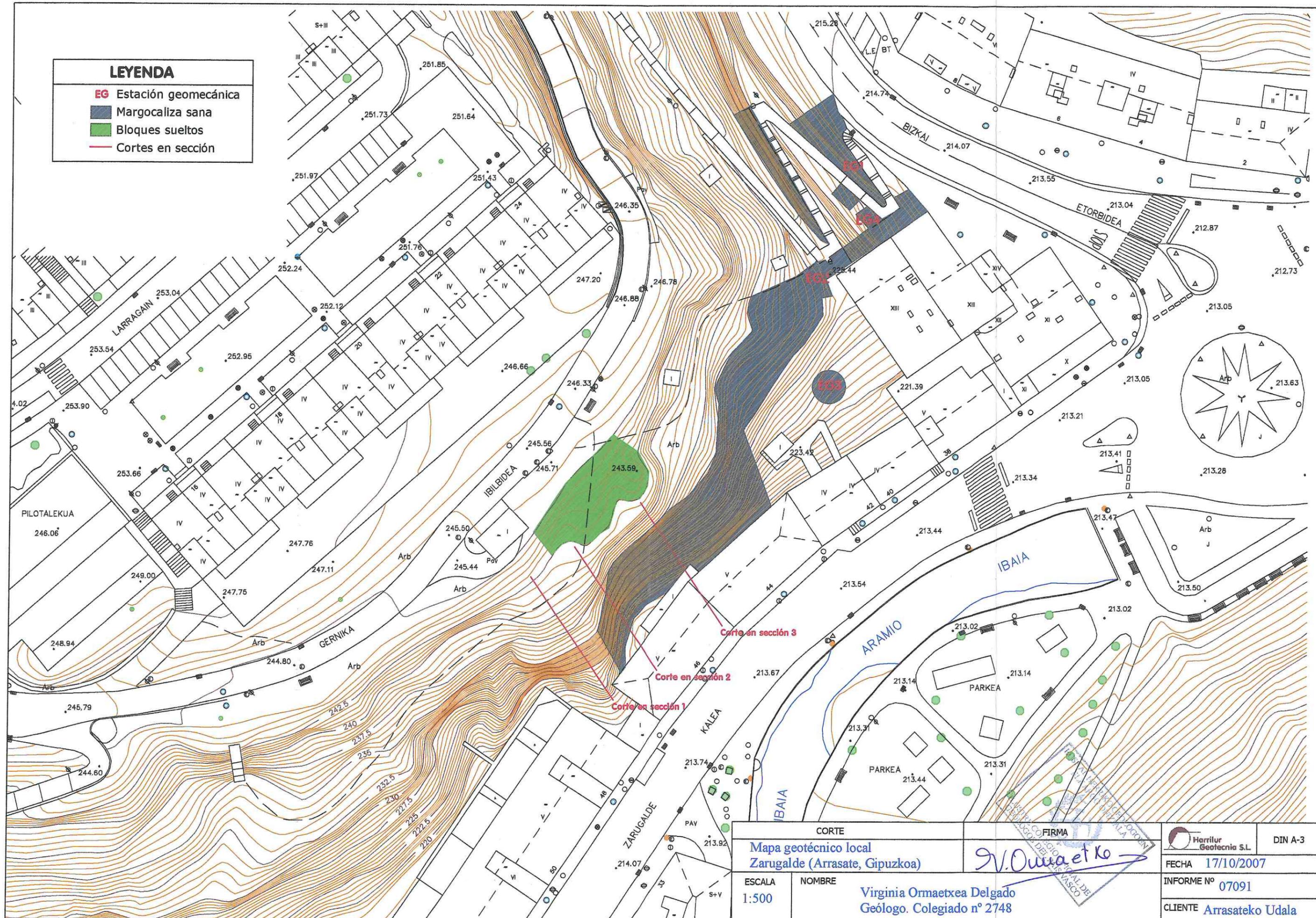
cohesion = 1.118 MPa friction angle = 18.75 deg

Rock Mass Parameters

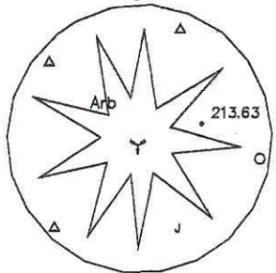
tensile strength = -0.044 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.753 MPa
 global strength = 3.120 MPa
 deformation modulus = 2997.47 MPa



Se adjunta en la página siguiente, el mapa geotécnico de la zona a escala 1:500 (ver figura 3).



LEYENDA	
EG	Estación geomecánica
[Blue shaded area]	Margocaliza sana
[Green shaded area]	Bloques sueltos
[Red line]	Cortes en sección



CORTE		FIRMA	
Mapa geotécnico local Zarugalde (Arrasate, Gipuzkoa)		[Signature]	
ESCALA	NOMBRE	Harrilur Geotecnia S.L. DIN A-3	
1:500	Virginia Ormaetxea Delgado Geólogo. Colegiado nº 2748	FECHA 17/10/2007	
		INFORME Nº 07091	
		CLIENTE Arrasateko Udala	

RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

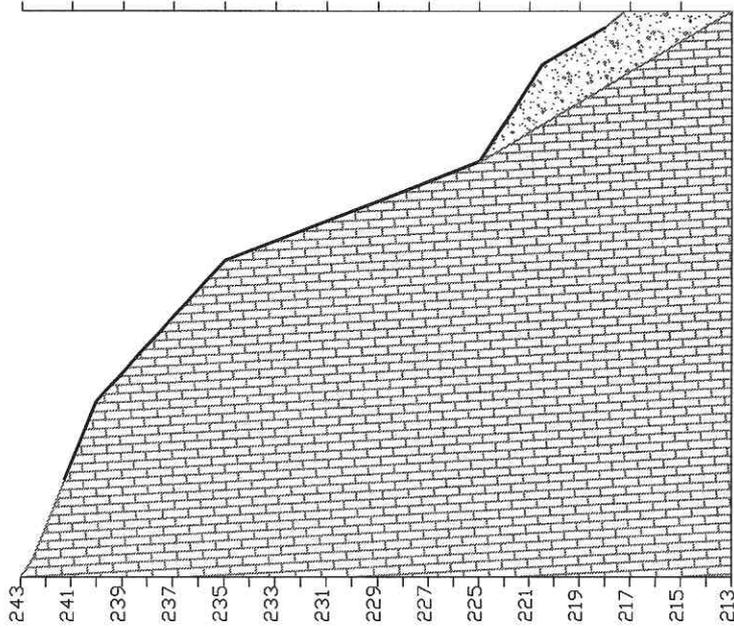
Estas recomendaciones que se indican a continuación, se basan en datos puntuales, que necesariamente han debido ser interpolados e interpretados, por lo que se recomienda que se comprueben las conclusiones del presente informe durante la ejecución de la estabilización y que las obras sean supervisadas por técnicos con conocimientos y experiencia geotécnica. Cabe destacar que la zona no era accesible para medir en la zona más inestable, con lo que han extrapolado los datos estructurales a los taludes considerados.

Por otro lado, el proyectista que firma este informe no se hace responsable de las acciones que se tomen que no se contemplen en este informe, ni se hará responsable de las consecuencias derivadas de dichas acciones.

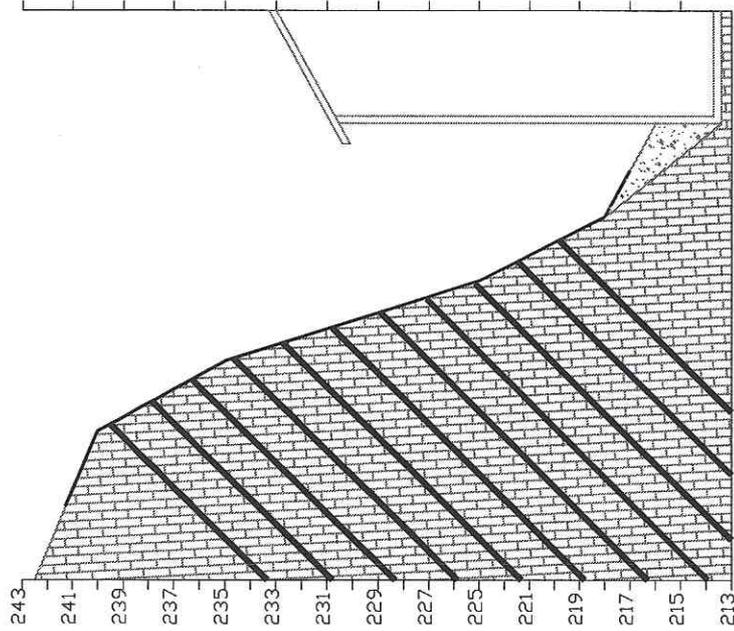
Se adjuntan en la página siguiente varios cortes en sección de la parcela, situados según el mapa de situación de la página anterior, para una mejor interpretación del terreno y de la obra a realizar.

4.1. ESTABILIDAD DE TALUDES

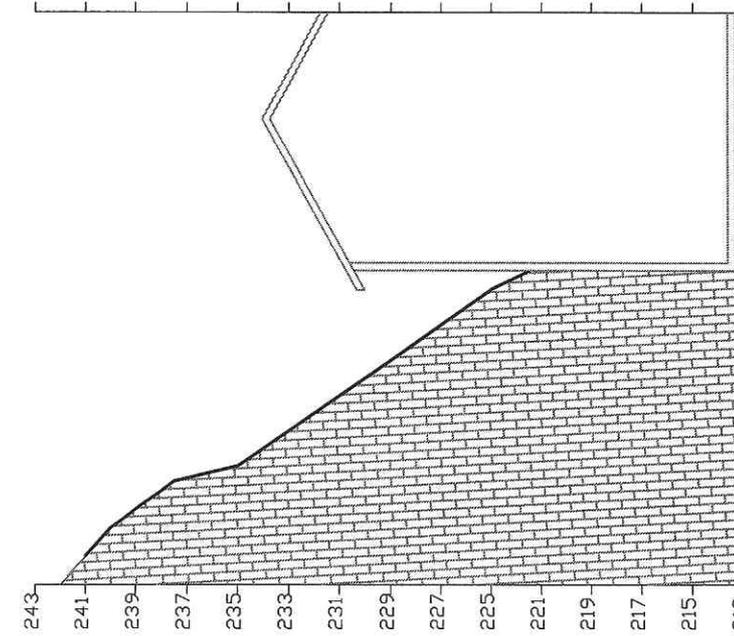
Las soluciones constructivas se han dividido en tres secciones, en función de la distinta dirección y buzamiento del talud, ya que estas diferencias hacen que su comportamiento geomecánico difiera considerablemente: la zona más al este (Talud 1 con dirección 143/62); el talud más al oeste (Talud 2 con dirección 149/69) y una zona de transición entre ambos taludes (Talud 3 con dirección 100/77). Todos los cálculos realizados se encuentran en los anexos III y IV. Las diferentes inestabilidades y su solución de estabilización se indica a continuación:



Corte en sección 1



Corte en sección 2



Corte en sección 3

LEYENDA	
	Relleno o tierra vegetal
	Margocaliza
	Anclajes
	Mallazo bulonado

CORTE

Cortes en sección
Zarugalde (Arrasate, Gipuzkoa)

ESCALA
1:300

DIBUJADO POR:
Virginia Ormaetxea Delgado
Geólogo. Colegiado nº 2748

FIRMA

V. Ormaetxea



 **Harrilur
Geotecnia S.L.**

DIN A-4

FECHA 23/10/2007

INFORME Nº 07091

CLIENTE Arrasateko Udala

Talud 1 (143/62)

Las roturas posibles que se pueden dar son cuñas entre la estratificación (233/48) con la diaclasa D1 (114/60) y la diaclasa D3 (085/30); la diaclasa D1 (114/60) con la diaclasa D5 (178/65); la diaclasa D3 (085/30) con la diaclasa D5 (178/65); y vuelco con la discontinuidad D4 (354/60). Casi todas las cuñas resultan estables, ya que tanto los cálculos numéricos según el programa desarrollado por la Universidad de Cantabria (ver anexo IV) como los cálculos realizados por el método de Klaus John (ver anexo III), han dado un factor de seguridad aceptable (factor de seguridad mayor de 2,2). Sólo la cuña D1-D5, necesitaría un sostenimiento de 22 KN en un área de 6,25 m², que podría ser asumido por una malla de triple torsión bulonada al macizo rocoso.

Talud 2 (149/69)

Las roturas posibles que se pueden dar son cuñas entre la estratificación (233/48) con la diaclasa D1 (114/60) y la diaclasa D3 (085/30); la diaclasa D1 (114/60) con la diaclasa D5 (178/65); la diaclasa D3 (085/30) con la diaclasa D5 (178/65); y vuelco con la discontinuidad D4 (354/60). Casi todas las cuñas resultan estables, ya que tanto los cálculos numéricos según el programa desarrollado por la Universidad de Cantabria (ver anexo IV) como los cálculos realizados por el método de Klaus John (ver anexo III), han dado un factor de seguridad aceptable (factor de seguridad mayor de 2,2). Sólo la cuña D1-D5, necesitaría un sostenimiento de 17 KN en un área de 6,25 m², que podría ser asumido por una malla de triple torsión bulonada al macizo rocoso.

Talud 3 (100/77)

Las roturas posibles que se pueden dar son cuñas entre la estratificación (233/48) con la diaclasa D1 (114/60) y la diaclasa D3 (085/30); la diaclasa D1 (114/60) con la diaclasa D2 (139/78) y con la D3 (085/30) y con la D4 (354/60) y con la D5 (178/65); la diaclasa D2 (114/60) con la diaclasa D3 (085/30) y con la diaclasa D4 (354/60); la diaclasa D3 (085/30) con la diaclasa D4 (354/60) y con la diaclasa D5 (178/65); rotura planar de las discontinuidades D1 (114/60) y D3 (085/30); y vuelco con la estratificación (233/48). Algunas de las cuñas y una de las roturas planares resultan estables, ya que tanto los cálculos numéricos según el programa desarrollado por la Universidad de Cantabria (ver anexo IV) como los cálculos realizados por el método de Klaus John (ver anexo III), han dado un factor de seguridad aceptable (factor de seguridad mayor de 2,2). Aunque por otro lado, las cuñas y la rotura planar que no han dado un factor de seguridad aceptable, la tensión máxima por anclaje que se debería aplicar en un área de 6,25 m² para elevar el factor de seguridad tanto en las cuñas como en la rotura planar ha dado un resultado de 628 KN (un anclaje C7-15,2 AH1860 de cinco cables separado de otro 2,5 m y situados al tresbolillo). Estos anclajes deberán tener una longitud libre de 33,5 m en la zona superior, 25,0 m en la zona central y 12,5 m en la zona inferior.

4.2. OTRAS RECOMENDACIONES

No se han encontrado ni en la bibliografía, ni en la geología, ni en la caracterización geomecánica del macizo rocoso, evidencias que indiquen que sea agresivo al hormigón.

Convendría además que en todo el talud se coloque un mallazo de triple torsión, bulonado al macizo rocoso y revestido con plantas trepadoras que

absorban bastante agua (para evitar presiones de agua elevadas sobre el talud) y que sus raíces no abran las discontinuidades (raíces no penetrantes).

4.3. MEDICIONES PARA PRESUPUESTO

1. ELIMINACIÓN DE ELEMENTOS

Resumen	Unidades	1	2	3	Parciales	Cantidad
Desbrozado manual incluido traslado de material, incluido arneses de seguridad.	m ²	35,83	34,56		2	70,39
		34,56	34,43		2	68,99
		34,43	31,59		2	66,02
		31,59	32,07		2	63,66
		32,07	32,16		2	64,23
		32,16	32,44		2	64,6
		32,44	31,97		2	64,41
		31,97	28,97		2	60,94
		28,97	28,01		2	56,98
		28,01	26,77		2	54,78
		26,77	25,89		2	52,66
		25,89	22,52		2	48,41
		22,52	26,56		2	49,08
		26,56	25,07		2	51,63
		25,07	23,77		2	48,84
		23,77	22,82		2	46,59
		22,82	21,89		2	44,71
		21,89	21,20		2	43,09
		21,20	20,11		2	41,31
		20,11	17,92		2	38,03
17,92	16,27		2	34,19		
16,27	14,77		2	31,04		
						1164,58
Quitar la malla actual incluido transporte maquinaria y arneses de seguridad	Ud.					1
						1
Limpieza y eliminación de bloques pequeños sueltos, incluido transporte de maquinaria y arneses de seguridad	m ²	35,83	34,56		2	70,39
		34,56	34,43		2	68,99
		34,43	31,59		2	66,02
		31,59	32,07		2	63,66
		32,07	32,16		2	64,23
		32,16	32,44		2	64,6
		32,44	31,97		2	64,41
		31,97	28,97		2	60,94
		28,97	28,01		2	56,98
		28,01	26,77		2	54,78
		26,77	25,89		2	52,66
		25,89	22,52		2	48,41
		22,52	26,56		2	49,08
		26,56	25,07		2	51,63
		25,07	23,77		2	48,84
		23,77	22,82		2	46,59
		22,82	21,89		2	44,71
		21,89	21,20		2	43,09
		21,20	20,11		2	41,31
		20,11	17,92		2	38,03
17,92	16,27		2	34,19		
16,27	14,77		2	31,04		
						1164,58

2. ANCLAJES Y BULONES

Resumen	Unidades	1	2	3	Parciales	Cantidad
Desplazamiento máquina de anclajes, incluidos operarios	Ud.				1	1
Anclajes C7-15, 2AH1860 de 5 cables, incluido perforación, incluido hormigonado, incluido tesado. Longitud 33,5 m.	Ud.	2 1 1	2 3 4		4 3 4	
Anclajes C7-15, 2AH1860 de 5 cables, incluido perforación, incluido hormigonado, incluido tesado. Longitud 25,0 m.	Ud.	2 1	3 4		6 4	
Anclajes C7-15, 2AH1860 de 5 cables, incluido perforación, incluido hormigonado, incluido tesado. Longitud 12,5 m.	Ud.	1 2	3 4		3 8	32
Desplazamiento máquina de bulones, incluidos operarios	Ud.				1	1
Bulones pasivos de pequeña carga, incluido perforación, incluido hormigonado, para la sujeción de la malla. Longitud 10,0 m.	Ud.		12 12 22			46

3. MALLAZO

Resumen	Unidades	1	2	3	Parciales	Cantidad
Mallazo de triple torsión, incluido transporte, incluido puesta en obra	m ²	29,50	28,40	2	57,90	
		28,40	29,13	2	57,53	
		29,13	27,88	2	57,01	
		27,88	28,44	2	56,32	
		28,44	27,35	2	55,79	
		27,35	27,14	2	54,49	
		27,14	28,12	2	55,26	
		28,12	25,56	2	53,68	
		25,56	24,43	2	49,99	
		24,43	24,33	2	48,76	
		24,33	24,28	2	48,61	
		24,28	21,03	2	45,31	
		21,03	25,50	2	46,53	
		25,50	23,23	2	48,73	
		23,23	22,90	2	46,13	
		22,90	20,90	2	43,80	
		20,90	20,63	2	41,53	
		20,63	20,43	2	41,06	
		20,43	18,50	2	38,93	
		18,50	16,35	2	34,85	
		16,35	15,56	2	31,91	
		15,56	13,78	2	29,34	
						1043,46

4. REVEGETACIÓN

Resumen	Unidades	1	2	3	Parciales	Cantidad
Siembra y colocación de plantas trepadoras,	m ²	35,83	34,56		2	70,39
incluido traslado de maquinaria, incluido		34,56	34,43		2	68,99
preparación del talud, incluido arneses de		34,43	31,59		2	66,02
seguridad		31,59	32,07		2	63,66
		32,07	32,16		2	64,23
		32,16	32,44		2	64,6
		32,44	31,97		2	64,41
		31,97	28,97		2	60,94
		28,97	28,01		2	56,98
		28,01	26,77		2	54,78
		26,77	25,89		2	52,66
		25,89	22,52		2	48,41
		22,52	26,56		2	49,08
		26,56	25,07		2	51,63
		25,07	23,77		2	48,84
		23,77	22,82		2	46,59
		22,82	21,89		2	44,71
		21,89	21,20		2	43,09
		21,20	20,11		2	41,31
		20,11	17,92		2	38,03
		17,92	16,27		2	34,19
		16,27	14,77		2	31,04
						1164,58

Se adjunta en la página siguiente, un plano esquemático donde se indican las distintas actuaciones a realizar sobre el talud (ver figura 5).

Arrasate, a 29 de octubre de 2007.



Fdo: Virginia Ormaetxea Delgado.

Geólogo. Colegiado nº 2748.



LEYENDA	
	Anclajes y mallazo bulonado
	Mallazo bulonado

Plano de actuaciones
Zarugalde (Arrasate, Gipuzkoa)

ESCALA
1:400

DIBUJADO POR:
Virginia Ormaetxea Delgado
Geólogo. Colegiado nº 2748

CORTE

Virginia Ormaetxea

FIRMA

INSTRUMENTO DE ENJECAJIMIENTO DE LA OFICINA DE ARQUITECTURA

Harrilur Geofecnia S.L.
 DIN A4

FECHA **23/10/2007**

INFORME Nº **07091**

CLIENTE **Arrasateko Udala**

ANEXO I

FICHAS DE DATOS EN CAMPO

INFORMACIÓN GENERAL

TAMAÑO AFLORAMIENTO	
1	> 10 m ²
2	5-10 m ²
3	1-5 m ²
4	<1 m ²
5	Linear

TIPO DE AFLORAMIENTO	
1	Natural
2	Excavación construcción
3	Calicata
4	Zanja
5	Túnel
6	Otros

INFORMACIÓN DE LA MATRIZ ROCOSA

COLOR DEL MATERIAL	
1	Claro
2	Oscuro
1	Rosa
2	Rojizo
3	Rosáceo
4	Amarillento
5	Marrón
6	Marrónáceo
7	Aceitunado
8	Verdoso
1	Verde
2	Azul
3	Amarillo
4	Marrón
5	Aceituna
6	Verde
7	Azul
8	Blanco
9	Gris
0	Negro

TAMAÑO GRANO		
1	Muy grueso	> 60 mm
2	Grueso	2-60 mm
3	Medio	60 μ-2 mm
4	Fino	2-60 μ
5	Muy fino	< 2 μ

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE

1	Extremadamente débil: se araña con la uña
2	Muy débil: se desmenuza a golpes de martillo y se descascarilla con navaja
3	Débil: se descascarilla con navaja con dificultad. Se araña con la punta del martillo
4	Medianamente resistente: no se descascarilla con navaja y se rompe con un golpe de martillo
5	Resistente: Se necesita más de un golpe de martillo
6	Muy resistente: se necesitan muchos golpes de martillo para romper un trozo
7	Extremadamente resistente: el trozo sólo puede astillarse con martillo

INFORMACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

ESTRUCTURA DEL MEDIO ROCOSO	
I	Masiva: pocas juntas o espaciado muy ancho
II	De bloque: aproximadamente equidimensional
III	Tabular: una dimensión más pequeña que las otras
IV	Columnar: una dimensión mayor que las otras
V	Irregular: amplias variaciones de tamaño y forma
VI	Desmenuzada: muchas juntas

TAMAÑO BLOQUE		
1	Muy grande	> 2 m
2	Grande	60 cm - 2 m
3	Medio	20-60 cm
4	Pequeño	6-20 cm
5	Muy pequeño	< 6 cm

GRADO DE METEORIZACIÓN

I	Sana: débil coloración en las superficies de las discontinuidades
II	Débilmente met: medio rocoso decolorado y ser algo más débil externamente
III	Moderadamente met: menos de la mitad del material está descompuesto hasta suevo
IV	Muy met: más de la mitad del material está descompuesto, aparece roca sana en discontinuo
V	Completamente met: toda la roca está descompuesta y la estructura original intacta
VI	Suelo residual: todo el material se ha transformado a suelo y sin estructura original

PRESENCIA DE AGUA

1	La discontinuidad está cementada y seca, flujo de agua no es posible
2	La discontinuidad está seca sin evidencias de flujo de agua
3	Está seca pero muestra evidencias de flujo de agua (manchas de moho)
4	Está húmeda pero no hay agua presente
5	Muestra filtración y gotos ocasionales pero sin flujo continuo
6	Muestra flujo de agua continuo (estimar en l/min)

FICHA DE CAMPO DE CARACTERIZACIÓN DE MACIZOS ROCOSOS

1. Información general

Ficha nº	EG1	Proyecto	07091
Lugar	Zarugalde, Arrasate (Gipuzkoa)		
Fecha	17-10-07	Nº de hojas	1
Operador	V. ORMAETXEA		
Localización	ESTACIÓN GEOMECÁNICA 1		
Afloramiento			
Tamaño	1	Tipo	2

2. Información del material rocoso

Color	279	Tamaño de grano	5
Resistencia de la roca			
Medido	56 Mpa	Estimado	5
Tipo de roca	MARGOCALIZA		
Descripción de la roca			
Margocaliza con alto contenido en carbonato			

3. Información del medio rocoso

Estructura del medio rocoso	IV
Grado de meteorización	II

Tamaño de bloque	3
Presencia de agua	4

Familias de discontinuidades

Tipo	Nº	Dirección	Espaciado	Continuidad	Apertura	Rugosidad	Relleno
Estratificación E		233/48	Moder.juntas	Baja	Mod.abierta	Escalonada espejo	
Diaclasa	D1	114/60	Juntas	Muy baja	Mod.abierta	Ondulada rugosa	
Diaclasa	D2	139/78	Juntas	Media	Mod.abierta	Escalonada rugosa	
Diaclasa	D3	085/30	Moder.juntas	Media	Mod.abierta	Escalonada espejo	
Diaclasa	D4	354/60	Juntas	Baja	Cerrada	Ondulada lisa	

4. Resistencia medida con martillo schmidt

Plano	Posición	Lecturas	Media	Resultado
1	↘	31-29-22-37-43-37-40-26-33-40-32-48	34,8	54 MPa
14	→	30-39-41-39-26-42-45-43-36-43-26-37	37,6	58 MPa
				MPa

5. Observaciones



Tipo de plano	Dirección buzamiento	Buzamiento	Espacado (cm)	Continuidad		Apertura (mm)	Rugosidad	Relleno					Observaciones
				Dirección	Buzamien.			Composi-ción	Espe-sor (mm)	Me-teori-zación	Filtra-ciones	Resisten-cia (MPa)	
D4	50	70	24	III	I		V			II	H	54	
E	237	53	8	V	III	2	III	Oxido	0,2	II	H		
D4	55	31	14	I	I		III			II	H		
E	210	60	7	I	I	4	IV			II	H		
D1	119	54	8	I	I	4	II	Calcita	0,5	I	H		
D4	19	52	13	I	I	0,2	IV			I	S		
D2	140	66	3	III	III	0,2	I			I	S		
D4	36	36	9	II	II		V			II	H		
D1	110	66	22	I	I	0,4	IV			I	S		
E	250	68	27	I	I	0,2	III			I	S		
D3	103	66	24	III	II	5	III			II	H		
E	220	64	43	I	I	0,2	I			II	H		
D1	120	59	9	I	I	0,2	IV			II	H		
D3	93	71	17	III	I		III			II	H	58	
E	244	63	29	I	I	0,2	III			II	H		
D4	6	33	13	II	III	5	V			II	H		
D2	145	81	21	II	II	4	I			II	H		
E	227	49	8	I	I	0,2	IV			II	H		
D4	0	72	4	I	I	0,2	II			II	H		
E	221	42	14	II	II	5	II			II	H		

Estación nº	Lugar	Proyecto	Fecha	Nº de hoja	Operador
EG1	Zarugalde (Arrasate)	07091	17/10/2007	2 de 8	Virginia Ormaetxea

FICHA DE CAMPO DE CARACTERIZACIÓN DE MACIZOS ROCOSOS

1. Información general

Ficha nº	EG2	Proyecto	07091
Lugar	Zarugalde, Arrasate (Gipuzkoa)		
Fecha	17-10-07	Nº de hojas	3
Operador	V. ORMAETXEA		
Localización	ESTACIÓN GEOMECAÁNICA 2		
Afloramiento			
Tamaño	1	Tipo	2

2. Información del material rocoso

Color	279	Tamaño de grano	5
Resistencia de la roca			
Medido	47 Mpa	Estimado	5
Tipo de roca	MARGOCALIZA		
Descripción de la roca			
Margocaliza con alto contenido en carbonato			

3. Información del medio rocoso

Estructura del medio rocoso	IV
Grado de meteorización	II

Tamaño de bloque	3
Presencia de agua	4

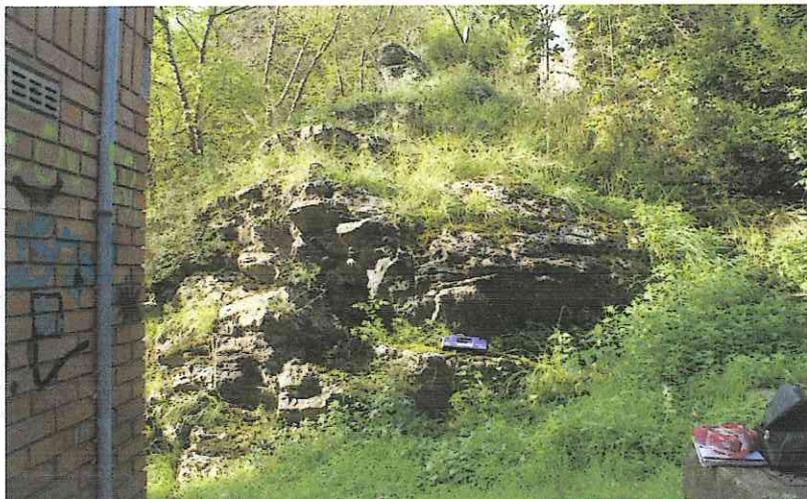
Familias de discontinuidades

Tipo	Nº	Dirección	Espaciado	Continuidad	Apertura	Rugosidad	Relleno
Estratificación E		233/48	Juntas	Alta	Mod.abiert	Escalonada lisa	
Diaclasa	D1	114/60	Juntas	Baja	Cerrada	Escalonada lisa	
Diaclasa	D2	139/78	Moder.juntas	Baja	Cerrada	Escalonada lisa	
Diaclasa	D3	085/30	Juntas	Baja	Parc.abiert	Escalonada lisa	
Diaclasa	D4	354/60	Moder.juntas	Alta	Mod.abiert	Ondulada lisa	

4. Resistencia medida con martillo schmidt

Plano	Posición	Lecturas	Media	Resultado
8	→	33-33-20-26-36-33-43-37-40-31-42-25	33,6	46 MPa
12	↘	41-37-29-23-35-18-40-40-31-29-38-26	32,8	49 MPa
				MPa

5. Observaciones



Tipo de plano	Dirección buzamiento	Buzamiento	Espaciado (cm)	Continuidad		Apertura (mm)	Rugosidad	Relleno				Observaciones	
				Dirección	Buzamien.			Composi-ción	Espesor (mm)	Mezcla-ri-zación	Filtra-ciones		Resisten-cia (MPa)
D4	40	40	9	IV	IV		IV			II	H		
E	237	42	27	IV	II	1	II			II	H		
D4	35	13	14	III	IV	5	IV			II	H		
D4	8	81	34	I	V	1	V			II	H		
D4	56	65	21	I	IV	0,2	IV			II	H		
D4	333	75	29	I	III	0,2	III			II	H		
E	2333	46	13	I	I	0,5	I			II	H		
D3	85	65	12	I	III	0,2	III			II	H	46	
E	235	42	14	IV	IV	0,2	IV			II	H		
D1	115	57	18	I	II	0,2	II			II	H		
E	237	62	11	IV	IV	7	IV			II	H		
D4	352	61	63	III	IV	0,2	IV			II	H	49	
D3	87	22	56	I	II	1	II			II	H		
D3	85	29	4	II	II	0,5	II			II	H		
E	246	57	5	II	II	0,2	II			II	H		
D4	315	75	26	I	I	0,4	I			II	H		
D4	347	13	52	IV	V	7	V			II	H		
D4	348	64	21	I	V	0,4	V			II	H		
D2	144	75	38	I	II	0,2	II			II	H		
D4	21	56	30	IV	I		I			II	H		

Estación nº	Lugar	Proyecto	Fecha	Nº de hoja	Operador
EG2	Zarugalde (Arrasate)	07091	17/10/2007	4 de 8	Virginia Ormaetxea

FICHA DE CAMPO DE CARACTERIZACIÓN DE MACIZOS ROCOSOS

1. Información general

Ficha nº	EG3	Proyecto	07091
Lugar	Zarugalde, Arrasate (Gipuzkoa)		
Fecha	17-10-07	Nº de hojas	5
Operador	V. ORMAETXEA		
Localización	ESTACIÓN GEOMECÁNICA 3		
Afloramiento			
Tamaño	1	Tipo	2

2. Información del material rocoso

Color	279	Tamaño de grano	5
Resistencia de la roca			
Medido	90 Mpa	Estimado	5
Tipo de roca	MARGOCALIZA		
Descripción de la roca			
Margocaliza con alto contenido en carbonato			

3. Información del medio rocoso

Estructura del medio rocoso	IV	Tamaño de bloque	3
Grado de meteorización	II	Presencia de agua	4

Familias de discontinuidades

Tipo	Nº	Dirección	Espaciado	Continuidad	Apertura	Rugosidad	Relleno
Estratificación E		233/48	Moder.juntas	Baja	Cerrada	Ondulada lisa	
Diaclasa	D1	114/60	Moder.juntas	Muy baja	Cerrada	Ondulada rugosa	
Diaclasa	D2	139/78	Juntas	Media		Escalonada lisa	
Diaclasa	D3						
Diaclasa	D4	354/60	Moder.juntas	Muy baja	Cerrada	Escalonada rugosa	

4. Resistencia medida con martillo schmidt

Plano	Posición	Lecturas	Media	Resultado
5	↓	26-20-14-21-21-25-24-25-24-28-21-21	22,8	31 MPa
17	→	54-43-59-56-59-56-41-56-59-59-49-55	54,6	150 MPa
				MPa

5. Observaciones



Tipo de plano	Dirección buzamiento	Buzamiento	Espaciado (cm)	Continuidad		Apertura (mm)	Rugosidad	Relleno					Observaciones
				Dirección	Buzamien.			Composi-ción	Espesor (mm)	Meteorización	Filtraciones	Resisten-cia (MPa)	
D2	173	62	13	I	I		I			II	H		
D4	281	83	25	I	I	0,2	I			II	H		
E	224	30	23	III	III	0,2	V			II	H		
D2	149	41	11	III	I		II			II	H		
D5	201	28	29	II	II		II			II	H	31	
D5	22	76	55	I	I	16	III	Calcita	16	II	H		
D5	270	83	37	III	III	5	I			II	H		
D5	190	18	13	I	I	0,2	IV			II	H		
D5	279	52	16	II	II	0,5	IV			II	H		
D5	14	66	11	I	I	14	II	Calcita	14	II	H		
D5	267	89	8	II	II	0,2	I			I	H		
D5	167	11	14	I	I	0,2	I			II	H		
D5	46	82	10	I	I	0,2	I			II	H		
D5	330	88	4	I	I	0,2	I			I	H		
D1	120	69	34	II	II	5	IV			II	H		
E	252	44	21	II	II	5	V			II	H	150	
D2	151	62	27	III	II		V			II	H		
D1	100	46	38	I	I		V			II	H		
D1	126	77	30	I	I	0,2	II			I	H		
D2	134	78	10	III	I		III			II	H		

Estación nº	Lugar	Proyecto	Fecha	Nº de hoja	Operador
EG3	Zarugalde (Arrasate)	07091	17/10/2007	6 de 8	Virginia Ormaetxea

FICHA DE CAMPO DE CARACTERIZACIÓN DE MACIZOS ROCOSOS

1. Información general

Ficha nº	EG4	Proyecto	07091
Lugar	Zarugalde, Arrasate (Gipuzkoa)		
Fecha	17-10-07	Nº de hojas	7
Operador	V. ORMAETXEA		
Localización	ESTACIÓN GEOMECÁNICA 4		
Afloramiento			
Tamaño	1	Tipo	2

2. Información del material rocoso

Color	279	Tamaño de grano	5
Resistencia de la roca			
Medido	44 Mpa	Estimado	5
Tipo de roca	MARGOCALIZA		
Descripción de la roca			
Margocaliza con alto contenido en carbonato			

3. Información del medio rocoso

Estructura del medio rocoso	IV	Tamaño de bloque	3
Grado de meteorización	II	Presencia de agua	4

Familias de discontinuidades

Tipo	Nº	Dirección	Espaciado	Continuidad	Apertura	Rugosidad	Relleno
Estratificación E		233/48	Moder.juntas	Baja	Parc.abiert	Ondulada lisa	
Diaclasa	D1	114/60	Moder.juntas	Baja	Cerrada	Ondulada lisa	
Diaclasa	D2	139/78	Moder.juntas	Media	Moder.abie	Ondulada rugosa	
Diaclasa	D3	085/30	Moder.juntas	Media	Cerrada	Escalonada lisa	
Diaclasa	D4	354/60	Moder.juntas	Media	Moder.abie	Ondulada lisa	

4. Resistencia medida con martillo schmidt

Plano	Posición	Lecturas	Media	Resultado
7	→	29-34-30-33-35-33-37-31-34-28-32-42	32,8	43 MPa
19	→	18-15-27-34-35-33-36-35-41-30-43-43	33,4	46 MPa
				MPa

5. Observaciones



Tipo de plano	Dirección buzamiento	Buzamiento	Espaciado (cm)	Continuidad		Apertura (mm)	Rugosidad	Relleno					Observaciones
				Dirección	Buzamien.			Composi-ción	Espesor (mm)	Meteor-i-zación	Filtra-ciones	Resisten-cia (MPa)	
E	205	46	41	IV	IV		VI			II	H		
E	212	52	41	II	II	0,2	IV			II	H		
E	236	87	13	II	II	2	V			II	H		
D4	320	16	14	I	I	5	II			II	G		
D4	354	53	25	I	I	0,2	V			II	H		
D4	221	89	28	I	I	0,5	III			II	H		
E	247	79	5	I	I	0,7	I			II	H	43	
D4	352	53	58	III	III	1	V			II	G		
D3	78	50	31	I	I		II			II	H		
D4	226	89	16	I	I		III			II	G		
D3	88	37	25	I	II		IV			II	H		
D3	82	87	41	III	III		II			II	H		
D4	52	55	30	IV	IV	10	IV			II	H		
D2	152	41	24	III	III	3	IV			II	H		
E	246	82	6	I	I	0,2	II			II	H		
D4	340	88	8	I	I	0,2	V			II	H		
D3	97	32	20	I	II	0,2	II			II	H		
D4	358	27	37	II	III	0,5	I	Oxido	0,1	II	H		
D4	191	79	6	III	III	0,2	V			II	H	46	
D1	126	19	34	II	II	0,2	V			II	H		

Estación nº	Lugar	Proyecto	Fecha	Nº de hoja	Operador
EG4	Zarugalde (Arrasate)	07091	17/10/2007	8 de 8	Virginia Ormaetxea

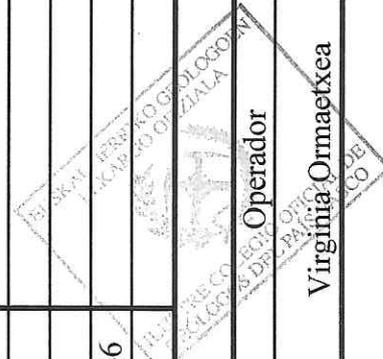




Foto 1: Detalle del macizo rocoso



Foto 2: Detalle de la zona inestable



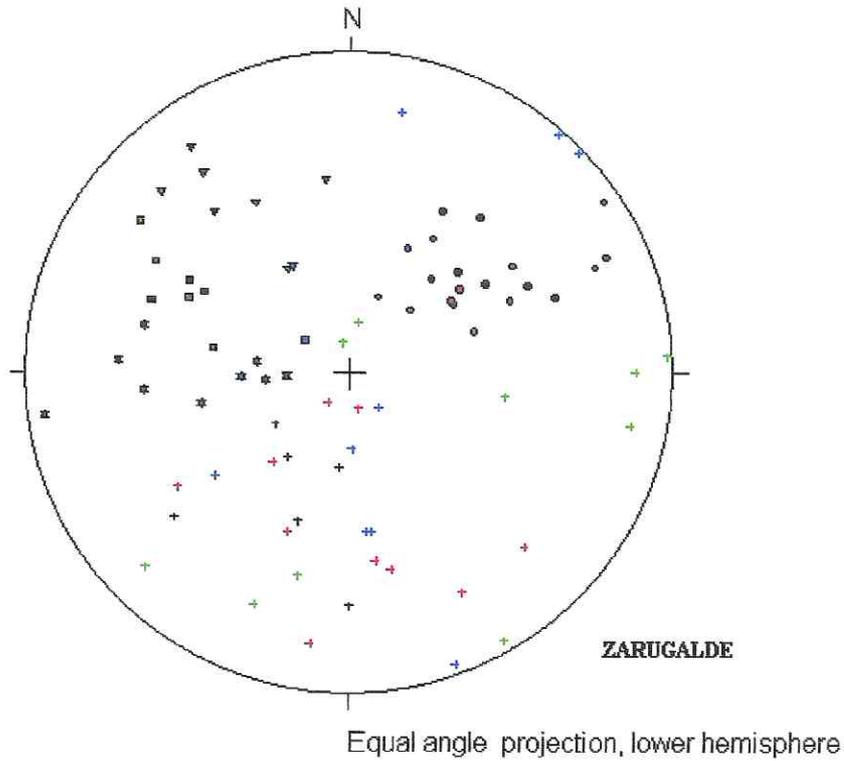
Foto 3: Zona de bloques sueltos en coronación

ANEXO II

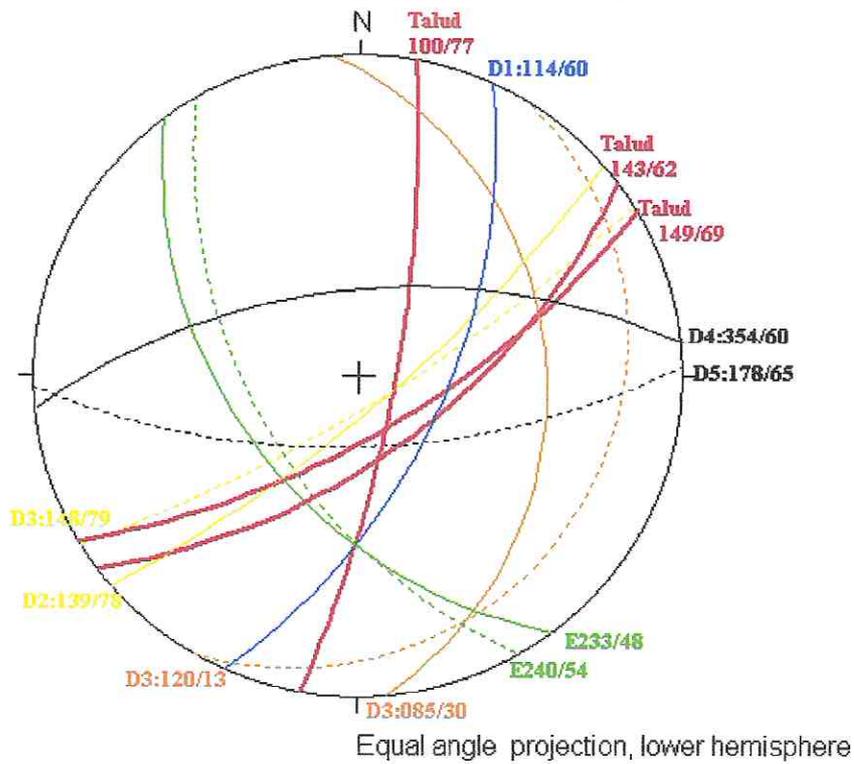
PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA DE PLANOS



DIAGRAMA DE POLOS



FAMILIAS DE PLANOS DEDUCIDAS



Los planos punteados corresponden a discontinuidades medidas en una zona cercana a la zona de estudio (Parque Santa Barbara)

ANEXO III

CÁLCULOS DE ROTURAS POR ESTEREOGRAFÍA

METODO DE ASHBY (SEARCH NET)

El método "Search Net" desarrollado por Ashby se basa en representar todas las discontinuidades mediante polos para conocer todas las posibles roturas que pueda haber, considerando todas las variaciones de dirección y buzamiento que se pueden dar dentro de una misma familia de discontinuidades.

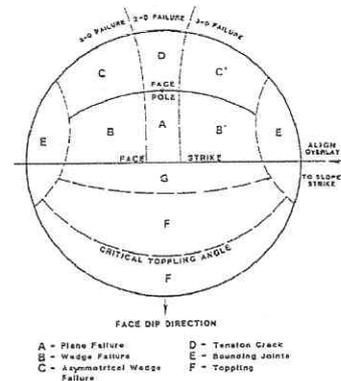
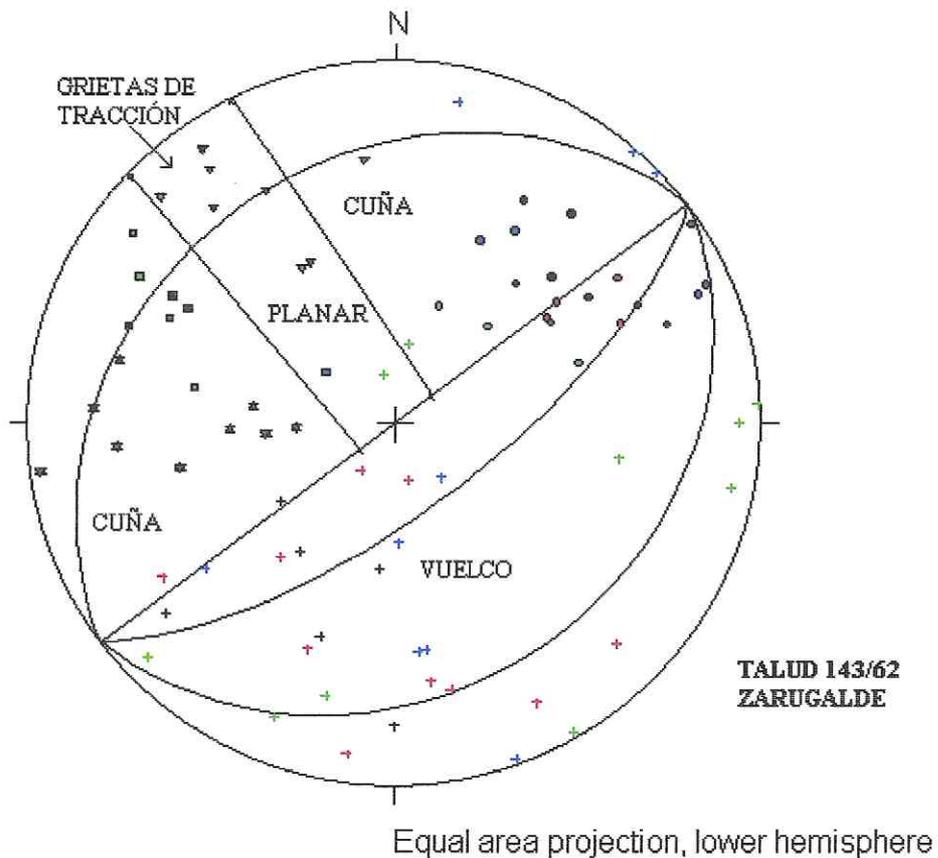
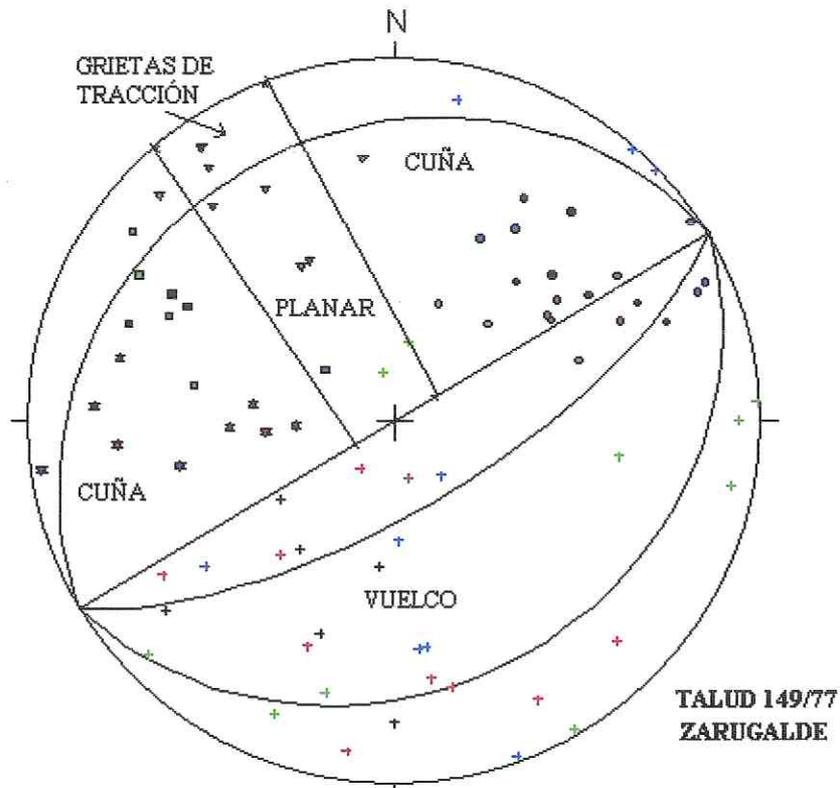


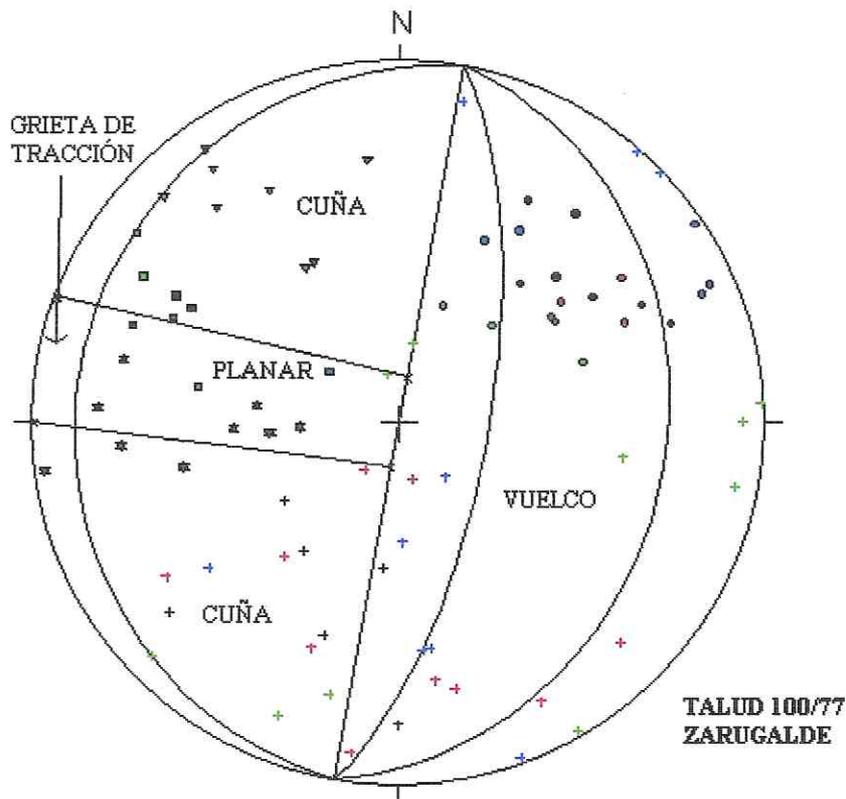
Fig. 6 Complete Search Net (Slope Angle 45°)

Para el talud considerado (subdividido en tres tramos con direcciones y pendientes diferentes), las posibles roturas que se pueden dar, se indican en cada una de las proyecciones estereográficas:





Equal area projection, lower hemisphere

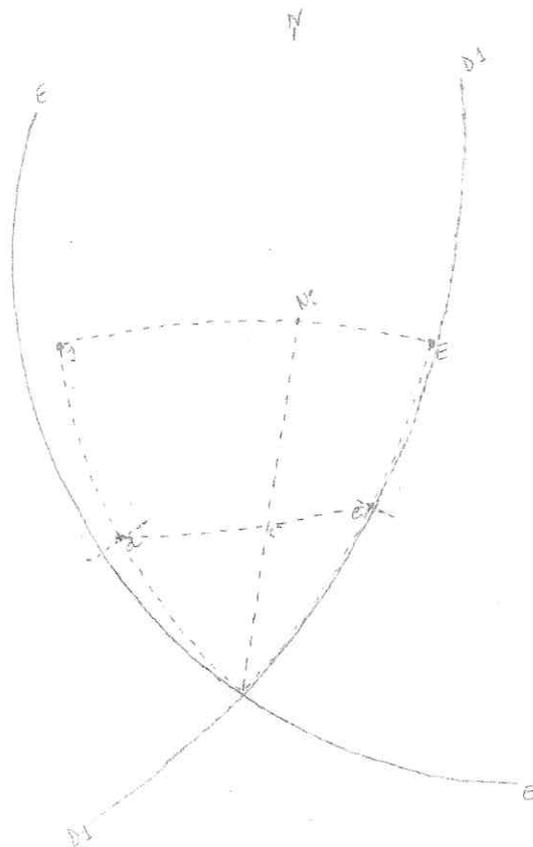


Equal area projection, lower hemisphere

CALCULO DE CUÑAS POR EL MÉTODO DE KLAUS JOHN

El método consiste, básicamente, en relacionar gráficamente los planos de discontinuidad con las fuerzas que actúan sobre ellos y que controlan la estabilidad del macizo rocoso por medio de una plantilla estereográfica (se miden los ángulos entre las distintas fuerzas resultantes que nos permiten calcular los factores de seguridad).

Estratificación y Diaclasa 1



Angulo Ni-i (ϕ_i)=57°

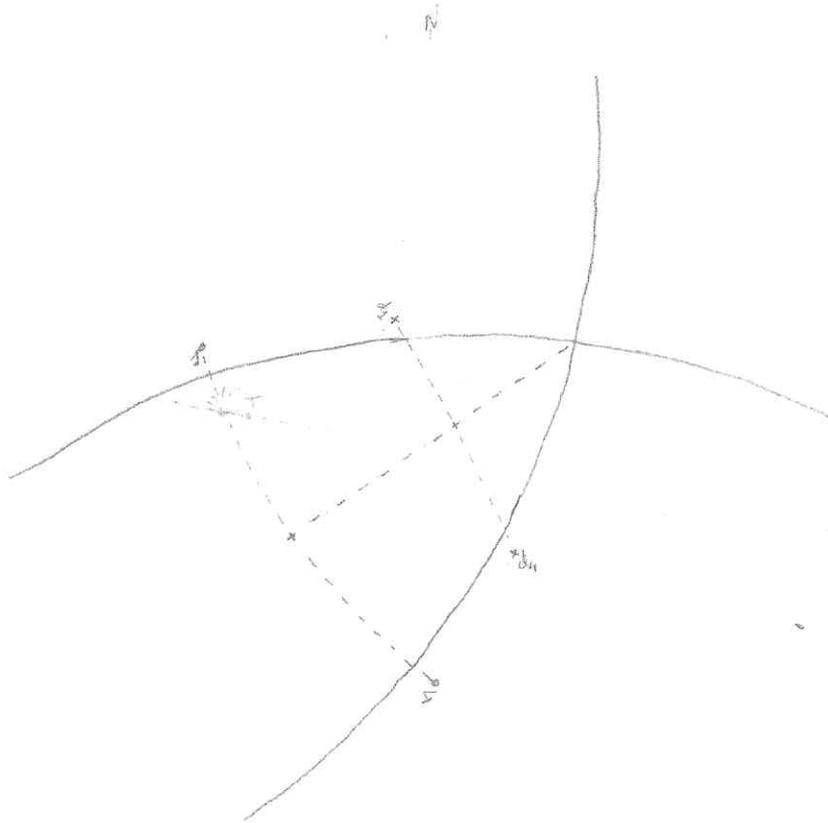
Angulo Ni-W (t_i)=35°

Factor de seguridad:

$\tan \phi_i / \tan t_i = 2,2$

Cuña estable

Diaclasa 1 y Diaclasa 4



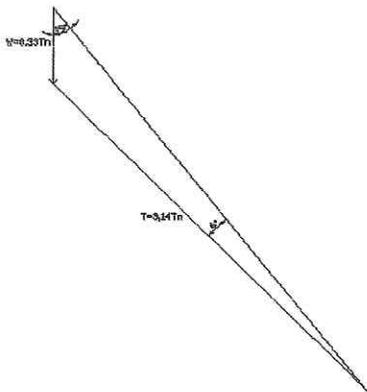
Angulo Ni-i (θ_i)=53°

Factor de seguridad:

Angulo Ni-W (t_i)=41°

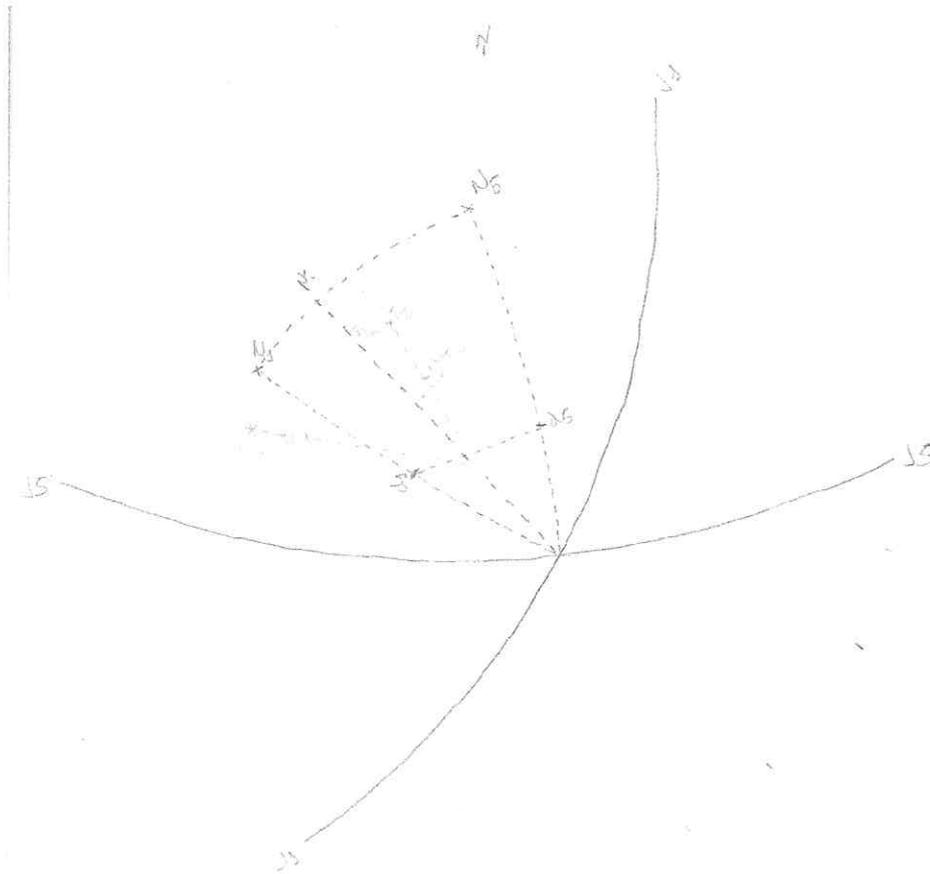
Tan θ_i /Tan t_i =1,52 (Cuña inestable)

Para un factor de seguridad de 2,2, $t_i=31^\circ$, con lo que se mete un anclaje (T) con una dirección 100/45, en el talud 3 (100/77). La fuerza necesaria para alcanzar dicho factor de seguridad:



La tensión del anclaje será de 3,14 Tn para un bloque de $0,38 \times 0,63 \times 0,50 \text{ m}^3$, por lo que en caso de anclajes al tresbolillo separados $2,50 \times 2,50 \text{ m}$, el anclaje deberá soportar 62,8 Tn.

Diaclasa 1 y Diaclasa 5



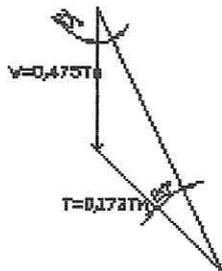
Angulo Ni-i (ϕ_i)=53°

Factor de seguridad:

Angulo Ni-W (t_i)=58°

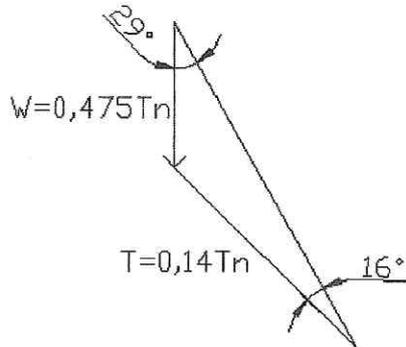
Tan ϕ_i /Tan t_i =0,83 (Cuña inestable)

Para un factor de seguridad de 2,2, $t_i=31^\circ$, con lo que se mete un anclaje (T1) con una dirección 143/45, en el talud 1 (143/62). La fuerza necesaria para alcanzar dicho factor de seguridad:



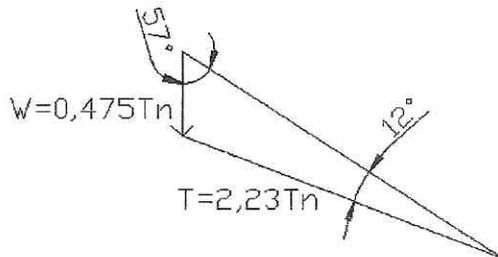
La tensión del anclaje será de 0,173 Tn para un bloque de $0,38 \times 1,00 \times 0,50 \text{ cm}^3$, por lo que en caso de anclajes al tresbolillo separados $2,50 \times 2,50 \text{ m}$, el anclaje deberá soportar 2,2 Tn.

Para un factor de seguridad de 2,2, $t_i=31^\circ$, con lo que se mete un anclaje (T2) con una dirección 149/45, en el talud 2 (149/69). La fuerza necesaria para alcanzar dicho factor de seguridad:



La tensión del anclaje será de 0,14 Tn para un bloque de $0,38 \times 1,00 \times 0,50 \text{ cm}^3$, por lo que en caso de anclajes al tresbolillo separados $2,50 \times 2,50 \text{ m}$, el anclaje deberá soportar 1,7 Tn.

Para un factor de seguridad de 2,2, $t_i=31^\circ$, con lo que se mete un anclaje (T3) con una dirección 100/45, en el talud 3 (100/77). La fuerza necesaria para alcanzar dicho factor de seguridad:



La tensión del anclaje será de 2,23 Tn para un bloque de $0,38 \times 1,00 \times 0,50 \text{ cm}^3$, por lo que en caso de anclajes al tresbolillo separados $2,50 \times 2,50 \text{ m}$, el anclaje deberá soportar 28 Tn.

ANEXO IV

CÁLCULOS NUMÉRICOS DE ROTURAS

ANALISIS DE ESTABILIDAD DE CUÑAS EN TALUDES EN ROCA

Sin cohesión. Sin presiones de agua.

C. Sagaseta. Universidad de Cantabria

Santander. Spain

Caso: Zarugalde, Arrasate (Gipuzkoa)

Discontinuidades:

Familia	Nombre	Dirección de buzamiento	Buzamiento. Rozam.		Dirección de buzamiento:
1	E	233	48	43	0-360° desde N, sentido horario Angulos en grados (°)
2	J1	114	60	45	
3	J2	139	78	55	
4	J3	85	30	52	
5	J4	354	60	35	
6	J5	178	65	55	

Taludes:

Talud:	Nombre	Dirección de Buzamiento	Buzamiento	Dirección de buzamiento:
1	T1	143	62	0-360° desde N, sentido horario Angulos en grados (°)
2	T2	149	69	
3	T3	100	77	
4				
5				
6				

Fuerzas másicas:

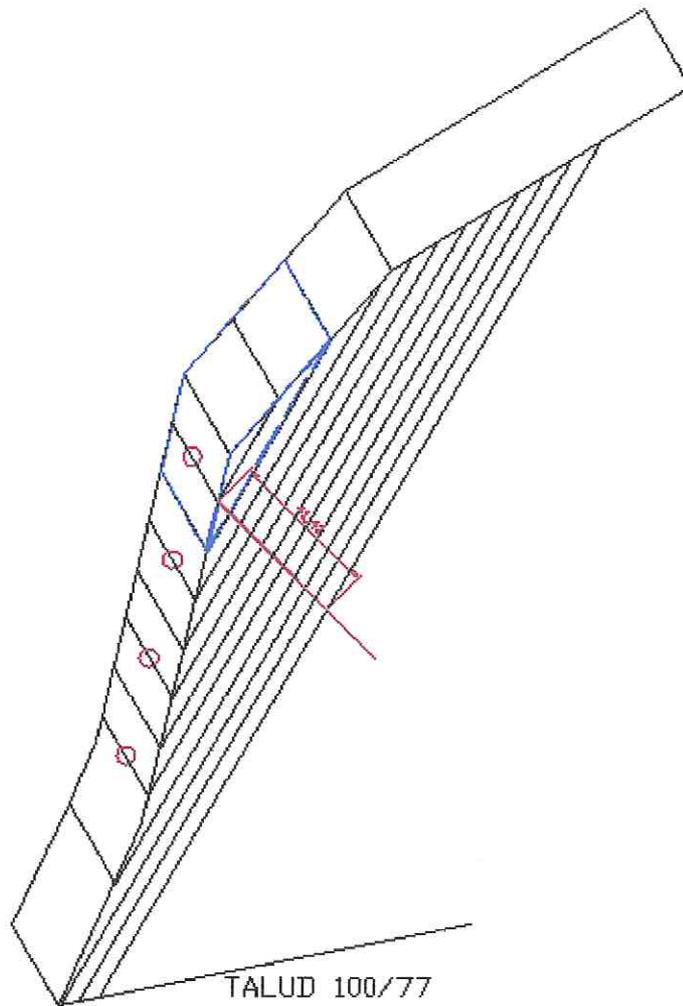
fx	fy	fz
0	0	-1

Ejes: OX: Este
OY: Norte
OZ: Vertical ascendente

Cuñas y planos:

Planos	Arista		Coef. seg. F	Descalzada por talud:		
	Dirección	Buzamiento		T1	T2	T3
E - E	233	48	0,84			
E - J1	181	34	1,95	SI	SI	SI
E - J2	216	47	1,13			
E - J3	154	12	6,81	SI	SI	SI
E - J4	286	33	1,76			
E - J5	237	48	0,97			
J1 - J1	114	60	0,58			SI
J1 - J2	62	47	3,67			SI
J1 - J3	37	21	6,46			SI
J1 - J4	54	41	1,48			SI
J1 - J5	136	58	0,81	SI	SI	SI
J2 - J2	139	78	0,30			
J2 - J3	55	27	3,62			SI
J2 - J4	58	37	2,94			SI
J2 - J5	205	62	1,55			
J3 - J3	85	30	2,22			SI
J3 - J4	66	29	2,37			SI
J3 - J5	103	29	2,60	SI	SI	SI
J4 - J4	354	60	0,40			
J4 - J5	266	4	34,08			
J5 - J5	178	65	0,67			

CALCULO DE ROTURA PLANAR (Discontinuidad D1 114/60)



Factor de seguridad (FS) = Fuerzas resistivas / Fuerzas deslizantes

$$FS = \frac{C \cdot A + W \cos \theta \tan \phi}{W \sin \theta}$$

siendo C·A= Cohesión en un área A

W= Peso del bloque a deslizar

θ = ángulo del peso en el plano de deslizamiento

ϕ = ángulo de rozamiento interno

En el caso de este bloque donde el peso del volumen para un anclaje en una malla de anclajes separados 2,50 x 2,50 m colocados al tresbolillo es de 16.375 Tn, el factor de seguridad resulta:

FS=0.58 (Bloque inestable)

Por lo que se introduce un fuerza T en el talud a 45° respecto la horizontal (que da un ángulo ϕ (=15°) en el plano de deslizamiento) para un factor de seguridad de 2.2, con lo que la fórmula queda:

$$FS = \frac{C \cdot A + (W \cos \theta + T \cos \phi) \tan \phi}{W \sin \theta + T \sin \phi} \Rightarrow T = 57,5 \text{ Tn}$$