





ANEJO Nº3

GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

 caminos País Vasco de Guernsey Guernsey Ports		Fecha	
Expediente		12/06/2023	
2023/02080/02		VISADO	

En este anejo se adjunta el estudio geotécnico y análisis de estabilidad realizado para el depósito de sobrantes completo.

Como en la primera fase se respetaron los taludes y materiales previstos en el proyecto primitivo y como en esta segunda fase se siguen manteniendo los mismos criterios, dicho anejo geotécnico es totalmente válido.

 caminos PAÍS VASCO	
Expediente	Fecha
2023/02080/02	12/06/2023
VISADO	

ANEJO Nº 3. INFORME GEOTÉCNICO

Proyecto Técnico de Relleno para material de excavación del tramo Urdieta-Hernani de la NRFPV en la vaguada de Akan (Hernani-Gipuzkoa)

Í N D I C E

1. INTRODUCCIÓN..... 1

2. DESCRIPCIÓN DEL DEPÓSITO DE SOBANTES DE AKAN 2

2.1. Descripción general..... 2

2.2. Entorno geológico 3

Flysch Detrítico Calcáreo - FDC.....5

2.3. Aspectos geológicos 5

2.3.1. Geomorfología5

2.3.2. Hidrogeología6

2.3.3. Sismicidad8

2.3.4. Karstificación.....9

3. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA REALIZADA 10

4. ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LOS DEPÓSITOS DE SOBANTES 12

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 15

APÉNDICES

APÉNDICE 1. PLANTA Y LOCALIZACIÓN DE LA CAMPAÑA GEOTÉCNICA

APÉNDICE 2. TESTIFICACIÓN DE CATAS

APÉNDICE 3. ENSAYOS DE LABORATORIO

APÉNDICE 4. INFORME DE GEOFÍSICA

APÉNDICE 5. ANEJO DE CÁLCULO - SLIDE

1. INTRODUCCIÓN

Los materiales excedentes de excavación que no puedan ser reutilizados en la propia obra del tramo Urnieta-Hernani de la NRFPV, se gestionarán por eliminación mediante depósitos de sobranes. En este proyecto se va a estudiar la actuación en el depósito de sobranes de Akan. Este depósito de sobranes, está situado aproximadamente en el Pk 5+000 de traza, a unos 300 m a su derecha. Tiene una capacidad de 215.300 m3 y una superficie en planta de 21.900 m2.

Este depósito de sobranes albergará los materiales procedentes de la excavación del túnel de Hernani, en su totalidad.

De modo general y con el objeto de conocer el espesor de los materiales cuaternarios, en este caso fundamentalmente eluviales, para determinar posibles espesores de saneo y conocer el estado del nivel de apoyo a nivel de fracturación y alteración, se plantea la realización de una campaña geotécnica en el depósito de sobranes de Akan.

La investigación geotécnica realizada en el depósito de sobranes de Akan se encuentra representada en un plano, incluido en el Apéndice nº1 "Planta y localización de campaña geotécnica".

Para el estudio del depósito de sobranes de Akan, se han ejecutado 3 calicatas mecánicas (CDP3-3 y CDP3-5) y también se realizaron perfiles longitudinales de geofísica, uno de sismica de refracción (TMS AKAN 1) y otro de tomografía eléctrica (TME AKAN 1), para completar los datos puntuales obtenidos con las catas.

El planteamiento original de la campaña geotécnica, consistía en 6 calicatas, 1 sondeo en el pie de apoyo del relleno y 3 perfiles de geofísica (sismica de refracción y tomografía eléctrica) siendo uno longitudinal y 2 transversales. Esta campaña no ha podido ser realizada en su totalidad debido a la falta de permiso de los dueños de las parcelas, para poder acceder a una de ellas. Además, la frondosidad de la vegetación, también ha impedido que se realizara la geofísica en la parte central y más profunda de la vaguada de Akan.

2. DESCRIPCIÓN DEL DEPÓSITO DE SOBANTES DE AKAN

2.1. Descripción general

El presente proyecto técnico de rellenos recoge la definición del nuevo depósito de sobrantes a generar en la vaguada de Akan como lugar donde recoger los excedentes generados durante la ejecución del tramo Urnieta-Hernani de la Nueva Red Ferroviaria del País Vasco de Alta Velocidad.

Así, se propone un depósito de sobrantes con una capacidad de 215.300 m³ y una superficie en planta de 21.900 m².

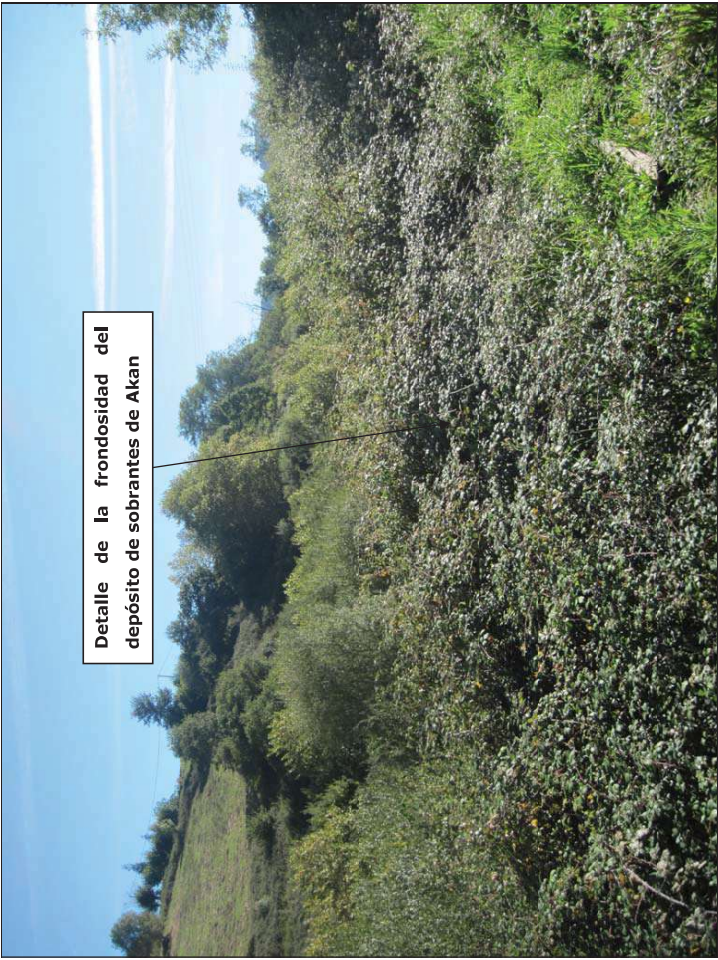
Además, también se incluye en este proyecto la definición de un nuevo vial de acceso a la cabecera del depósito de sobrantes, donde se ubicará la zona de entrada y sus instalaciones aparejadas.

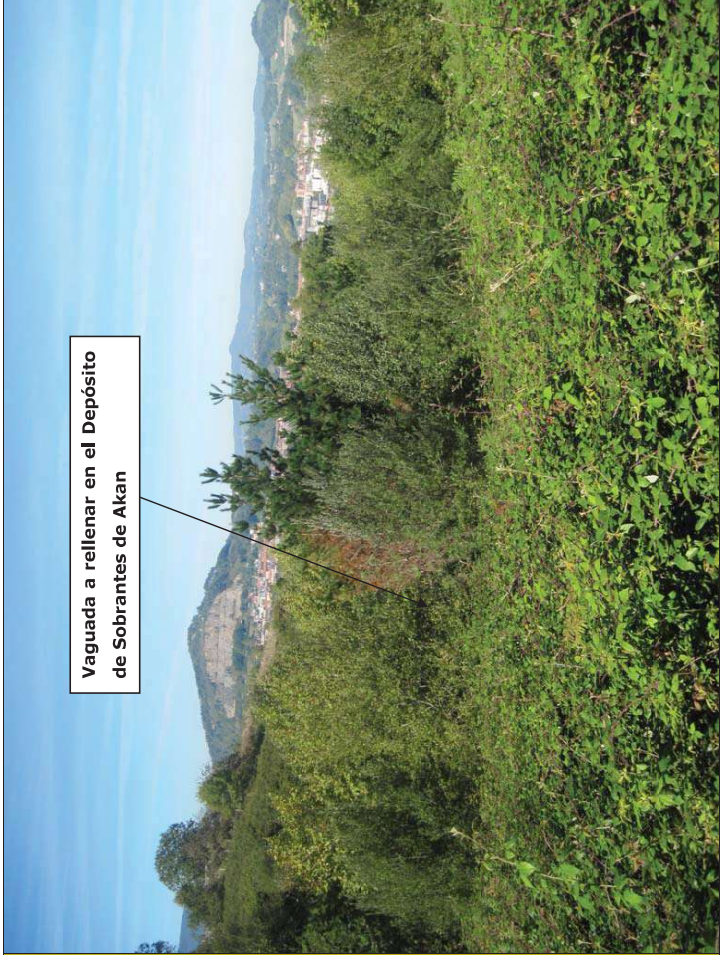
Se contempla asimismo la construcción de un vial interior dentro del depósito que comunique la cabecera de la vaguada con el fondo de la misma. Dicho vial se verá cubierto paulatinamente a medida que se vaya rellenando el depósito.

El depósito de sobrantes está dividido en dos partes bien diferenciadas: su parte inicial (PK 0+000- PK 0+155.140) donde presenta una plataforma con pendiente longitudinal en la dirección del eje principal nula (0%) y pendiente transversal de 5%. Esta geometría se dispone así para aprovechar mejor la vaguada disponible, puesto que la ladera oriental del mismo es más alta que la occidental; de este modo se logra aumentar la cubicación del relleno sin que ello suponga un incremento notable de superficie.

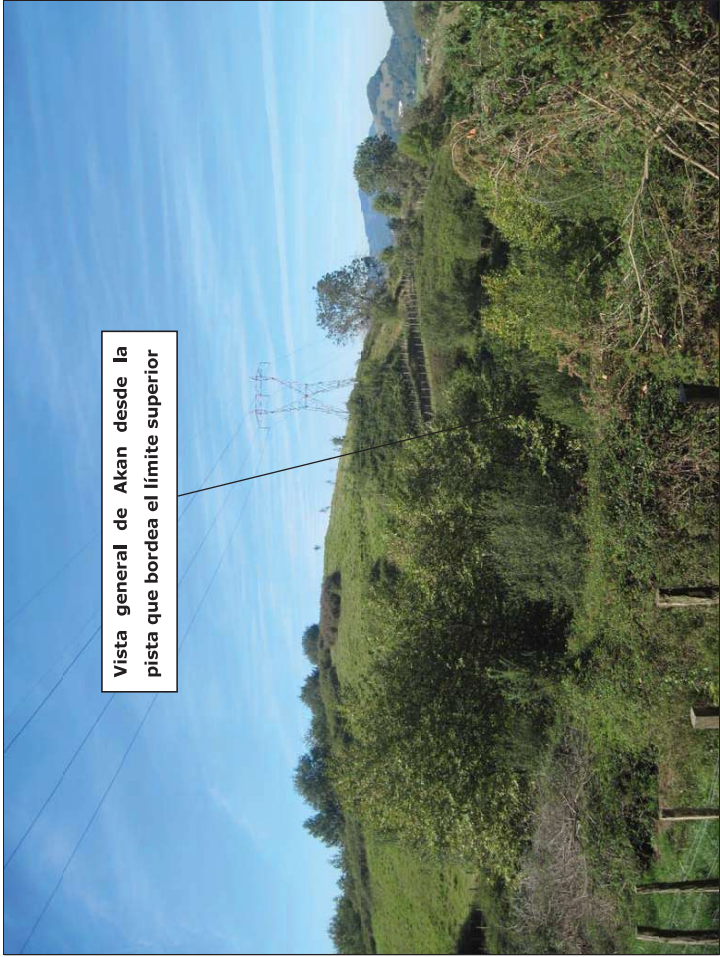
La segunda parte del relleno (PK 0+155.140 - PK 0+288) está constituida por el frente del relleno. Dicho frente está formado por cinco banquetas de 10 m de altura aproximadamente y talud frontal con una pendiente longitudinal de 2,5H:1V y pendiente transversal del 4%. Entre estas banquetas se disponen bermas de 5 m de anchura y pendiente de 2,5% hacia el interior del relleno para evitar que la berma vierta hacia el frente.

A continuación se muestran distintas vistas generales del estado actual de la zona, donde se puede apreciar la vegetación tipo arbustiva de alta densidad.





Vista general de Akan desde la pista que bordea el límite superior

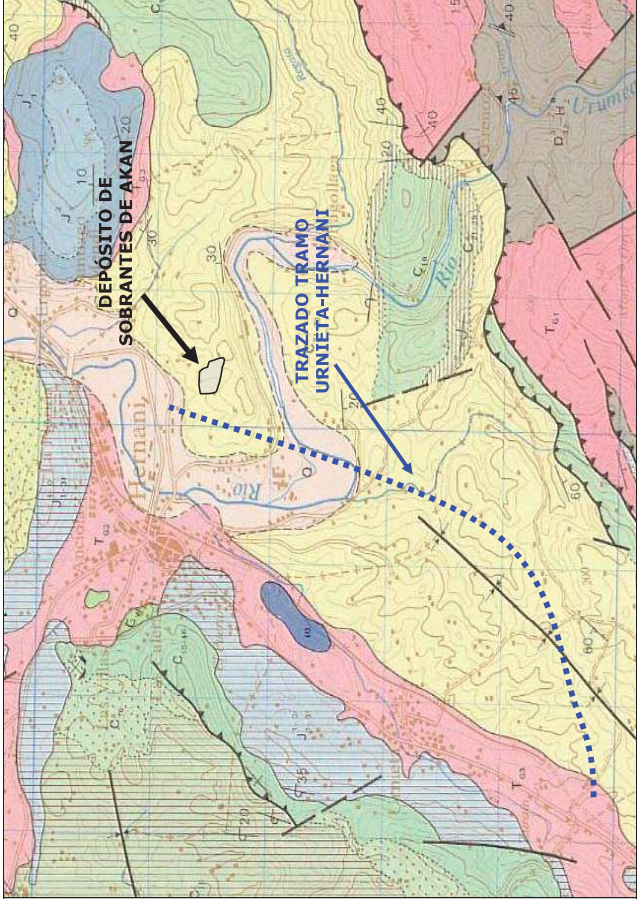


2.2. Entorno geológico

El emplazamiento geotécnico del depósito de sobrantes de Akan, se encuentra muy próximo al trazado del tramo Urnieta-Hernani. Por lo tanto, desde el punto de vista geológico, la zona también se enmarca en la terminación occidental de la cordillera pirenaica, dentro de la denominada cuenca Vasco-Cantábrica, más concretamente adscrita al dominio del Arco Vasco (Rat 1959).

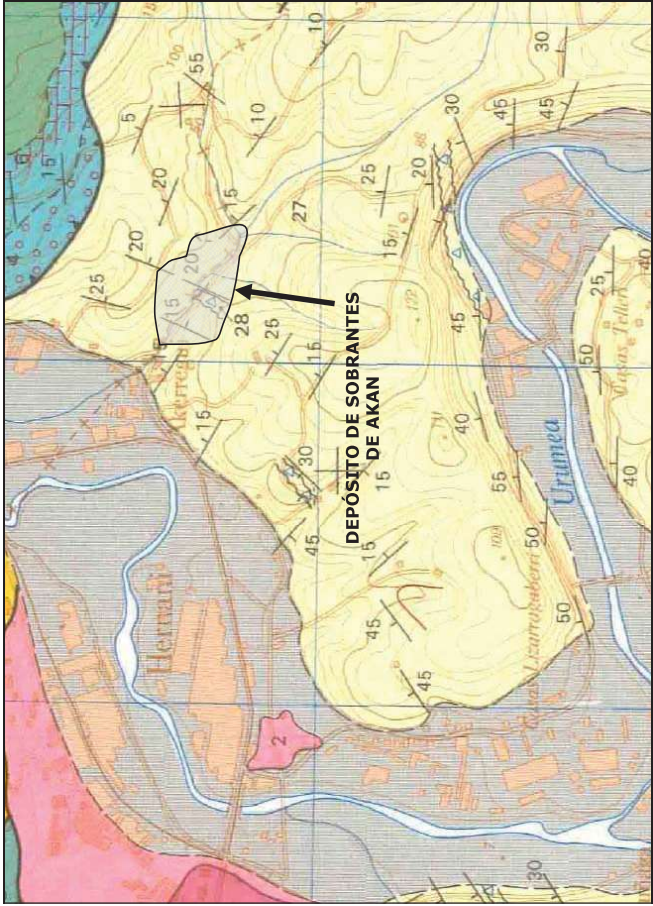
Atendiendo a la organización general del Arco Plegado Vasco, se localizaría dentro del Sector Monoclinal Litoral o Monoclinal de San Sebastián.

Atendiendo a la cartografía geocientífica editada por el Organismo Público de Investigación: **Instituto Geológico y Minero de España** (IGME) el corredor del tramo objeto de análisis se enmarca dentro del Mapa Geológico de España E: **1/50.000**, Hoja 64 24-5 SAN SEBASTIÁN.



Cartografía Geológica del área de proyecto. Modificado del Mapa Geológico de España E: 1/50.000, Hoja 64 24-5 SAN SEBASTIÁN. Fuente de consulta: <http://www.igme.es>.

En base a la cartografía geológica editada por el **Ente Vasco de Energía (EVE)** a escala **1:25.000**, la zona objeto de estudio se encuadraría dentro la Hoja 64-II SAN SEBASTIÁN del mapa geológico del País Vasco



Cartografía Geológica del área de proyecto. Modificado del Mapa Geológico de España E: 1/25.000, Hoja 64-II SAN SEBASTIÁN. Fuente de consulta: <http://www.eve.es/publicaciones/cartografia/inicio.html>.

Fundamentalmente se trata de un substrato rocoso de tipo Flysch Detrítico Calcáreo (FDC) cuyos recubrimientos se encuentran relacionados en su mayoría con el desarrollo de mantos de alteración sobre los materiales del substrato.

Con respecto al substrato rocoso, la zona de estudio se asienta sobre rocas correspondientes al ciclo Mesozoico, de edad cretácica. Aparecen muy deformados y plegados, poniendo en evidencia una tectónica muy activa ligada a la Orogenia Alpina.

Relacionado con la transgresión Santoniense, se describen en la zona dos grandes conjuntos litológicos tipo flysch relacionados entre sí por un tránsito gradual en la vertical, que son los materiales que se reconocieron en el estudio del trazado del tramo Urnieta-Hernani. El flysch que corresponde al substrato del depósito de sobriantes es el Flysch Detrítico Calcáreo (FDC), o serie superior, de alternancia de margas y limolitas calcáreas bien organizadas en bancos de 5 a 20 cm, generalmente y de color gris oscuro, y que intercalan episodios de megaturbiditas.

En su conjunto, los materiales afectados se incluyen dentro de la denominada como Unidad de San Sebastián. Y la zona objeto del análisis comprende una serie turbidítica del Cretácico Superior con una potencia (según datos bibliográficos del IGME) del orden de 1.500 metros.

A continuación se desarrolla el substrato rocoso, que a su vez es el mismo material que se obtiene en la excavación del túnel de Hernani y que origina el todo-uno que rellenará la vaguada.

Flysch Detrítico Calcáreo - FDC

Del Campaniense al Maastrichtiense basal. Aparece en continuidad sobre la unidad FC (Flysch Calcaeo). Se estima su potencia en unos 800 metros, estando la parte superior de la serie truncada mecánicamente.

Se trata de una unidad de naturaleza turbidítica compuesta por monótonas alternancias de margas, margocalizas y areniscas y limolitas carbonatadas de colores grises y negros laminadas de gran continuidad lateral.

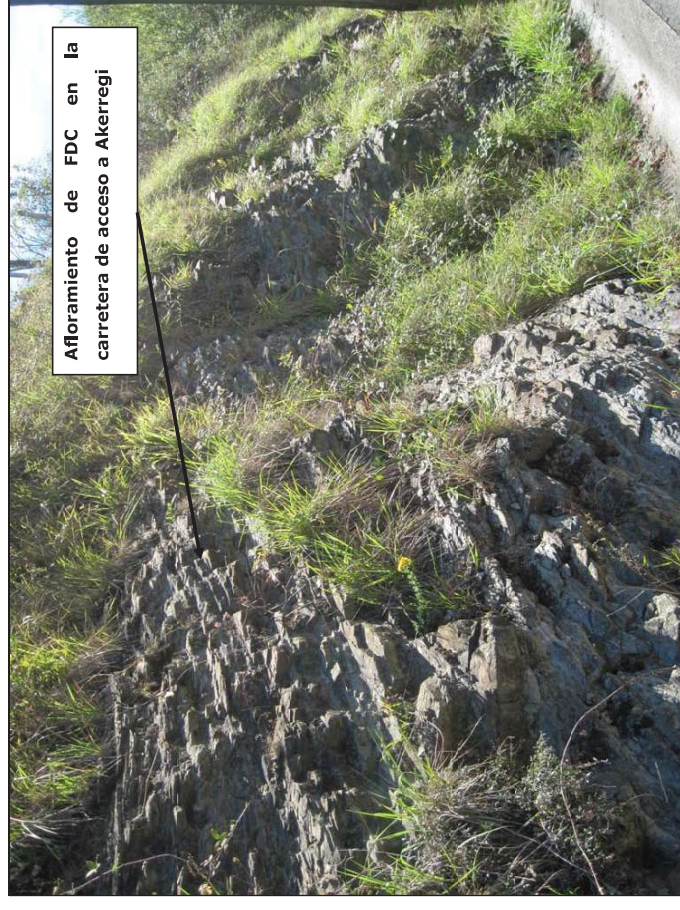
Como rasgos distintivos posee un carácter terrígeno marcado, si bien la serie sigue teniendo un claro carácter carbonatado. En general muestra colores grisáceos más claros que la unidad inferior, por otra parte la unidad FDC presenta niveles métricos de brechas intraformacionales.

Esta unidad se puede interpretar como facies turbídicas de lóbulo distal, compuesta por la repetición de secuencias centimétricas a decimétricas estratodecrecientes grandecrecientes asimilables parcialmente a facies tipo F9 según el modelo de Mutti (Mutti 1992).

En estas secuencias se distinguen de muro (ocasionalmente erosivo) a techo:

- Areniscas y limolitas laminadas grises a blancas y margocalizas laminadas grises en estratos centimétricos a decimétricos con frecuentes laminaciones cruzadas generadas por ripples, presentando en ocasiones base erosivas a veces con irregularidades decimétricas.
- Pasan gradualmente a margocalizas y margas de colores grises a negros laminadas (laminación de decantación, techo plano inferior) a la que se le sobrepone regionalmente una foliación de tipo "Slaty Cleavage" ofreciendo un aspecto pizarroso. Contiene abundantes estructuras sedimentarias tales como "tool marks", "pillows", inyecciones en llama, laminación convoluta, laminaciones cruzadas, ripples y "climbing ripples" que generan superficies de laminación y estratificación lisas onduladas a lisas irregulares.
- Presenta también intradastos por encima de las superficies erosivas y mineralizaciones de pirita en forma de nódulos o como relleno de juntas con formas características de mineralización por relleno. Así como niveles "slumpizados" de espesor centimétrico a decimétrico.

En la siguiente foto tomada en la carretera de acceso a Akerregi, se observa el FDC bastante sano, que encontraremos de substrato del depósito de sobrantes de Akan.



2.3. Aspectos geológicos

2.3.1. Geomorfología

El control del modelado en esta zona presenta una marcada influencia estructural, en el caso que nos ocupa del depósito de sobrantes de Akan, se trata de una fuerte vaguada, completamente cubierta de gran densidad arbustiva. Morfológicamente, la zona se puede enclavar dentro del corredor tectónico de Urnieta-Hernani, pero sin llegar a estar afectado por los materiales triásicos.

2.3.2. Hidrogeología

Las características hidrogeológicas del área de estudio vienen condicionadas principalmente por los siguientes aspectos:

- La naturaleza litológica de los materiales del sustrato.
- Su estructura tectónica y la red de fracturación definida en estos materiales.
- El valle del río Urumea.

La zona se encuentra dentro de la cuenca del río Urumea, cuyo cauce principal tiene una longitud de desarrollo de unos 40 km, correspondiendo los 32 km. inferiores de su trazado a Gipuzkoa, desde la presa del Añarbe hasta la desembocadura en San Sebastián.

El río Urumea es uno de los ejes importantes de la vertiente cantábrica, por su longitud y por la complejidad del espacio que atraviesa.

En contraposición a otras cuencas, claramente disimétricas, la de Urumea presenta una regularidad axial considerable, con una anchura mayor en cabecera y un progresivo estrechamiento hacia la desembocadura.

En cuanto a la forma y textura de la red hidrográfica, la del Urumea es una cuenca de drenaje rectangular de textura media, que es una variante de las cuencas dendríticas, donde los afluentes primarios se incorporan al cauce principal de forma casi perpendicular.

Otro aspecto a destacar, en cuanto a la morfología, es la marcada curvatura del cauce principal, a diferencia de otras cuencas próximas, como la del Oria, que tiene una estructura más barbada en torno a un río primario más rectilíneo, sobre todo en su curso medio y alto.

Desde el punto de vista geológico, el río Urumea pertenece a la Cuenca Vasco-Cantábrica, en el dominio estructural del Arco Vasco, dentro del elemento estructural denominado Monoclinal de San Sebastián.

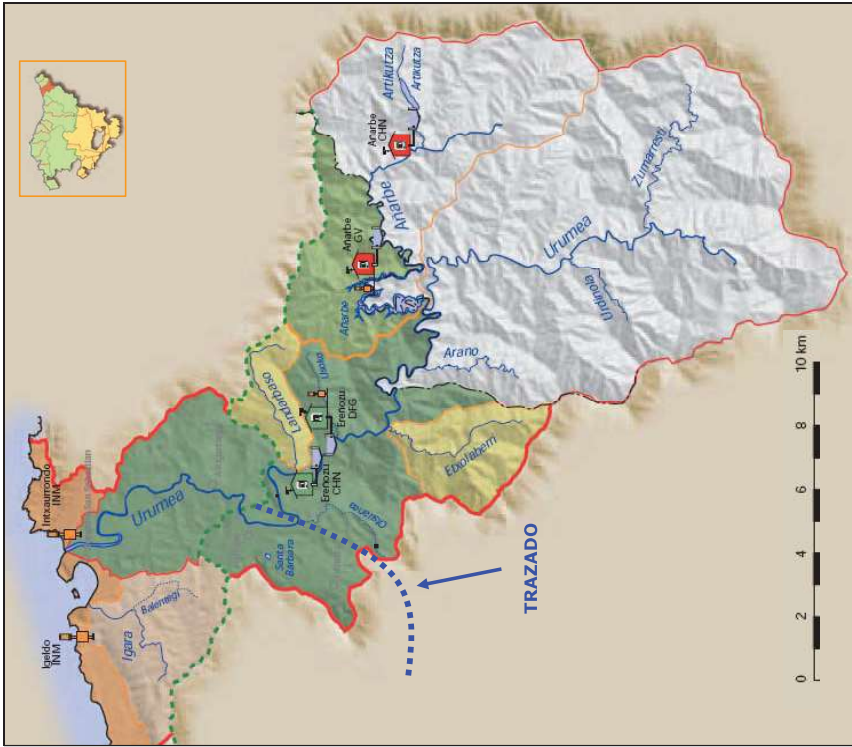
La Red de Vigilancia cuenta con 2 estaciones para el Urumea: UR-320 que está en el tramo medio del eje entre Pagoaga y Ereñozu y UR-434, que está localizada en Ergobia, por tanto aguas abajo de Hernani.

Las dos estaciones referidas son objeto de control desde que se iniciaron los trabajos de la Red en 1.993.

Estación: UR-320	
Unidad Hidrológica: Urumea	Río: Urumea

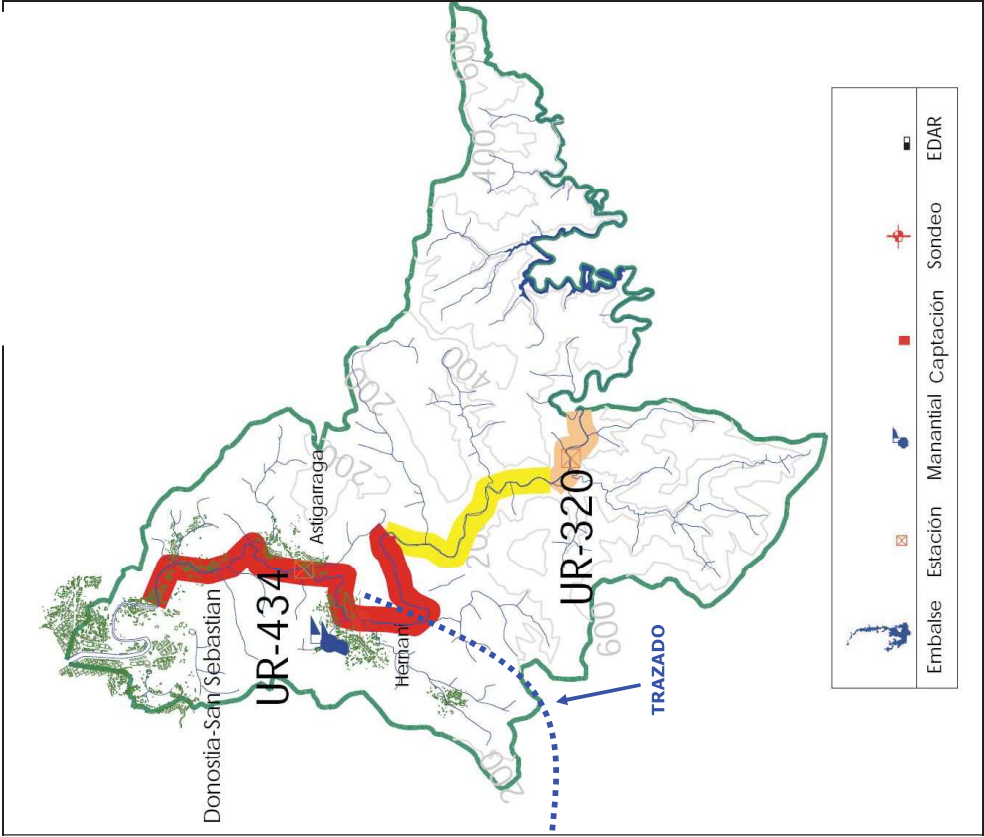
Localidad: Ugaldetxo	Localidad próxima: Erenozu	
Municipio: Hernán. Territorio Histórico: Gipuzkoa	UTM: 30TWN8728086390	
Estación: UR-434		
Unidad Hidrológica: Urumea	Río: Urumea	
Localidad: Ergobia	Localidad próxima: Ergobia	
Municipio: Astigarraga. Territorio Histórico: Gipuzkoa	UTM: 30TWN8483592305	

Localización de las estaciones de control en la cuenca del Urumea.

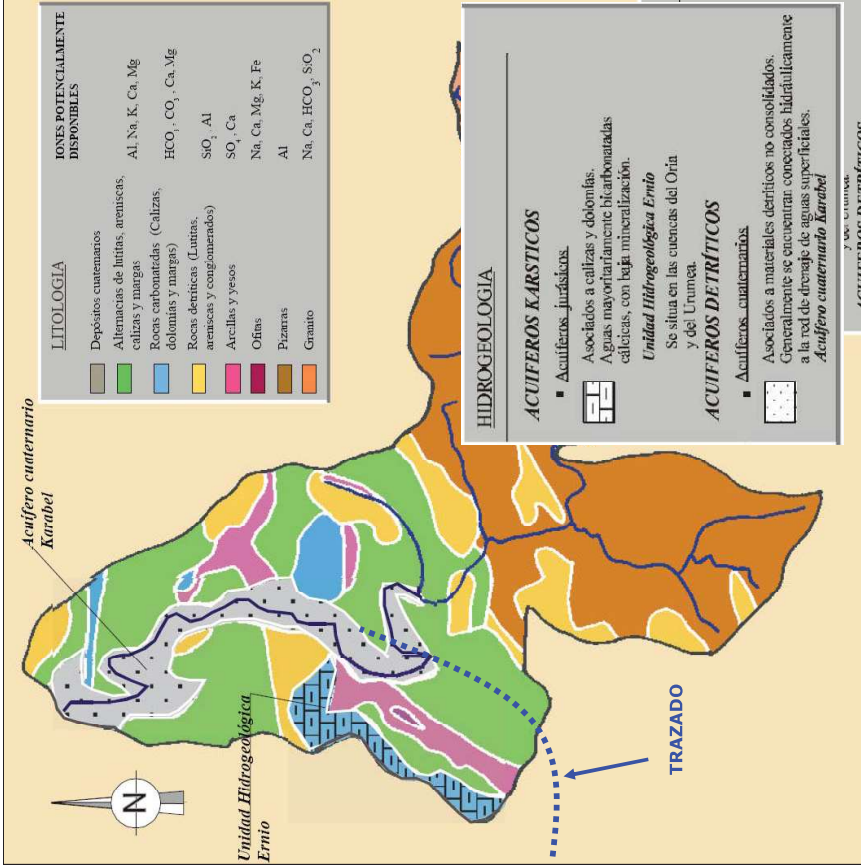


Cuenca hidrográfica del Urumea. Euskal Autonomia Erkidegoko Mapa Hidrologikoa 1:150.000 eskala/Mapa Hidrológico de la Comunidad Autónoma del País Vasco Escala 1:150.000. Euskal Autonomia Erkidegoko Administrazioa/ Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco Garraio eta Herri Lan saila/Departamento

de Transportes y Obras Públicas. Jose M.a Sanz de Galdeano Equiza.
Egileak/Autores: Angel Eraso Alberdi, Iñaki Arrarte Jorin, Fernando Ruiz
Fernández (Euskal Energiaren Erakundea/Ente Vasco de la Energía).

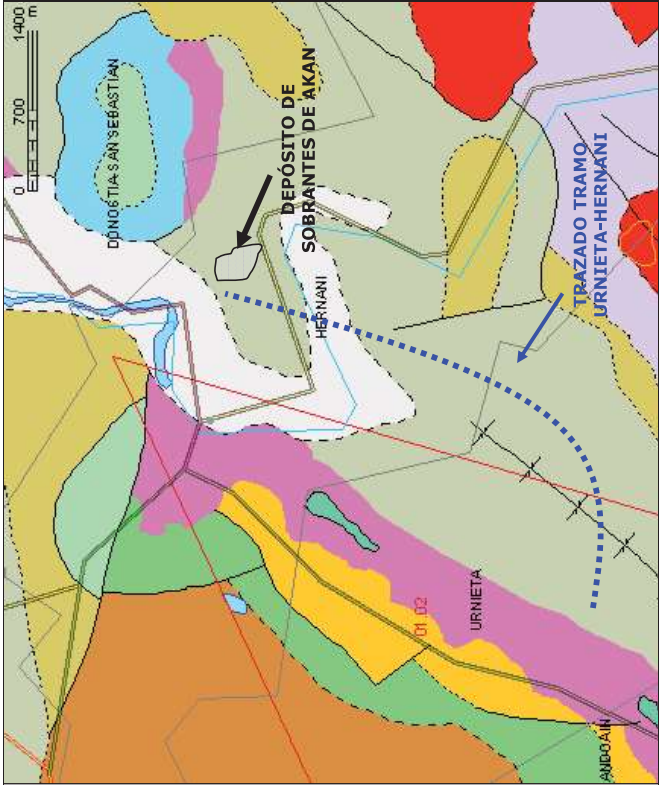


Unidad hidrográfica: Urumea. Red de Vigilancia de la Calidad de las Aguas y del Estado Ambiental del los Ríos de la CAPV, 2001.



Características geológicas de la Unidad hidrográfica: Urumea. Red de Vigilancia de la Calidad de las Aguas y del Estado Ambiental del los Ríos de la CAPV, 2001.

A continuación se muestra una figura de la porosidad en la zona de estudio:



Detalle de la permeabilidad de la zona donde se encuentra Akan. Fuente: Sistema de Información del Agua Subterránea (SIAS). Ministerio de Ciencia e Innovación. Instituto Geológico y Minero de España.

PERMEABILIDAD		MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA
LITOLOGÍAS	CON AGUAS UTILIZABLES	CARBONATADAS	C-A	C-M	C-B	C-MB
		DETÉRITICAS (Cuaternario)	Q-A	Q-M	Q-B	Q-MB
	POROSAS	DETÉRITICAS	D-A	D-M	D-B	D-MB
		VOLCÁNICAS (Piroclásticas y lávicas)	V-A	V-M	V-B	V-MB
	FISURABLES	METADETRÍTICAS	M-A	M-M	M-B	M-MB
		IGNEAS	I-A	I-M	I-B	I-MB
	SOLUBLES	EVAPORÍTICAS	E-A	E-M	E-B	E-MB
		CLAYEAS				
	METEORIZACIÓN POR					
		CON AGUAS NO UTILIZABLES O DE MUY BAJA CALIDAD				

Legenda. Fuente: Sistema de Información del Agua Subterránea (SIAS). Ministerio de Ciencia e innovación. Instituto Geológico y Minero de España.

Como se puede ver en la tabla, corresponde a una permeabilidad muy baja. Por lo tanto, el substrato rocoso conformado por margocalizas del Flysch, a priori y en ausencia de diáclasis penetrativa, puede considerarse medianamente impermeable.

2.3.3. Sismicidad

El estudio de los efectos sísmicos a considerar para los cálculos de estabilidad del depósito de sobrantes, se realiza de acuerdo a la normativa vigente, constituida por la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación, **NCSR-02**, aprobada por Real Decreto 997/2002 del 27 de septiembre y la Instrucción IAP 98 sobre acciones a considerar en puentes de carretera y ferrocarril.

Dicha Norma será de aplicación, tal como se indica en el Artículo 2. del Real Decreto, en "... todos los proyectos y obras de edificación, y, en lo que corresponda, a los demás tipos de construcciones, en tanto no se aprueben para los mismos normas o disposiciones específicas con prescripciones de contenido sismorresistente.".

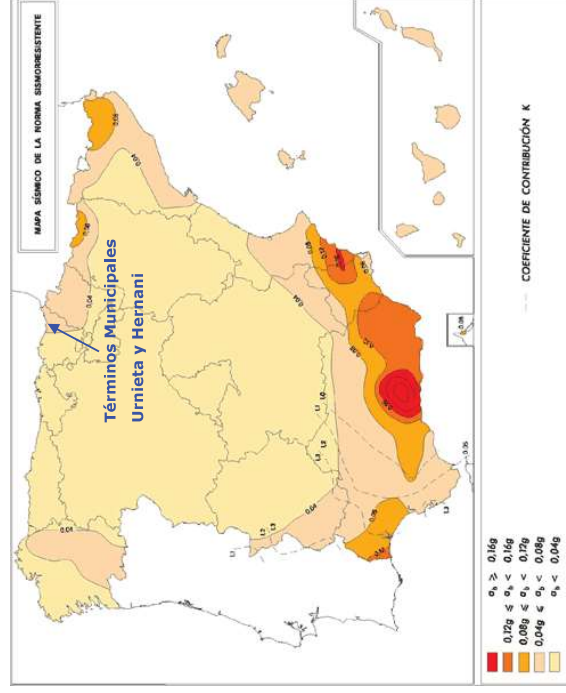
Según la norma NCSR-02 y atendiendo a la delimitación de las zonas sísmicas que figura en el mapa de delimitación sísmica, donde se ha delimitado la zona objeto de proyecto, se tiene que:

$$a_b = 0,04 \text{ g}$$

siendo:

a_b – Aceleración sísmica básica

q = aceleración de la gravedad



Mapa de Peligrosidad Sísmica Básica. NCSR-02.

El valor de la aceleración sísmica de cálculo se define por:

$$a_c = p \times a_b$$

siendo:

a_c – Aceleración sísmica de cálculo

ρ - Coeficiente adimensional de riesgo, cuyo valor depende del número de años de vida t para los que se proyecta la construcción teniendo un valor de $(t/50)^{0.37}$. Para el presente proyecto y tomando t de 100 años, el coeficiente adimensional ρ tiene un valor de 1.30.

Por tanto:

$$a_c = 1,30 \times 0,04 \text{ g} = 0,052 \text{ g}$$

3. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA REALIZADA

Para realizar los estudios de estabilidad del depósito de sobrantes de Akan, se han realizado una serie de investigaciones geotécnicas, consistentes en 2 calcatas mecánicas con sus correspondientes ensayos de laboratorio. Además se han realizado 1 perfil de sísmica de refracción y un perfil de tomografía eléctrica.

CATAS				
Cata	Materiales		x	y
CDS3-3	TV, Qe, FDC	584.751	4.790.773	2,50
CDS3-5	TV, Qe, FDC	584.799	4.790.732	1,80

SÍSMICA DE REFRACCIÓN				
Perfil	x inicial	y inicial	x final	y final
TMS-AKAN-1	584.638,125	4.790.884,143	584.860,456	4.790.662,227
				Profundidad (m)
				35m

TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA				
Perfil	x inicial	y inicial	x final	y final
TME-AKAN-1	584.649,028	4.790.877,138	584.860,456	4.790.662,227
				Profundidad (m)
				35m

En una de las catas, se han tomado dos muestras alteradas, y en la otra solamente una muestra alterada. En las muestras alteradas se han realizado ensayos de granulometría por tamizado, límites de Atterberg y humedad natural y contenido en materia orgánica, sulfatos, carbonatos y sales solubles.

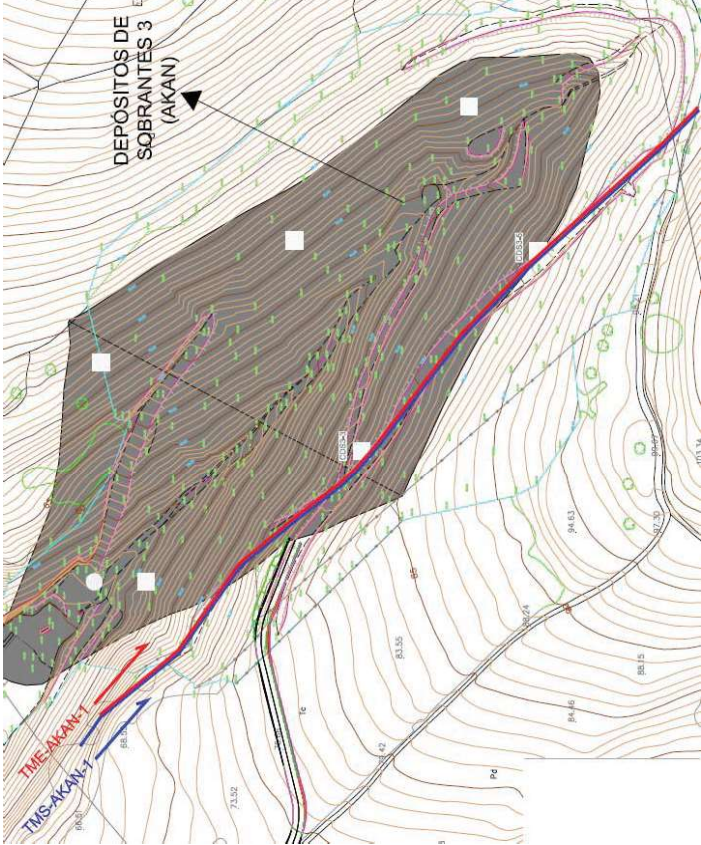
En las catas, se ha podido definir un perfil de 40 cm de tierra vegetal, y después un espesor de 1,3-1,4 metros de lutitas calcáreas altamente alteradas, en forma de arcilla limosa. Bajo ellas, se encuentra la roca aunque aún algo meteorizada a la profundidad de 1,7-1,8 metros.

Los resultados de los ensayos realizados en las muestras alteradas tomadas en las catas, están reflejados en la siguiente tabla:

ENSAYOS DE LABORATORIO - CATAS				
CATA				
Profundidad		CDS3-3	CDS3-3	CDS3-5
	0,40-1,70		1,70-2,50	0,4-1,80
Tipo de muestra	CH		GC	GM
Humedad (%)	31,6		23,1	25,9
Granulometría (%)	# 2		52,5	31,2

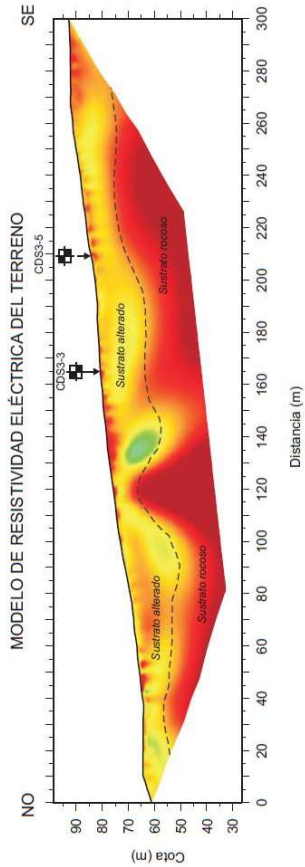
Límites de Atterberg	# 0,08		91,4	41,1	21,7
	LL	IP			
Contenido en Materia Orgánica (%)			25,5	21,5	18
Contenido en Sulfatos solubles (% SO ₃)			0,80	0,64	1,03
Contenido en Carbonatos			0		
Contenido en sales solubles					
				1,2	
				0,5	
					45
					0,04

Se ha realizado además 1 perfil de tomografía eléctrica y 1 perfil de sísmica de refracción, en la situación indicada en la siguiente figura. Los resultados de dichos ensayos se encuentran recogidos en el Apéndice 4: "Informe de geofísica", donde se puede apreciar que los resultados coinciden con lo esperado en la zona.



En el estudio de geofísica, se ha obtenido un perfil de resistividad eléctrica del terreno, que muestra un espesor de sustrato alterado bastante mayor que el indicado por las catas. En las catas, a 1,80 metros aparece la roca, aunque con grados de alteración III-IV, mientras que en el

perfil de geofísica, muestra espesores de unos 10 metros, puntualmente llegando a 20 metros, como muestra la siguiente figura:

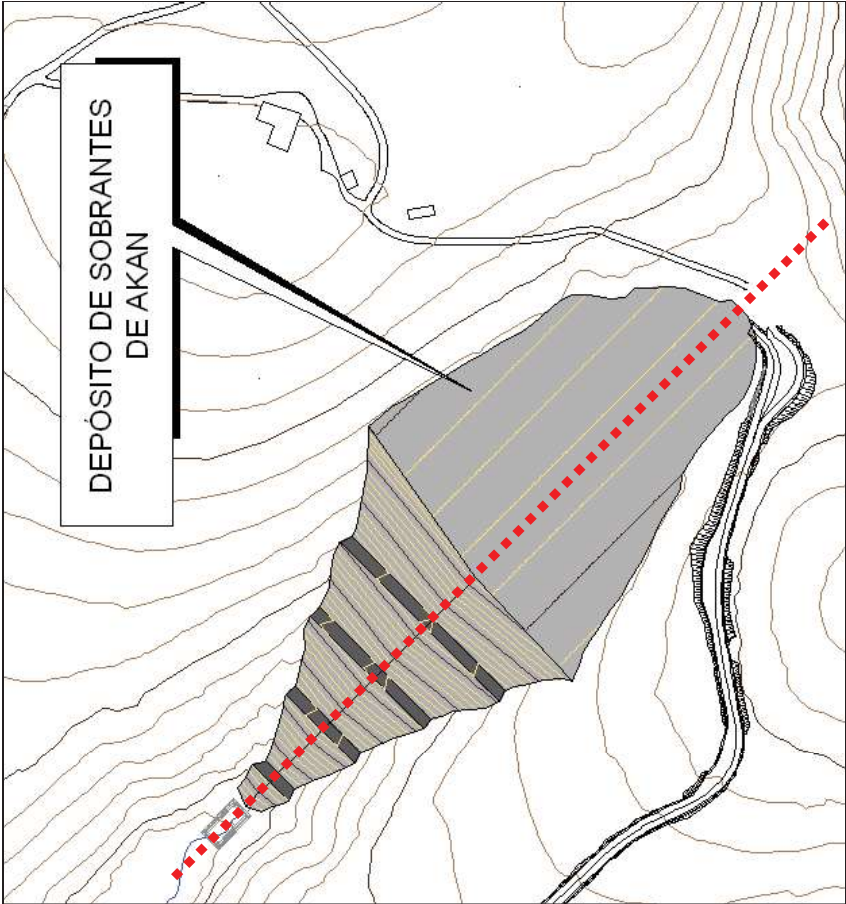


Esto puede ser debido a que el perfil está considerando como suelo alterado, lo que realmente es roca con grados altos de meteorización. Tan sólo los dos primeros metros, son de suelo alterado.

4. ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LOS DEPÓSITOS DE SOBANTES

Se ha realizado un estudio de estabilidad utilizando el programa informático Slide v. 5.0., que realiza un análisis de las superficies de rotura. Para el estudio se utiliza el método GLE/Morgenstern-Price, que satisface el equilibrio de fuerzas y momentos, ya que son métodos de los considerados precisos.

El perfil utilizado para el estudio de estabilidad, es el eje del depósito, que es el perfil que presenta condiciones más desfavorables y además es el que soportará mayor espesor de relleno (29,5 metros).



Los parámetros geotécnicos utilizados, se han extraído del "Proyecto Constructivo de la NRPV del tramo Urnieta-Hernani", ya que no se han podido realizar los ensayos planteados debido a la falta de permisos. Además se ha utilizado diferente bibliografía para definir los distintos parámetros.

Sustrato rocoso alterado

Este nivel está formado por la alteración del sustrato rocoso con aspecto y comportamiento de suelo arcilloso con proporciones variables de arcillas y limos. El espesor de estos materiales es de 1,4 metros, en las dos catas realizadas. Al no tener información del pie de la vaguada, que es el punto más crítico, se ha considerado en el cálculo la condición más desfavorable de un espesor de alteración de 6 metros.

Los parámetros utilizados son tomados de la bibliografía, considerando el material como CH, encontrado en la muestra más superficial de una de las catas. Realmente, el valor será más favorable, ya que esta capa más superficial será saneada y los materiales de apoyo tenderán más a GC y GM encontrados en niveles más profundos en las catas.

Aún así se han considerado los siguientes parámetros:

Densidad aparente	$\gamma_{ap} = 16 \text{ kN/m}^3$
Cohesión efectiva	$c' = 40 \text{ kN/m}^2$
Ángulo de rozamiento interno efectivo	$\phi' = 19^\circ$

Sustrato rocoso FDC

El sustrato rocoso consiste en el Flysch Detrítico Calcáreo, compuesto por alternancia de margas y calizas arenosas de espesores variables. En las dos catas realizadas, el material se encontraba a altos grados de meteorización, que según la geofísica, permanece en esos grados de alteración, hasta los 10 metros de profundidad, llegando puntualmente a 20 metros.

Los parámetros utilizados se han tomado de la caracterización del FDC que se realizó para el tramo Urnieta-Hernani:

Densidad aparente	$\gamma_{ap} = 27 \text{ kN/m}^3$
Cohesión efectiva	$c' = 200 \text{ kN/m}^2$
Ángulo de rozamiento interno efectivo	$\phi' = 44^\circ$

Pero el cálculo se ha realizado considerando los parámetros de cálculo de Hoek y Brown con los siguientes valores:

UCS intacto	- 25-50 MPa
GSI	- 40
m_i	- 4
Factor de alteración	- 0,7

Relleno Todo-Uno

Los materiales de relleno del depósito de sobrantes, van a ser los que provienen de la excavación del túnel de Hernani, por lo que se pueden clasificar como materiales todo-uno de la excavación del FDC que conforma el túnel.

Los parámetros utilizados son:

Densidad aparente

Cohesión efectiva

Ángulo de rozamiento interno efectivo

$$Y_{ap} = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$\Phi' = 250$$

Se ha realizado el cálculo de estabilidad del relleno siguiendo el perfil de máxima pendiente del mismo. Además, se ha considerado unos 6 metros de espesor de suelo alterado en el pie del depósito, ya que no se sabe el espesor real y ese espesor a priori resulta conservador, aunque se debería comprobar previamente. Además, la realidad será más favorable ya que no se ha tenido en cuenta el metro de saneo que se realizará en el apoyo del depósito.

El nivel freático no se conoce su profundidad, pero se ha considerado en situación normal que se encuentra entre la roca y el suelo alterado.

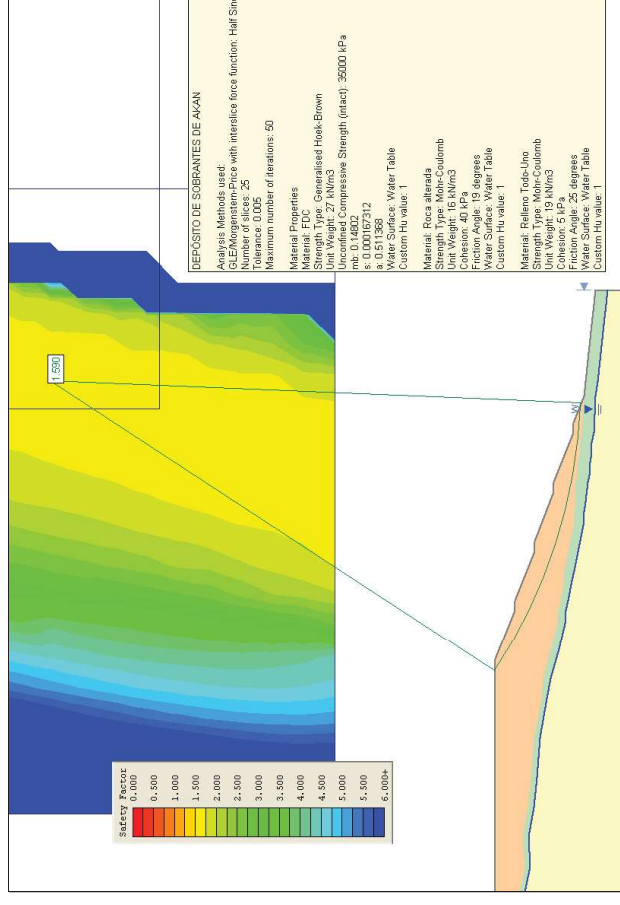
El análisis de estabilidad considera dos posiciones del freático:

- Situación normal (correcto comportamiento del sistema de drenaje): no existe nivel freático dentro del relleno
- Situación accidental (fallo del sistema de drenaje): con el nivel freático a la mitad del relleno

El criterio de estabilidad adoptado para el cálculo de estabilidad es el siguiente:

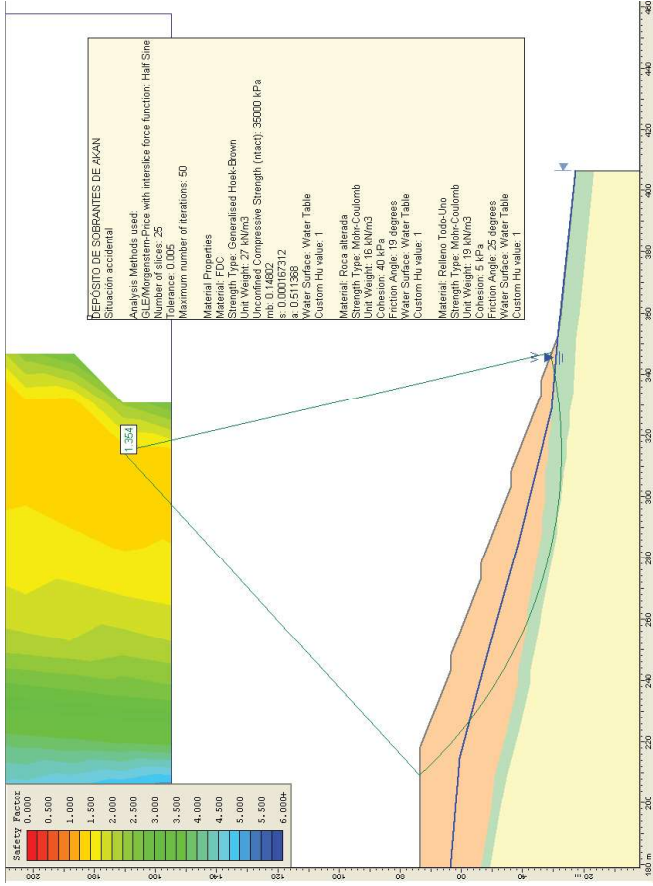
- Situación normal (comportamiento correcto de los drenajes): $FS \geq 1,50$
- Situación accidental (fallo del sistema de drenaje): $FS \geq 1,30$

Como se observa en la siguiente figura, el factor de seguridad frente a rotura para el terraplén es de 1,59 en situación normal, superior al valor de 1,50 establecido como criterio de seguridad.



Se entenderá que el fallo del sistema de drenaje de fondo produce que el nivel freático dentro del relleno se sitúe como mínimo a mitad de la altura dentro del material vertido.

Para la situación accidental, los factores obtenidos, también son superiores a los establecidos como criterio de estabilidad, ya que se obtiene un valor de 1,35.



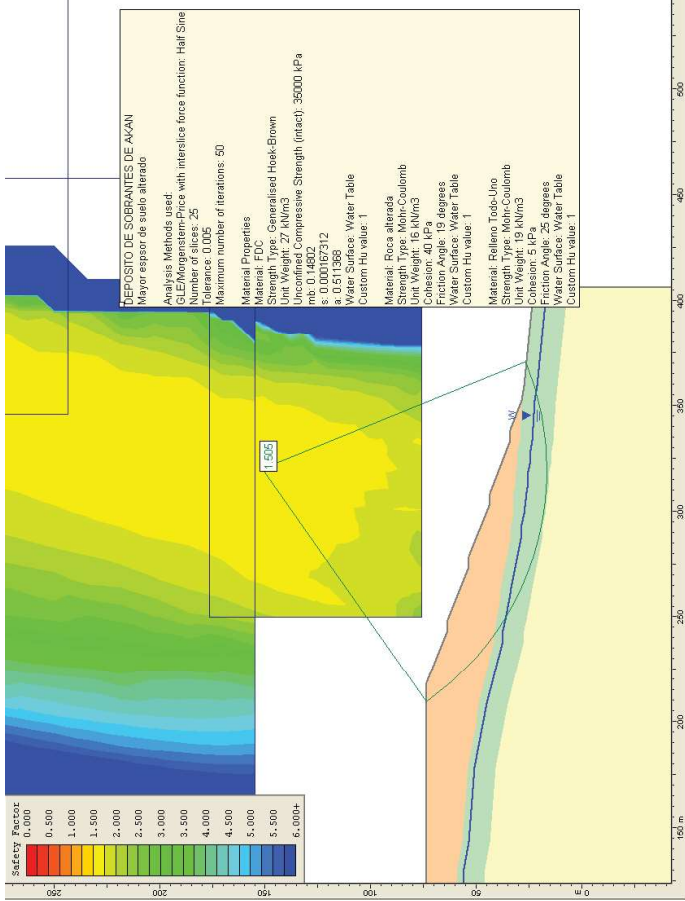
Los valores obtenidos en los cálculos se resumen en la siguiente tabla :

SITUACIÓN	FACTOR DE SEGURIDAD
Situación Normal	1,59
Situación accidental	1,35

En el "Apéndice 5 – Anejos de cálculo – Slide" se encuentran recogidos los anejos de cálculo del programa informático.

Como la geofísica ha dado mayores espesores de suelo alterado que los obtenidos en las calicatas, se ha realizado una comprobación de cálculo bajando 10 metros en profundidad, el límite de suelo alterado y de roca. El nivel freático se ha mantenido a la misma profundidad que en el cálculo original.

Aún con estos supuestos, se obtiene un valor de 1,50, teniendo en cuenta que las calicatas parecen indicar que esos 10 metros añadidos no serán de suelo alterado propiamente dicho, sino que serán el FDC con altos grados de alteración, lo que mejoraría los parámetros usados.



El acondicionamiento del emplazamiento y los trabajos del relleno deberán ser supervisados por personal especialista en geotecnia.

La Dirección de Obra deberá verificar que los parámetros geomecánicos de los distintos niveles se ajustan a los descritos en el presente documento, realizando en caso contrario, las modificaciones que se consideren oportunas.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proceso de relleno, seguirá los siguientes pasos. Primero se realizará un acondicionamiento del terreno. Se realizará la retirada y acopio de 0,4 m de tierra vegetal en toda la superficie para su disposición sobre la superficie final del relleno, para favorecer así las labores de revegetación.

Después se procederá al saneo de 0,6 metros más, hasta completar el metro de saneo total contando con la tierra vegetal. En este espesor, se retirará la parte más alterada del perfil de meteorización, que es la más superficial, dejando la base de apoyo con un cajeadado, que aportará estabilidad al relleno.

Lógicamente, la profundidad de este saneo puede variar localmente en función de la proximidad al fondo de la vaguada. En cualquier caso, será finalmente la Dirección de Obra la que fije la profundidad final de saneo en cada zona.

Previo al vertido de los materiales se realizarán las obras de drenaje.

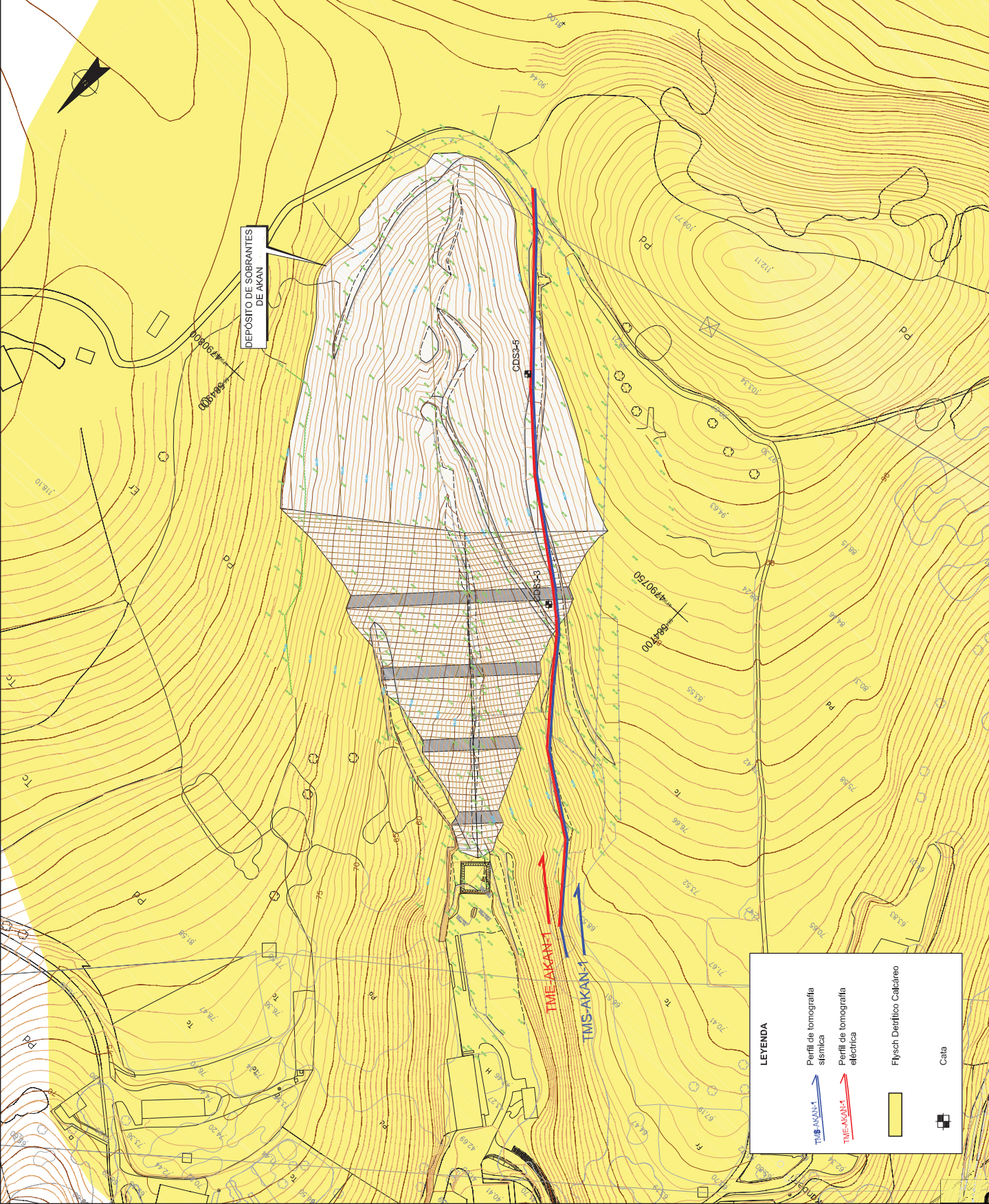
El relleno se ejecutará por tongadas de 0,5 metros de altura como máximo para una correcta compactación. No es necesaria la compactación con maquinaria específica, aunque sí el extendido con máquina de cadenas que asegure la densificación del material.

Por último, el acondicionamiento final del relleno consiste en el extendido de tierra vegetal y material de alteración previamente acopiado.

Al no tener permiso de entrada a alguna de las parcelas, no se ha podido realizar un sondeo en el pie de la vaguada como estaba previsto. Ese sondeo será necesario ejecutarlo cuando se tenga acceso a la parcela, en fases sucesivas. Se considera fundamental este sondeo para comprobar que las suposiciones realizadas en el cálculo de estabilidad se cumplen en la realidad.

APÉNDICE 1





PLANTA Y LOCALIZACIÓN DE LA CAMPAÑA GEOTÉCNICA

[illegible]

APÉNDICE 2

TESTIFICACIÓN DE CATAS

Proyecto Técnico de Relleno para material de excavación del tramo Urnieta-Hernani de la NRFPV en la vaguada de Akan (Hernani-Gipuzkoa)

SOLICITANTE: 		OBRA: PROYECTO BÁSICO DE PLATAFORMA EN LA NUEVA RED FERROVIARIA DEL PAIS VASCO. TRAMO: URNIETA-HERNANI. DEPÓSITOS SOBREPASANTES 3 (Gipuzkoa)	
DIBUJADO: 		COTEJO:	FECHA: 19-10-2010
CLAVE: 14-1100-09		REFERENCIA: EP-083164-00	CALCATA: CDS3-3
OBSERVACIONES:		FOTOS	
NATURALEZA DEL TERRENO			
0.00-0.40 TIERRA VEGETAL, arcilla limosa con algo de arena de color marrón claro, con abundantes raíces y materia orgánica. Blanda.			
0.40-1.70 LUTITAS CALCÁREAS altamente meteorizadas. Se presenta en forma de arcilla limosa de color marrón claro. Posible producto de alteración del sustrato infrayacente.			
1.70-2.50 LUTITAS CALCÁREAS bastante meteorizadas. Se presenta en forma de arcilla con gravas de naturaleza lutítica. Extremadamente blandas a muy blandas. Con juntas cerradas y oxidadas.			
Nota:			
- No hay presencia de agua.			
- Las paredes de la calicata se mantienen estables.			
- Finalización de la cata por contacto con sustrato rocoso.			

Ensayo de Penetración	Profundidad (m.)	Muestra		Cotas Totales (m.)	Corte Geológico	Cotas Parciales (m.)	Nivel Freático
		(A) Alterada (I) Inalterada (B) Bote	Tipo				
Qu (Kg/cm²) valor medio	0.40			0.40		0.40	
	1.70		A	1.70		1.30	
	2.50		A	2.50		0.80	

A photograph showing a large, chaotic pile of broken, light-colored rocks and debris. The rocks are of various sizes, from small fragments to larger, angular blocks. They are situated on a steep, rocky slope, suggesting a rockfall event. The surrounding area is covered with sparse, dry vegetation and more loose rocks.

APÉNDICE 3

ENSAYOS DE LABORATORIO

		Epitisa China Avda. de Cervantes, 51 48970 - BASAURI basauri@epitisa.com Tel. 944 409 300 Fax 944 400 366		Ver acreditaciones en la hoja 1 del informe																																																																									
TRABAJO: EP-083164-000		MUESTRA: BIS.28945		CLAVE: Alb.: 67241																																																																									
FELICITARIO: SENER		Hoja 3 de 3																																																																											
DIRECCIÓN: Avda. de Zugazarte nº 36, 48930 Las Arenas																																																																													
OBRA: Línea ferroviaria vasca. Tramo Urdinola-Hernani																																																																													
MATERIAL: Muestra alterada. Cota CDS 3.3. Profundidad: 0.40 - 1.70		Fecha de toma:																																																																											
MUESTRA: Tomada por Epitisa China																																																																													
LUGAR DE TOMA: Obra.																																																																													
PROCEDENCIA: Cota CDS 3.3. Profundidad: 0.40 - 1.70 m																																																																													
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. (UNE 103 101:1995)																																																																													
Fecha inicio ensayo: 28-11-2010		Fecha finalización ensayo: 01-12-2010																																																																											
<table><thead><tr><th colspan="2">GRUESA</th><th colspan="2">MEDIA</th><th colspan="2">FINA</th><th colspan="2">GRUESA</th><th colspan="2">MEDIA</th><th colspan="2">FINA</th><th colspan="2">GRUESA</th><th colspan="2">MEDIA</th><th colspan="2">FINA</th></tr><tr><th colspan="2">CERVA</th><th colspan="2">CERVA</th><th colspan="2">CERVA</th><th colspan="2">CERVA</th><th colspan="2">CERVA</th><th colspan="2">CERVA</th><th colspan="2">CERVA</th><th colspan="2">CERVA</th><th colspan="2">CERVA</th></tr></thead><tbody><tr><td>100</td><td>125</td><td>150</td><td>180</td><td>200</td><td>250</td><td>300</td><td>350</td><td>400</td><td>450</td><td>500</td><td>550</td><td>600</td><td>650</td><td>700</td><td>750</td><td>800</td><td>850</td></tr><tr><td>100</td><td>125</td><td>150</td><td>180</td><td>200</td><td>250</td><td>300</td><td>350</td><td>400</td><td>450</td><td>500</td><td>550</td><td>600</td><td>650</td><td>700</td><td>750</td><td>800</td><td>850</td></tr></tbody></table>						GRUESA		MEDIA		FINA		GRUESA		MEDIA		FINA		GRUESA		MEDIA		FINA		CERVA		CERVA		CERVA		CERVA		CERVA		CERVA		CERVA		CERVA		CERVA		100	125	150	180	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	100	125	150	180	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850
GRUESA		MEDIA		FINA		GRUESA		MEDIA		FINA		GRUESA		MEDIA		FINA																																																													
CERVA		CERVA		CERVA		CERVA		CERVA		CERVA		CERVA		CERVA		CERVA																																																													
100	125	150	180	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850																																																												
100	125	150	180	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850																																																												
Observaciones:																																																																													

		Epitisa China Avda. de Cervantes, 51 48970 - BASAURI basauri@epitisa.com Tel. 944 409 300 Fax 944 400 366		Ver acreditaciones o pie de hoja	
TRABAJO: EP-083164-000		MUESTRA: BIS.28945		CLAVE: Alb.: 67241	
FELICITARIO: SENER		Hoja 1 de 3			
DIRECCIÓN: Avda. de Zugazarte nº 36, 48930 Las Arenas					
OBRA: Línea ferroviaria vasca. Tramo Urdinola-Hernani					
MATERIAL: Muestra alterada. Cota CDS 3.3. Profundidad: 1.70 - 2.50		Fecha de toma:			
MUESTRA: Tomada por Epitisa China					
LUGAR DE TOMA: Obra.					
PROCEDENCIA: Cota CDS 3.3. Profundidad: 1.70 - 2.50 m					
SUELOS: ENSAYOS SOLICITADOS					
Análisis granulométrico. Límites de Atterberg. Humedad natural. Carbonatos en suelos. Materia orgánica (permanganato pódico).					
Observaciones: No se ha podido realizar el ensayo de "Densidad seca" al tratarse de una muestra alterada.					
Áreas de acreditación: Control del hormigón y sus componentes y de las armaduras de acero. Código 10002EHADA. Bólidos y complementarios C(p. 3, a, 7). Sondeos. Toma de muestras y ensayos "in situ" para reconocimientos geotécnicos. Código 10002GTC05. Bólidos. Suelos, áridos, masas bituminosas y materiales constituyentes en vias. Código 10002V5G05. Bólidos y complementarios C(p. 10, 11, 12). Ensayos de laboratorio de geotecnia. Código 10002GTL. Bólidos y complementarios C(p. 10, 11, 12). Control de la soldadura de perfiles estructurales de acero. Código 10002EAS09. Bólidos.					
V.B.: MARIA JESUS RUENTE		Fdo.: LUIS FERNANDO LÓPEZ		Basauri, G. 19/12/2010	
Directora de Laboratorio		Jefe de Área			

Este protocolo se reproduce en su totalidad en el anexo correspondiente de Epitisa China
Basauri, G. 19/12/2010
Este protocolo se reproduce en su totalidad en el anexo correspondiente de Epitisa China

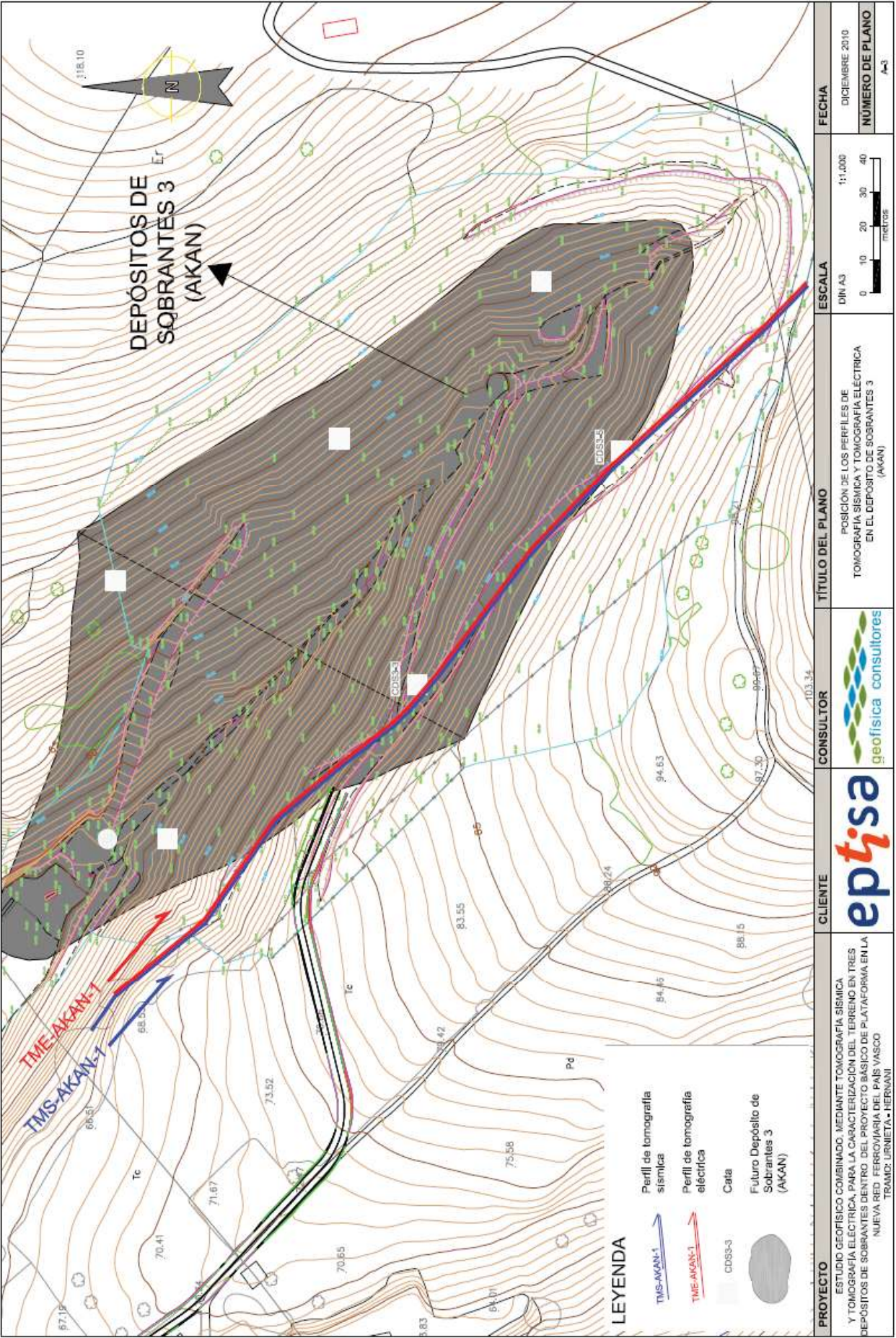
© 2000 Blackwell Science Ltd, *Journal of Internal Medicine* 247: 395–402

Observaciones:

APÉNDICE 4

INFORME DE GEOFÍSICA

Proyecto Técnico de Relleno para material de excavación del tramo Urnieta-Hernani de la NRPV en la vaguada de Akan (Hernani-Gipuzkoa)





APÉNDICE 5
ANEJOS DE CÁLCULO - SLIDE

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: Eje 7.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Radius Increment: 10
Minimum Elevation: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack

Material Properties

Material: FDC
Strength Type: Generalised Hoek-Brown
Unit Weight: 27 kN/m3
Unconfined Compressive Strength (intact): 35000 kPa
m: 0.14802
s: 0.000167312
a: 0.511368
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Material: Roca alterada
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16 kN/m3
Cohesion: 40 kPa
Friction Angle: 19 degrees
Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: Relleno Todo-Uno
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m3
Cohesion: 5 kPa
Friction Angle: 25 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.589500
Center: 359.820, 299.125
Radius: 269.578
Left Slip Surface Endpoint: 212.440, 73.400
Right Slip Surface Endpoint: 348.698, 29.776
Resisting Moment=2.45819e+006 kN-m
Driving Moment=1.54642e+006 kN-m
Resisting Horizontal Force=8641.67 kN
Driving Horizontal Force=5436.38 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: gle/morgenstern-price
Number of Valid Surfaces: 9717
Number of Invalid Surfaces: 4814
Error Codes:
Error Code -102 reported for 12 surfaces
Error Code -106 reported for 80 surfaces
Error Code -107 reported for 12 surfaces
Error Code -108 reported for 343 surfaces
Error Code -1000 reported for 4367 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 102 = Two surface / slope intersections, but resulting arc is actually outside soil region.
- 106 = Average slice width is less than 0.0001" (maximum horizontal extent of soil region). This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.
- 107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.
- 108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to

limit the calculation of extremely high safety
fractions if the driving force is very small
(0.1 is an arbitrary number).

-1000 = No valid slip surfaces are generated
at a grid center. Unable to draw a surface.

Document Name

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods used: GLE/Mordenstem-Price with Interlace force function Half Size

Maximum number of iterations: 50

Surface Type: Circular
Radius Increment: 10
Minimum Elevation: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack

Material: FDC
Strength Type: Generalized Hoek-Brown
Unit Weight: 27 kN/m³
Unconfined Compressive Strength (Intact): 35000 kPa
mb: 0.14802
s: 0.000167312
a: 0.511368
Water Surface: Water Table

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 16 kN/m³
Cohesion: 40 kPa
Friction Angle: 19 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 5 kPa
Friction Angle: 25 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Method: gleitender Mittelwert
50-1 353810

Resisting Horizontal Force = 1,320 kN
Driving Horizontal Force = 1,000 kN

valid / invalid surfaces

Error Code -101 reported for 33 surfaces
Error Code -105 reported for 19 surfaces

Error Codes

-101 = Only one (or zero) surface / slope intersections.

-107 = Total driving moment or
total driving force is negative. This will occur

-108 = Total driving moment
or total driving force < 0.1. This is to

-109 = Goltype for slice base not located. This error should occur very rarely.

-111 = safety factor equation did not converge

-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: eje 7 mayor espesor alterado.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m3
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10118
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Radius Increment: 10
Minimum Elevation: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack

Material Properties

Material: FDC
Strength Type: Generalised Hoek-Brown
Unit Weight: 27 kN/m3
Unconfined Compressive Strength (intact): 35000 kPa
mb: 0.14802
s: 0.000167312
a: 0.511368
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Material: Roca alterada
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 18 kN/m3
Cohesion: 40 kPa
Friction Angle: 18 degrees
Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: Relleno Todo-Uno
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m3
Cohesion: 5 kPa
Friction Angle: 25 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: gle/morgenstern-price
FS: 1.504980
Center: 319.831, 151.215
Radius: 134.959
Left Slip Surface Endpoint: 209.564, 73.400
Right Slip Surface Endpoint: 370.756, 26.233
Resisting Moment=3.26063e+008 kN-m
Driving Moment=2.16856e+006 kN-m
Resisting Horizontal Force=22078.1 kN
Driving Horizontal Force=14670 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: gle/morgenstern-price
Number of Valid Surfaces: 14564
Number of Invalid Surfaces: 5016
Error Codes:
Error Code -102 reported for 18 surfaces
Error Code -106 reported for 92 surfaces
Error Code -107 reported for 22 surfaces
Error Code -108 reported for 432 surfaces
Error Code -112 reported for 19 surfaces
Error Code -1000 reported for 4433 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

- 102 = Two surface / slope intersections, but resulting arc is actually outside soil region.
- 106 = Average slice width is less than 0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region). This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.
- 107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.
- 108 = Total driving moment

or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).

-112 = The coefficient $M\text{-Alpha} = \cos(\alpha) \cdot (1 + \tan(\alpha) \cdot \tan(\phi)) / F$ < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.