



ANEJO 01 TOPOGRAFÍA



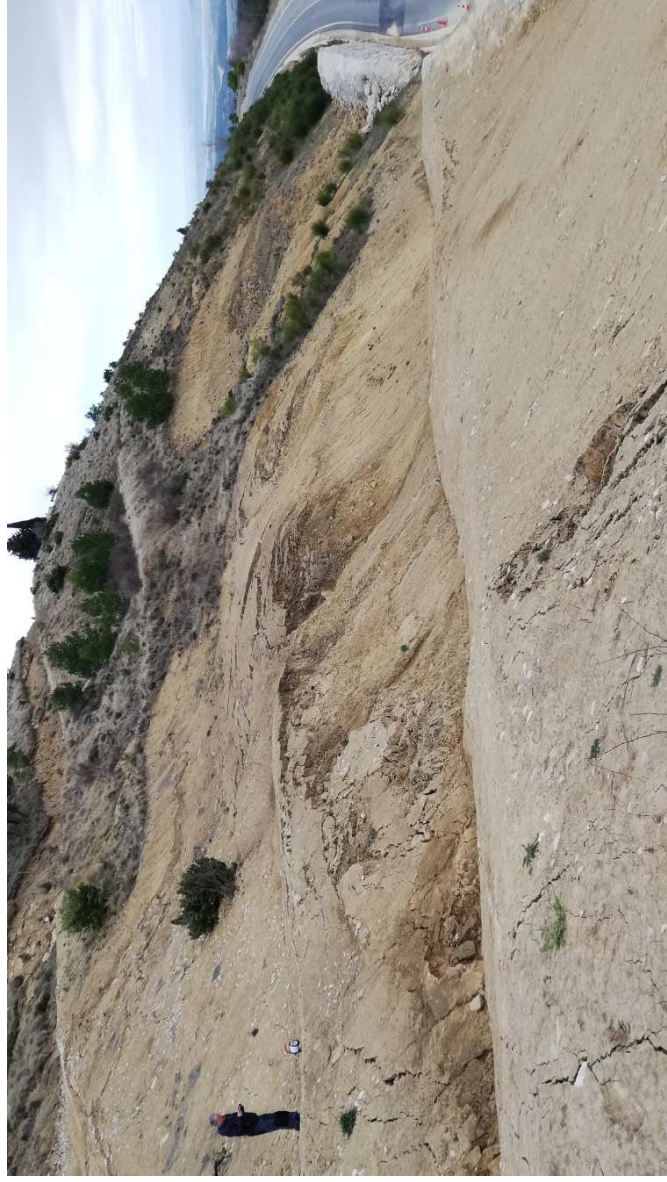
Nafarroako Gobernua
Gobierno de Navarra

Lurralde Kohesiorako Departamentua
Departamento de Cohesión Territorial

PERFILES PARA LE ESTUDIO GEOLÓGICO DE LA LADERA

IZQUIERDA DE LA VÍA NA-5310 PK 5+000

Marzo de 2019



Dirección General de Obras Públicas
Servicio de Estudio y Proyectos
Sección de Cartografía

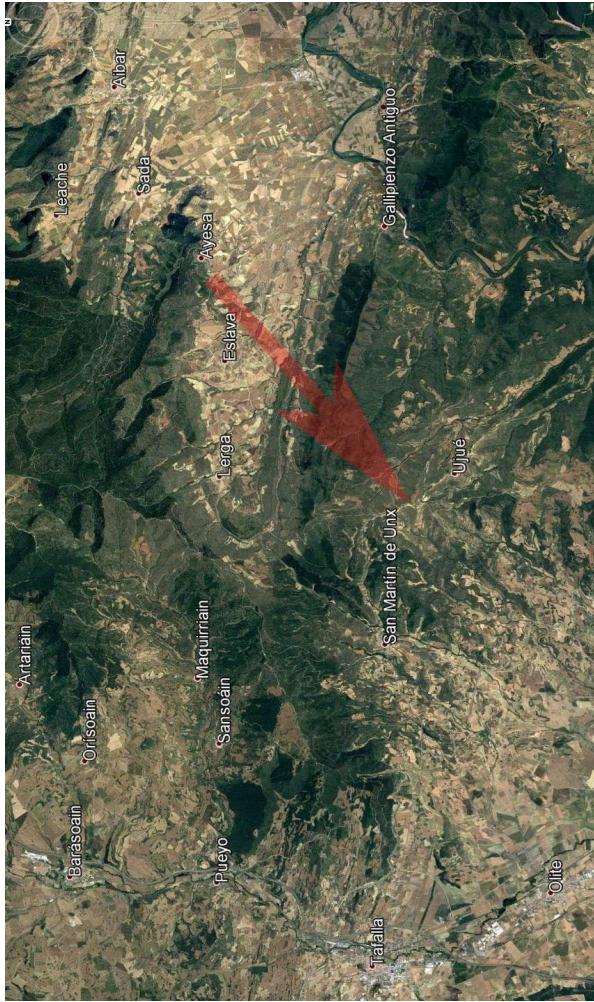
ÍNDICE

I.- OBJETO DEL TRABAJO	5
II.- RECEPCIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN.....	6
III.- METODOLOGÍA DE TRABAJO	6
IV.- DESARROLLO DE LOS TRABAJOS	8
III.1.- Modelo Digital del Terreno _____	8
III.2.-Perfiles Transversales _____	9
VI.- CONCLUSIONES	11
VII.- ANEXOS.....	12
Anexo I: Listado de las coordenadas de los sondeos _____	13
Anexo II: Informes de mediciones realizadas _____	14

I.- OBJETO DEL TRABAJO

El Servicio de Estudios y Proyectos solicita a la Sección de Cartografía la ejecución de un taquimétrico de la ladera izquierda de la vía NA-5310 PK 5+000 para el realizar un estudio geológico.

En las siguientes imágenes se indican la zona en la que se debe tomar los datos topográficos:



II.- RECEPCIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN

El Servicio de Estudio y Proyectos entrega un ortofoto en la que delimita la zona en la que hay que realizar el taquimétrico.

Por otro lado, la Sección de Cartografía del mismo Servicio, dispone del vuelo LIDAR del año 2017, en el que nos apoyaremos para obtener información adicional.

III.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

El trabajo a realizar consiste en el levantamiento taquimétrico del área solicitada. Los principales datos a tomar son:

- Ubicación de los sondeos realizados.
- Cabezas y pies de talud de la zona afectada.
- Línea del nivel freático del agua.

Se van a utilizar los siguientes equipos:

- Equipo GNSS Leica GS-15 (GPS+GLONASS+GALILEO+BEIDOU), de doble frecuencia, trabajando en RTK (en tiempo real) con la Red de Geodesia Activa de Navarra (RGAN).
- Controlador remoto Leica CS-20. Para poder realizar el trabajo en control remoto.

	
Controlador Leica CS-20	GNSS Leica GS-15

Los trabajos se van a realizar en el SGR (Sistema Geodésico de Referencia) EPSG: 25830 (ETRS 89 UTM huso 30 Norte) y con alturas ortométricas.

La precisión del trabajo requerida permite realizar la toma de datos con el equipo GNSS Leica GS-15 (GPS+GLONASS+GALILEO+BEIDOU), trabajando en tiempo real, apoyándonos en la Red Geodésica Activa (RGAN).

Todos los puntos capturados deben ser minuciosamente codificados, prestando especial atención a las “break lines” o líneas de rotura.

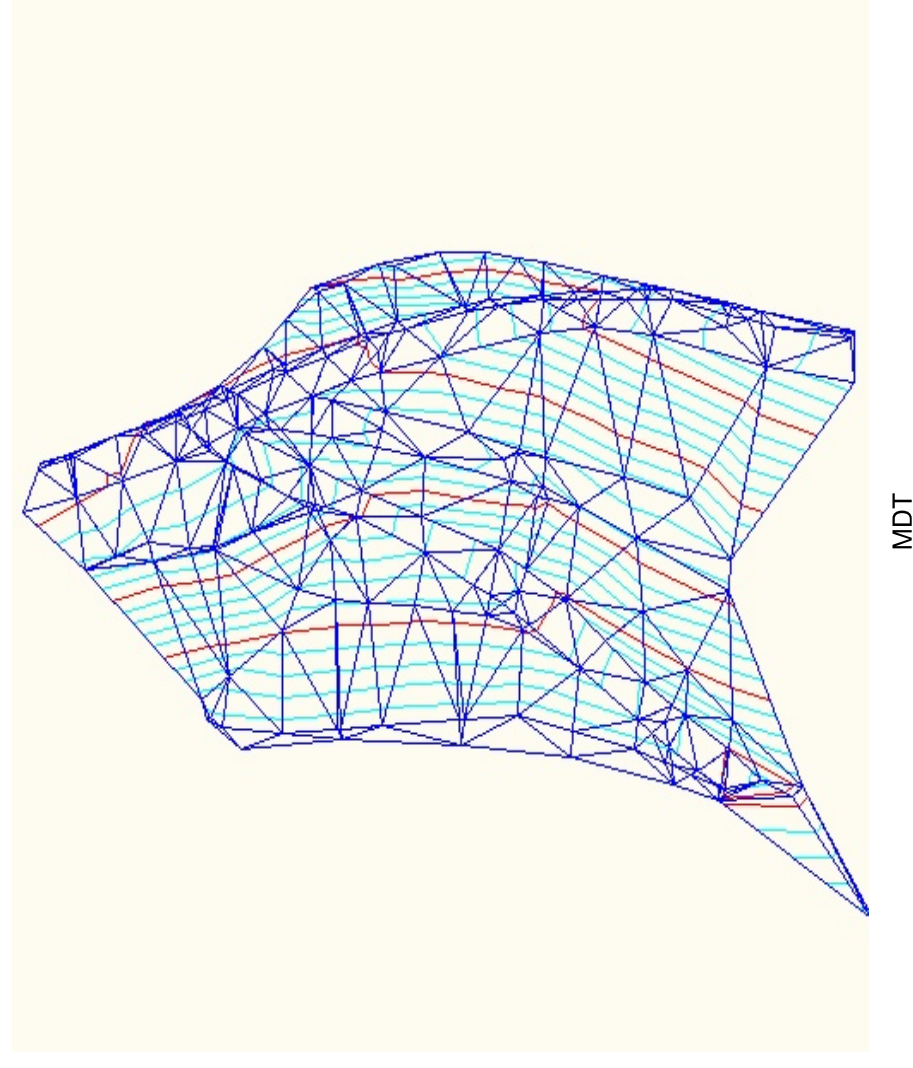
IV.- DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

En la visita a la zona de trabajo se tomaron todos los puntos solicitados descritos en el punto III con el equipo GS-15.

Una vez realizados los trabajos de campo se descargan la información del equipo en la aplicación de Leica denominada “Leica Infinity”. En primer lugar, se realiza una exhaustiva revisión de la información corrigiendo posibles errores para conseguir una correcta definición de cada uno de los elementos, especialmente de las líneas de rotura. A continuación se generan dos productos:

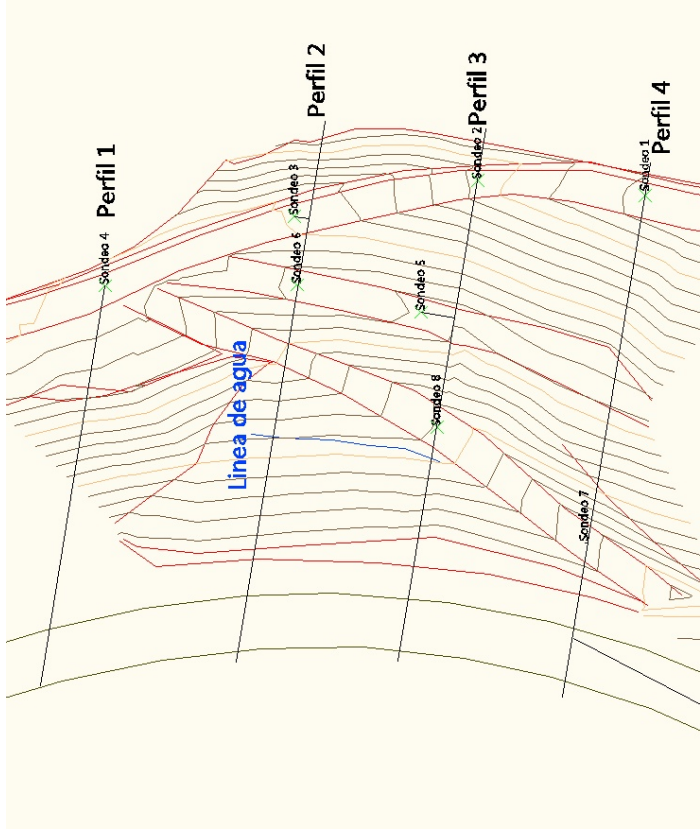
III.1.- Modelo Digital del Terreno

En la aplicación de Leica “Leica Infinity” tras haber realizado la revisión de los puntos se genera un MDT interpolado, que es exportado a .dxf en formato TIN. Sobre este modelo se ha generado curvas de nivel a una equidistancia de un metro.

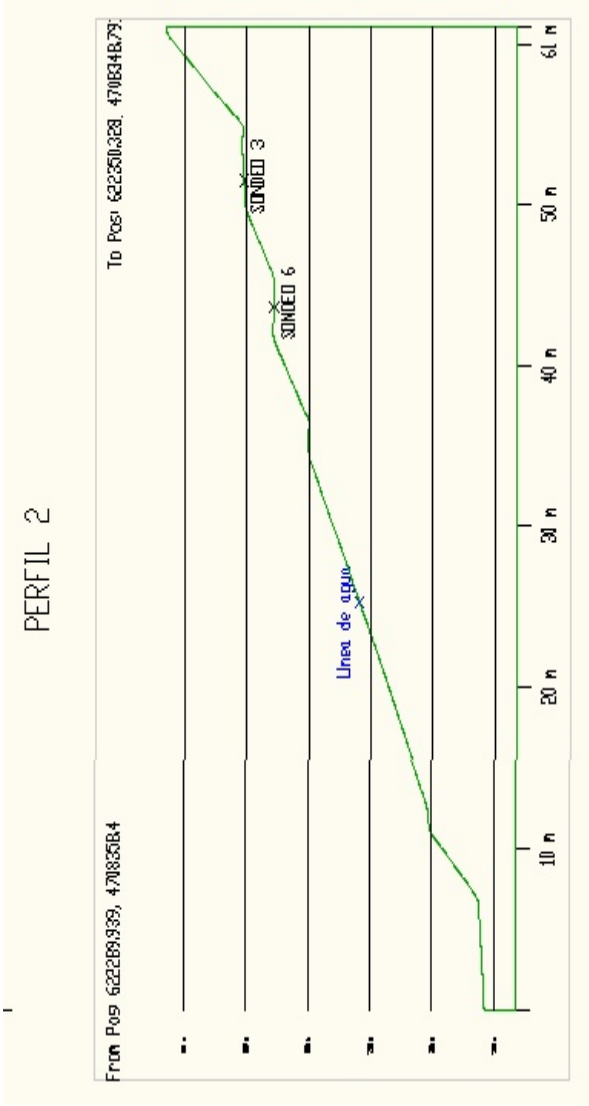


III.2.-Perfiles Transversales

En el software Global mapper se importa la superficie anterior en formato .dxf. Utilizando la función de “Perfil de Recorrido” se obtiene un perfil en el eje que se selecciona. El Servicio de Estudios y Proyectos nos indica la posición de cada uno de los cuatro perfiles. A continuación usando un programa de CAD insertamos el nivel freático y la ubicación de los sondeos en cada uno de los perfiles.

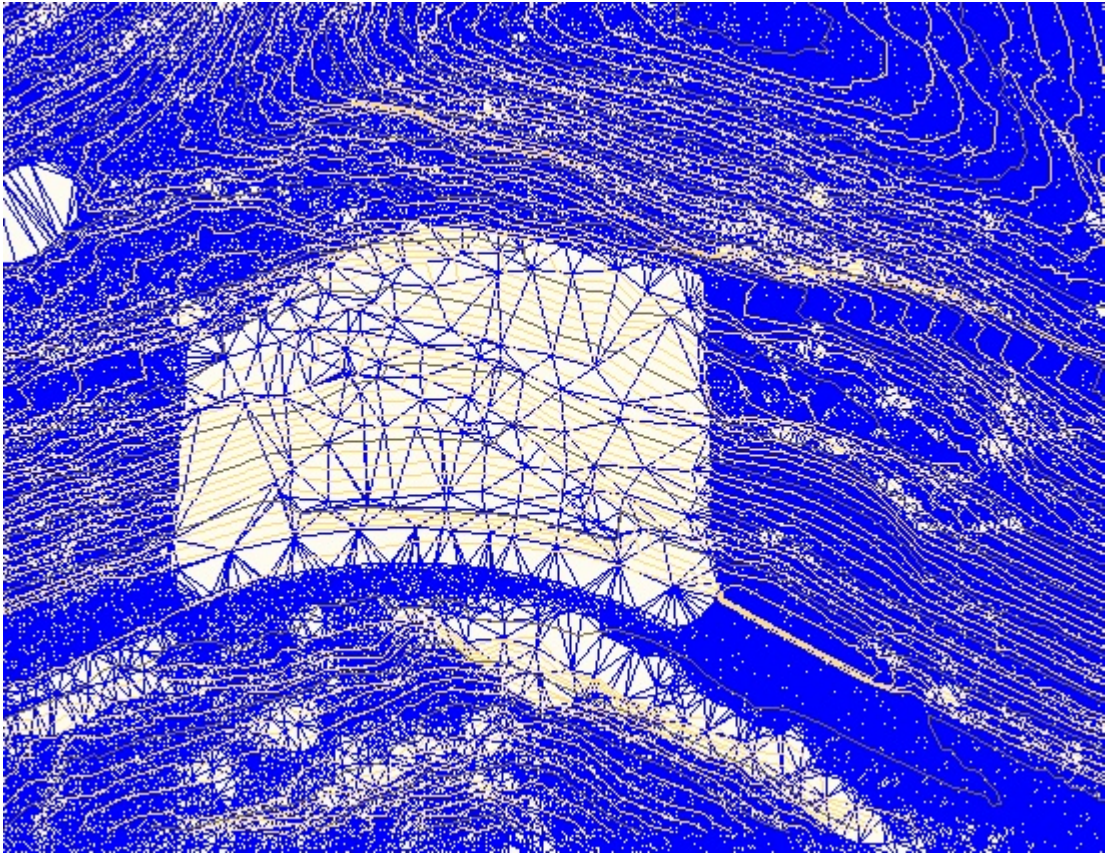


Ubicación de los perfiles



Perfil Transversal

Una vez entregada esta información el Servicio de Estudios y Proyectos una ampliación del MDT con la zona adyacente al taquimétrico la cual no ha sufrido alteraciones por los deslizamientos, por lo tanto, se importan los puntos del suelo del vuelo LiDAR de 2017 descargado desde la página web del Gobierno de Navarra “<https://cartotecayfototeca.navarra.es/cartoteca/>” con el objeto de obtener la información de la zona ayacente. De nuevo, en la aplicación de Leica “Leica Infinity” se crea un MDT interpolado en formato TIN. Con esta superficie se generan las curvas de nivel a una equidistancia de un metro.



MDT realizado con los puntos del LiDAR

VI.- CONCLUSIONES

Esta topografía ha sido realizada por los Servicios Técnicos de la Sección Cartografía del Servicio de Estudios y Proyectos de la Dirección General de Obras Públicas e Infraestructuras del Departamento de Cohesión Territorial del Gobierno de Navarra.

Además del presente informe se entrega en formato digital la siguiente información:

- MDT inicial en formato “dxf”. (UJUÉ 2019 completo.dxf).
- MDT con información LiDAR en formato “dwg”. (SONDEOS LiDAR.dwg).
- Perfiles del terreno en formato “dwg”. (perfiln.dwg)

Pamplona, a 13 de Noviembre de 2019.

LA SECCIÓN DE CARTOGRAFÍA

Javier Samaniego Esparza

Vº. Bº.

INGENIERO TÉCNICO EN TOPOGRAFÍA

Eduarne Manrique Elvira

VII.- ANEXOS

En Anexo I se una tabla con las coordenadas de cada uno de los ocho sondeos realizados.

En Anexo II se incluyen los informes de las mediciones realizadas. Se incluyen los **Informes de los datos tomados**, que nos da el programa Leica Infinity 2.0 En este apartado se han incluido varios informes que a continuación describimos:

- ❖ **Informe de puntos.** En este informe se pueden ver los datos de todos los puntos medidos en la obra y el número de veces que se repite las lecturas de cada punto para sacar los puntos promediados.
- ❖ **Informe de Observaciones GNSS.** En este informe aparecen las observaciones realizadas por GPS y los datos de las mismas. Estación desde la que se ha observado, tiempo de observación, parámetros de calidad de la observación, etc...
- ❖ **Informe de Sistema de Coordenadas.** En este informe se dan todos los datos del sistema de coordenadas en el que hemos trabajado.



Anexo I: Listado de las coordenadas de los sondeos

Nº SONDEO	Coordenada X [m]	Coordenada Y [m]	Altura Ortom. [m]
SONDEO 1	622343,511	4708310,985	812,254
SONDEO 2	622345,262	4708330,575	809,227
SONDEO 2	622329,842	4708337,130	801,928
SONDEO 3	622341,029	4708351,927	805,207
SONDEO 4	622332,922	4708374,049	804,845
SONDEO 6	622333,041	4708351,606	802,744
SONDEO 7	622302,932	4708318,070	791,770
SONDEO 8	622316,397	4708335,325	795,933

Anexo II: Informes de mediciones realizadas

- ❖ Informe de puntos.
- ❖ Informe de Observaciones GNSS.
- ❖ Informe de Sistema de Coordenadas.



ANEJO 02 GEOLOGÍA



Índice

1. INTRODUCCIÓN.....2

ANEJOS:
ANEJO 1: *INFORME GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DEL DESLIZAMIENTO EN LA CARRETERA NA-5310 PK-5, UXUE (NAVARRA)*

1. INTRODUCCIÓN

El 6 de septiembre de 2019, se redacta el siguiente documento “*INFORME GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DEL DESLIZAMIENTO EN LA CARRETERA NA-5310 PK-5, UXUE (NAVARRA)*” realizado por el servicio de Estudios y Proyectos del Departamento de Cohesión Territorial del Gobierno de Navarra (dicho informe se adjunta en el anejo 1).

En el mencionado informe se describe el marco geológico, la campaña de investigación realizada (análisis fotogeológico, sondeos, laboratorio) y el análisis piezómetro e inclinométrico, para realizar finalmente el aparatado de conclusiones y recomendaciones. A continuación, se incluye una sinopsis de los apartados citados:

Después de revisar el documento proporcionado por el departamento de Cohesión Territorial del Gobierno de Navarra y realizar una inspección visual del ámbito de estudio; concluimos que lo adjuntado en dicho informe es correcto, y procedemos a utilizar dicha información para la redacción de los consecuentes apartados.



ANEJOS:

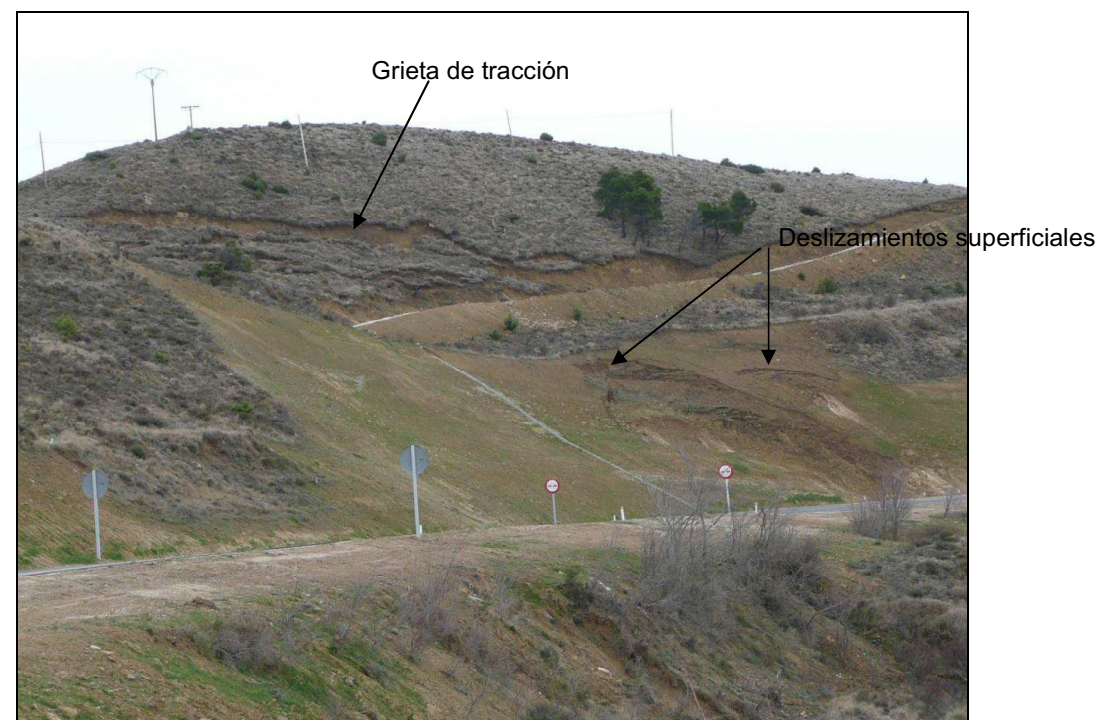
ANEJO 1: *INFORME GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DEL DESLIZAMIENTO EN LA CARRETERA NA-5310 PK-5, UXUE (NAVARRA)*

INFORME GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DEL DESLIZAMIENTO EN LA CARRETERA NA-5310 PK 5, UJUÉ (NAVARRA)

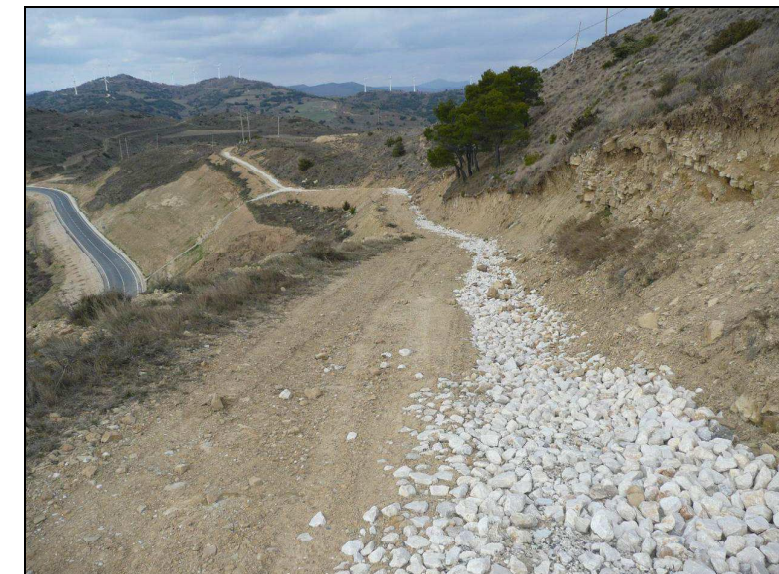
INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

A petición del Negociado de Conservación y Vialidad Navarra Sur se ha realizado este reconocimiento geológico-geotécnico en el tramo de la carretera NA-5310, situado a la altura del PK 5, que se vio afectado por un deslizamiento de tierras en primavera de 2018 que rebasó la escollera existente al pie del talud, invadiendo la calzada parte de los materiales deslizados.

Este tramo de la carretera presenta problemas de estabilidad desde que se construyó el nuevo trazado, lo que ha obligado a realizar actuaciones sucesivas, como la construcción de un drenaje en su cabecera y de una escollera en su pie.



Fotografía del talud tomada el 5/2/2009 en la que ya se observa la presencia de dos deslizamientos superficiales en la parte baja del talud y una gran grieta de tracción en la cabecera.



Fotografía de la cabecera del talud tomada el 3/3/2009 en la que se aprecia claramente el drenaje construido en la parte interna del camino al cementerio que discurre por la cabecera del talud.



Izquierda: Fotografía del pie del talud tomada el 9/6/2016 durante la construcción de la escollera que actualmente refuerza el pie del talud.

Derecha: Detalle de la excavación de la cimentación de la escollera en la que tuvo que usarse el martillo hidráulico debido a la dureza de los materiales.

MARCO GEOLÓGICO

Desde el punto de vista geológico, los materiales presentes en la zona estudiada corresponden a unas areniscas y lutitas ocre, denominadas "Areniscas y lutitas de Ujué", unidad cartográfica (UC) 409 del Mapa Geológico de Navarra a escala 1:25.000, Hoja 174-3 (Cáseda), de edad Ageniense superior - Aragoniense inferior (Orleaniense).

Litológicamente esta unidad está formada por una alternancia monótona de areniscas y lutitas, ambas de color ocre. Las areniscas se presentan en cuerpos de 2-3

m de espesor, aunque pueden llegar a los 4-5 m en los términos superiores de la serie, llegando a veces a tener cierta continuidad lateral.

Se trata de areniscas, a veces algo bioclásticas fuertemente cementadas por carbonatos de color ocre o beige oscuro. En ocasiones y en los términos basales de la serie, se observan hiladas o niveles de conglomerados aunque de poco espesor.

Las lutitas son el otro componente litológico de esta unidad y presentan un aspecto masivo y color ocre, a veces con tonalidades rojizas y preferentemente en los tramos basales. En ocasiones se observan tramos arenosos, también de color ocre intercalados, así como niveles centimétricos o decimétricos de areniscas de grano fino.

Desde el punto de vista hidrogeológico, presentan una permeabilidad media-baja, debido a la cementación de las areniscas y el frecuente desarrollo de alternancias con lutitas. No obstante, los paquetes más competentes pueden permitir cierta circulación de agua en posiciones próximas a la superficie (hasta unos 10 m de profundidad), por descompactación y pérdida parcial de la cementación, y en zonas comparativamente más tectonizadas, por fracturación y mayor densidad de diaclasado.

La meteorización prácticamente no va a afectar a las areniscas aunque sí que presentan un diaclasado que facilita el desprendimiento de bloques. Sin embargo, en las lutitas va a producir cambios de color y pérdida de compactación, disminuyendo su compacidad natural, y por tanto, aumentando su erosionabilidad. El tránsito entre roca sana y alterada es transicional.

TRABAJOS REALIZADOS

Para realizar el estudio geológico geotécnico, se ha consultado la cartografía topográfica y geológica existente, así como la fotografía aérea y se han perforado ocho (8) sondeos con extracción de testigo continuo, de los que tres (3) se han equipado como piezómetros y en otros cinco (5) se ha instalado tubería inclinométrica, y se han realizado 5 medidas de las que se adjunta como anexo el informe de la última medida.

Una vez terminada la construcción de los piezómetros e inclinómetros se han realizado medidas periódicas por parte del Laboratorio de Control de Calidad, con objeto de hacer un seguimiento de su evolución.

Con objeto de intentar determinar el origen del hundimiento, se ha realizado un análisis fotogeológico de la evolución temporal de las zonas afectadas, utilizando para ello las ortofotografías tomadas en distintos años, la cartografía topográfica a escala 1:5.000, y el Mapa Geológico de Navarra a escala 1:25.000, Hoja 174-III (Cáseda).

También se realizó un levantamiento topográfico que ya no corresponde a la morfología actual de la zona, ya que al poco tiempo de realizarlo, se tuvieron que construir los caminos de acceso para perforar los sondeos y canalizar las aguas de escorrentía.

Análisis fotogeológico

Con objeto de intentar averiguar el origen del deslizamiento que afecta al talud y seguir su evolución, se ha realizado un análisis de las ortofotografías de la zona comprendidas entre los años 2006 y 2018, sobre las que se han ido marcando las líneas que envolverían a los deslizamientos que han afectado al talud.

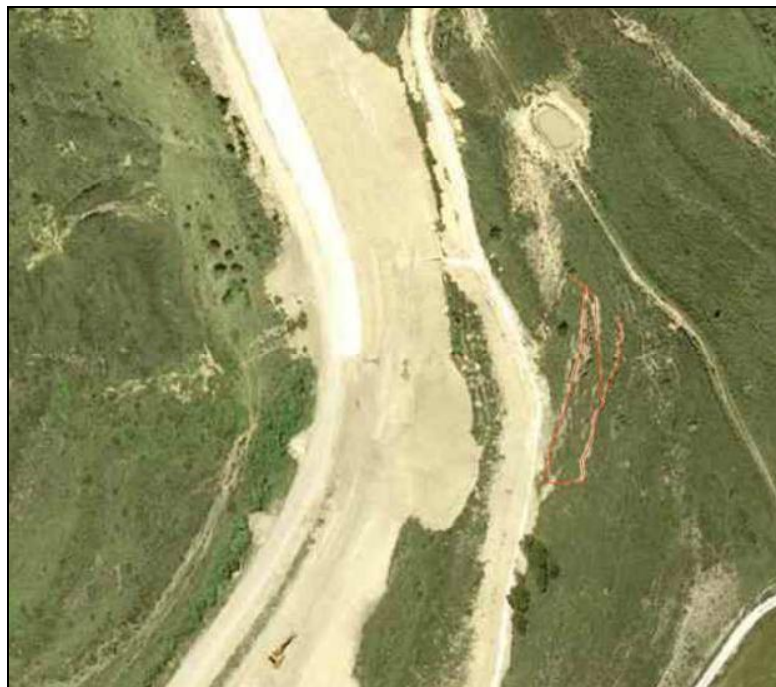
Como puede observarse en la ortofotografía de 2006, con el antiguo trazado de la carretera, únicamente se aprecian unos pequeños deslizamientos al pie del talud y dos pequeños escarpes (líneas rojas) que por la morfología del terreno, parecen determinar los laterales de un círculo de deslizamiento.



Ortofotografía de 2006

En 2008 y con las obras del nuevo trazado iniciadas, se observa que ya está presente la grieta de cabecera de deslizamiento (líneas naranja) que se mantiene hasta la actualidad, aunque con un ligero incremento en su longitud. A partir de este momento, se originan algunos deslizamientos por debajo del camino que va al cementerio, pero se mantiene el escarpe originado por la grieta como límite superior del área afectada por los deslizamientos posteriores.

En 2009 y con las obras del nuevo trazado en su fase final, se observa que la grieta de cabecera de deslizamiento de 2008 (líneas naranja) ha incrementado su longitud (líneas azules), y la presencia de dos círculos de deslizamiento por debajo de ella.



Ortofotografía de 2008



Ortofotografía de 2009

En la siguiente ortofotografía, correspondiente al vuelo de 2017, se han representado en fucsia los escarpes y grietas que se han detectado desde 2009, y se observa que los círculos de deslizamiento señalados en 2009, ya han deslizado y aumentado de tamaño, y ha aparecido uno nuevo hacia el sur. Debido a la presencia de estos deslizamientos se han construido dos escolleras al pie del talud.



Ortofotografía de 2017



Ortofotografía de 2018

Posteriormente a la toma de esta fotografía aérea, en abril de 2018, se produce el deslizamiento de parte de la cabecera del talud, que afecta al camino del cementerio, a la cuneta drenante, a la bajante que recoge las aguas del drenaje y a la cuneta del

camino del cementerio, y origina una colada de barro que desborda la escollera y alcanza la carretera.

De este evento no se dispone de vistas aéreas, únicamente de fotografías tomadas en el terreno, y ya en la fotografía aérea de 2018, se observa que se estaba realizando el movimiento de tierras necesario para la construcción de los caminos para los sondeos y la red de drenaje de las aguas superficiales.



Arriba: Vista general del área deslizada en abril de 2018 desde el camino del cementerio (Izda.) y aspecto del pie del talud con la parte superior de la escollera dañada por el arrastre de la colada de lodo (Dcha.).

Abajo: Vista general del escarpe que delimita la cabecera de los deslizamientos que afectan al talud (Izda.) y del deslizamiento, de mucha menor entidad, producido en el talud situado inmediatamente al sur (Dcha.).

Posteriormente a la construcción de los caminos, ha sufrido un nuevo movimiento tras las lluvias de febrero de 2019. Estas lluvias originaron una serie de deslizamientos superficiales que afectaron principalmente a la red de caminos construida para los sondeos y pueden observarse en la fotografía aérea tomada este año.



Ortofotografía de 2019 en la que se pueden apreciar las grietas originadas por el movimiento del terreno tras las lluvias de febrero.



Izquierda: Vista del camino del cementerio en el que se aprecian las grietas y el desplazamiento del terreno producido por las lluvias de febrero.

Derecha: Vista general del talud en la que se aprecian numerosas grietas y derrames de tierras por todo el talud.

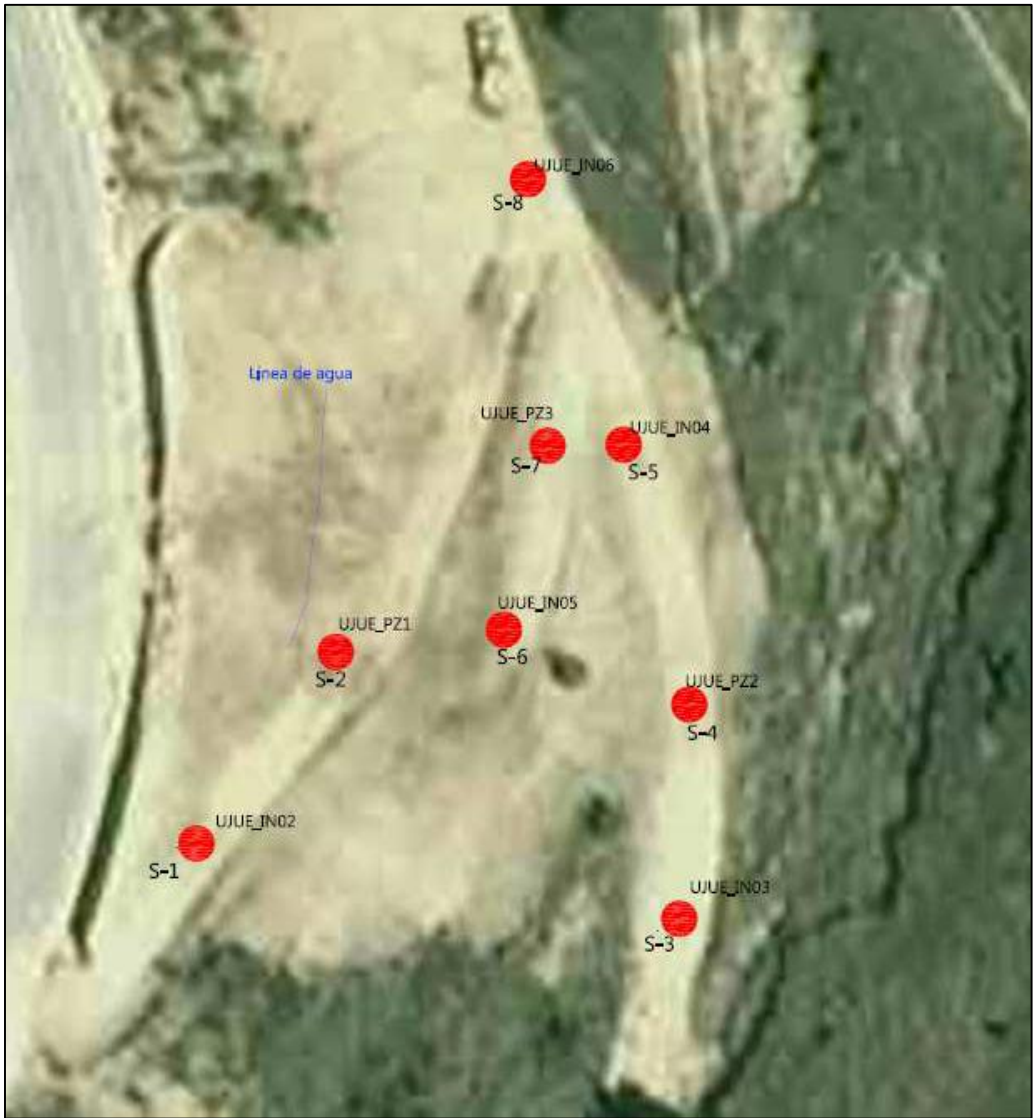
Sondeos

De acuerdo con el resultado de los sondeos de reconocimiento perforados, el perfil del terreno sería muy similar en todos los sondeos, debido a que entre el último deslizamiento y el movimiento de tierras necesario para la construcción de los accesos y la canalización de las aguas superficiales, se habían retirado prácticamente todos los suelos cuaternarios y/o de alteración. Por lo que todos los sondeos, excepto el S-4 y el

S-5, atraviesan en primer término el relleno realizado para la construcción de los accesos con las propias tierras excavadas.

Una vez atravesado este relleno o desde el inicio y hasta el final de los sondeos, se atraviesa la Formación denominada “Areniscas y lutitas de Ujué”, formada por una alternancia monótona de areniscas y lutitas, ambas de color ocre. Las areniscas se presentan en cuerpos de 2-3 m de espesor, aunque pueden llegar a los 4-5 m en los términos superiores de la serie, llegando a veces a tener cierta continuidad lateral.

Estos mismos materiales aparecen en todos los sondeos con ligeras variaciones en el porcentaje de tramos de areniscas y de lutitas en cada uno de los sondeos.



Ortofotografía del año 2018 en la que se representado la situación de los piezómetros e inclinómetros instalados en la zona de deslizamiento.

Desde el punto de vista geotécnico, la característica fundamental del macizo rocoso que constituye esta zona, es la alternancia de materiales de diferente litología (y por tanto, diferente comportamiento mecánico), es decir duros y blandos, en estratos y capas de espesor variable, factores estos que condicionan decisivamente el comportamiento geomecánico del conjunto.

En cuanto a las características geotécnicas de los materiales atravesados en los sondeos, a continuación se presentan varias tablas en las que se resumen los resultados de los ensayos geotécnicos realizados, tanto en el Laboratorio de Control de Calidad como en los propios sondeos.

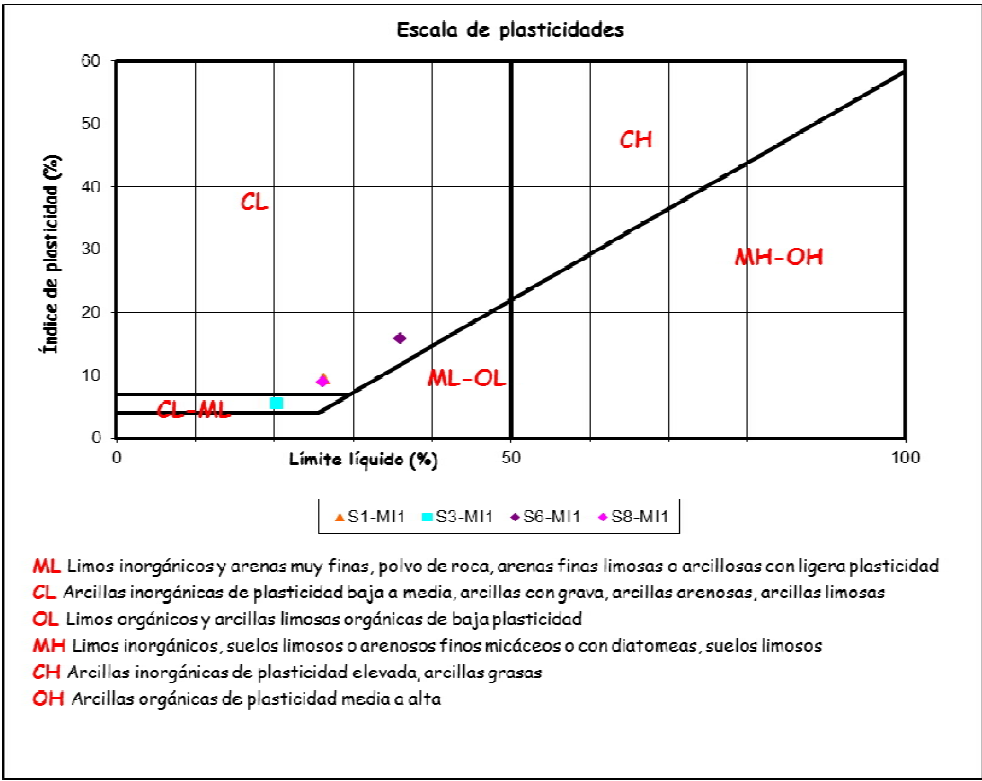
De acuerdo con los resultados de estos ensayos, los tramos lutíticos presentarían una consistencia “Firme” a “Blanda”, dependiendo del grado de meteorización y de humedad, una plasticidad “Baja” a “Media” que según la clasificación de Casagrande, pertenecería a los grupos CL y CL-ML. Su densidad seca se sitúa entre 1,7 y 2 gr/cm³, en las más alteradas, y entre 2 y 2,3 gr/cm³ las menos meteorizadas. En cuanto a su resistencia a la compresión simple (RCS), varía entre 2 y 30 Kp/cm², dependiendo también del grado de meteorización.

En cuanto a las areniscas, estas presentan densidades secas por encima de 2,2 gr/cm³ y resistencias en los ensayos de compresión simple comprendidas entre unos 30 y 69 Kp/cm².

CUADRO RESUMEN DE LOS ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (S.P.T.)								
Sondeo	S-1		S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8
Inclinómetro/Piezómetro	UJUE_IN02		UJUE_IN03	UJUE_PZ02	UJUE_IN04	UJUE_IN05	UJUE_PZ03	UJUE_IN06
Ensayo	MI-1	SPT-1	MI-1	MI-1	MI-1	MI-1	MI-1	MI-1
Profundidad ensayo (m)	1,80-2,4	3,0-3,45	1,20-1,78	1,2-1,8	1,2-1,75	1,8-2,12	1,8-2,35	1,9-2,5
Litología	Lutitas	Lutitas	Lutitas	Lutitas	Lutitas	Relleno	Relleno	Lutitas
Nº Golpes	N1	4	5	11	9	14	5	3
	N2	7	9	17	19	19	14	3
	N3	12	16	22	31	20	5	5
	N4	18		22	35	24	R	7
Nspt	9,5	25	19,5	25	19,5	9,5	4	5
Consistencia/Compacidad	Media	Firme	Firme	Firme	Firme	Media	Blanda	Blanda

Sondeo	S-1			S-4		S-5	S-6	S-7	S-8
Incl./Piezóm.	UJUE_IN02			UJUE_PZ02		UJUE_IN04	UJUE_IN05	UJUE_PZ03	UJUE_IN06
Testigo	MI-1	TP-1	TP-2	MI-1	TP-1	TP-1	TP-1	TP-1	TP-1
Prof. muestra (m)	1,8-2,4	3,88-4,2	8,11-8,4	1,2-1,8	11,76-12,0	12,34-12,6	7,2-7,46	10,25-10,47	8,13-8,4
Litología	Lutitas	Arenisca	Lutita-arenisca	Lutitas	Areniscas	Lutitas	Lutitas	Lutitas	Lutitas
Densidad seca (gr/cm³)	1,79	2,32	2,23	1,94	2,37	2,29	2,19	2,27	2,2
Humedad (%)	14,8	5,48	8,02	9,1	35,4	6,8	8,6	6,3	8,4
R.C.S. (MPa)	0,23	6,76	3,83	0,28	6,28	5,23	2,89	4,05	3,87
R.C.S. (Kp/cm²)	2,35	68,95	39,07	2,86	64,06	53,35	29,48	41,31	39,47

LÍMITES DE ATTERBERG							
Cod. Muestra	S1-MI1	S3-MI1	S4-MI1	S5-MI1	S6-MI1	S7-MI1	S8-MI1
Límite plástico Wp	16,9	14,9			20,2		17,3
Límite líquido WI	26,3	20,4			36,0		26,2
Índice Plasticidad Ip	9,4	5,5			15,8		8,9
Humedad W (%)	18,1	10,0	9,1	9,3	17,6		14,0
Índice Consistencia Ic	0,9	1,9			1,2		1,4
Plasticidad	baja	baja			media		baja
Clasificación	CI	CI			CI		CI
OTROS PARÁMETROS							
Sulfatos (mg/kg)	<0,1		<0,1	<0,1		<0,1	
Agresividad	No agresivo		No agresivo	No agresivo		No agresivo	
Carbonatos (%)			35,8	38,9	38,7	39,4	
Sales solubles (%)	0,2		0,2	0,2		0,2	
Densidad seca (gr/cm ³)	1,790	1,980	1,940				



Hay que resaltar que en casi todos los sondeos aparecen tramos de areniscas fuertemente fracturadas, con o sin relleno arcilloso, y con buzamientos desde prácticamente verticales a subhorizontales. En algunos casos (sondeo S-2 a 10,60 m, S-3 a 8,50 m, S-4 a 6,57 m y S-7 a 10,47 m), por encima de estos planos de discontinuidad, se advierte un cambio de buzamiento que puede indicar la presencia de

antiguos deslizamientos que han removilizado los materiales cuando estaban consolidándose.

Esta fracturación o diaclasado de las areniscas se puede observar fácilmente en los afloramientos de arenisca que hay en las proximidades del área desplazada y especialmente en las areniscas que afloran en el escarpe que delimita la cabecera del deslizamiento, en las que se aprecia la existencia de una familia de diaclasas verticales y con un rumbo muy similar al del talud excavado, que muy probablemente haya favorecido la formación de un plano de rotura.



Fotografía del escarpe existente en la coronación del área desplazada en la que se observa el afloramiento de las areniscas y cómo estas presentan un plano o “cara” vertical que ha condicionado el rumbo del plano de rotura o deslizamiento.

También hay que señalar que al perforar los sondeos S-2 y S-4, se detectó la pérdida del agua de perforación a 9,85 m y 16,00 m, respectivamente, lo que indica que hay un plano de discontinuidad que permite la circulación de agua y, por tanto, podría facilitar el deslizamiento del terreno ya que el agua podría actuar como lubricante además de poder generar presiones hidráulicas que reduzcan el rozamiento de los materiales en ese plano.

A este respecto, cabe señalar que una vez terminados los sondeos y tras unas lluvias que produjeron una serie de pequeños deslizamientos que afectaron principalmente a los materiales removilizados durante la construcción de los accesos y la canalización de las aguas de escorrentía, aparecieron una serie de manchas de humedad en el talud alineadas y que también podrían delimitar la base de uno de los planos de deslizamiento que han afectado al talud.

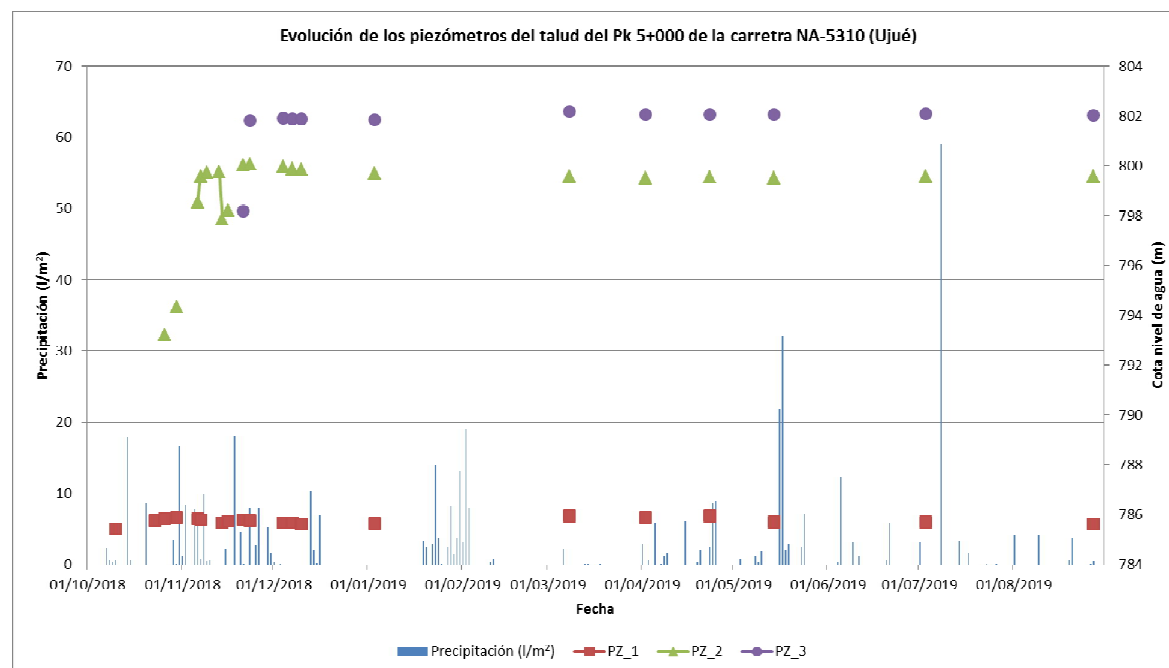
Cómo ya se ha comentado anteriormente, una vez terminados los sondeos, unos se dotaron con tubería piezométrica, para realizar un seguimiento del nivel freático, y otros con tubería inclinométrica, para intentar determinar la situación de los posibles

planos de deslizamiento, realizando desde su construcción varias campañas de toma de medidas piezométricas e inclinométricas, cuyos resultados se resumen a continuación.



Vista desde la carretera y los caminos de acceso de la alineación de manchas de humedad observada en el talud tras las lluvias.

Piezometría



Según las medidas del nivel freático realizadas, una vez que el agua subterránea ha alcanzado el nivel estático, este se mantiene bastante constante, advirtiéndose un ligero ascenso de los niveles tras las precipitaciones. El ascenso inicial del nivel en los piezómetros PZ-2 y PZ-3, se debe al llenado del pozo hasta alcanzar el nivel estático del agua.

En todo caso, queda patente que existe un flujo de agua hacia el talud que en los piezómetros situados en cabecera (PZ-2 y PZ-3) se sitúa a una cota comprendida entre los 799 y 802 m, mientras que en la parte inferior (PZ-1) el nivel del agua se situaría a una cota de unos 786 m. Esta diferencia de cotas se debe a que el agua subterránea discurre fundamentalmente por los tramos de arenisca, lo que origina la formación de pequeños acuíferos o zonas más permeables situados a diferente cota y aisladas entre ellas.

Inclinometría

A partir de los datos recogidos en los inclinómetros instalados en el talud, únicamente se ha detectado un movimiento claro en los inclinómetros situados en la cabecera del talud, UJUE_IN03 (Sondeo S-3) y UJUE_IN05 (Sondeo S-6), tras las lluvias de febrero de 2019. Estas lluvias originaron una serie de deslizamientos superficiales que afectaron principalmente a la red de caminos construida para los sondeos.

Estos movimientos del terreno originaron el hundimiento de la tubería inclinométrica instalada en el sondeo S-6 (UJUE_IN05), quedando inutilizado, y un desplazamiento de unos 7 mm a 4,50 m de profundidad y otro de unos 4mm a 2 m de profundidad, en el UJUE_IN03 (S-3), que se han mantenido en el resto de medidas tomadas.

En el resto de los inclinómetros los desplazamientos observados están por debajo del milímetro, por lo que se ha considerado que estarían dentro del margen de error del equipo de medida.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con lo expuesto hasta ahora en este informe, se considera que el talud estudiado presenta un deslizamiento de tierras originado por la construcción del nuevo trazado de la carretera, manifestándose la grieta de tracción que delimita su cabecera en el año 2008, durante las obras de construcción del nuevo trazado.

A partir de ese momento se han venido produciendo durante las épocas de lluvia, una serie de deslizamientos de menor tamaño que afectan a la masa de tierras incluida dentro del deslizamiento principal y probablemente favorecidas por la alteración de las características del macizo rocoso originadas por el deslizamiento principal.

Así los primeros deslizamientos de menor entidad (ortofotografía de 2009) afectan al pie del talud, quedando estabilizados con la construcción de las escolleras al pie del talud en 2016, mientras que los posteriores deslizamientos se han originado a mayor cota y afectan casi exclusivamente a los tramos medios y altos del talud (ver fotografías de la página 7), ya que se considera que el derrumbe de varias piedras de las hiladas superiores de la escollera, se deben al arrastre de los bloques de roca por la colada de barro que formaron los materiales deslizados.

También hay que señalar que, a lo largo de los años que lleva construido el nuevo trazado, se ha podido constatar que los principales movimientos del terreno se han producido durante o inmediatamente después de épocas lluviosas. Por otro lado, se han detectado tanto aportaciones como pérdidas de agua en los sondeos, lo que indica que existe una circulación de agua subterránea a través de los materiales presentes en el talud, especialmente por las areniscas.

Esta presencia de agua circulando por el interior de la alternancia de lutitas y areniscas, facilita notablemente el deslizamiento del terreno ya que el agua actúa como lubricante y además puede generar presiones hidráulicas que reduzcan el rozamiento de los materiales en ese plano.



Arriba: (Izda.) Vista general del escarpe que delimita la cabecera del deslizamiento, en cuyo pie se ha formado una “cuneta” en la depresión generada por la grieta de tracción. También se observa que el tramo de ladera comprendido entre el escarpe y el camino, aparece escalonado por las numerosas grietas del terreno. (Dcha.) Detalle de una de las numerosas grietas y del escalonamiento que generan.

Abajo: Aspecto de dos de las grietas situadas inmediatamente por encima del camino.

En cuanto al origen del agua que circula por estos materiales, evidentemente procede de la infiltración directa del agua de lluvia que se ve muy favorecida por la existencia de numerosas grietas abiertas entre el escarpe que delimita la cabecera del

deslizamiento y el camino del cementerio, por la que se infiltrarían directamente las aguas de lluvia y todas las aguas de escorrentía del tramo de ladera situado aguas arriba del escarpe. A esta entrada de agua que se considera la principal del sistema, hay que añadir la que puedan aportar los niveles de areniscas que, debido a su extensión lateral, pueden recoger el agua infiltrada en zonas colindantes a la afectada por el deslizamiento.

Se ha descartado que el principal aporte de agua al talud proceda de la balsa para ganado situada al norte del talud afectado, ya que está algo alejada del área deslizada y en las numerosas vistas realizadas se ha observado que mantiene el nivel de agua bastante constante, incluso en estiaje, lo que indica que no tiene pérdidas significativas.

Por tanto, se considera que el área de la masa deslizada comprendida entre el camino del cementerio y el escarpe que delimita la cabecera del talud, actúa como área de recarga del pequeño “acuífero” formado por la masa de tierras deslizada, a causa de la importante fracturación que presenta el terreno, lo que ha generado un escalonamiento del terreno que favorece la retención del agua y la presencia de grietas abiertas que facilitan la infiltración del agua retenida.

También hay que señalar que el cuarteamiento del terreno favorece la absorción de agua por las lutitas que las retienen durante largo tiempo, aumentando el peso y reduciendo la cohesión de la masa de terreno situado en la cabecera del deslizamiento, por lo que aumentaría el empuje en la zona inferior del talud, dando lugar a los deslizamientos consecutivos que se han producido en la parte inferior del talud desde la construcción del nuevo trazado de la carretera, mientras que en la cabecera apenas se observaban variaciones.

Estos deslizamientos ocurridos al pie del talud, han ido eliminando la capa más superficial del terreno, más meteorizado y permeable, o bien, ha obligado a excavarla, dejando en superficie material más sano y consistente. Como resultado, los sucesivos deslizamientos han ido subiendo de cota, afectando a los tramos medios y altos del talud al perder la retención que les proporcionaban los materiales ya deslizados y/o excavados.

De momento y debido a la escasez de precipitaciones de este año, en los inclinómetros no se ha detectado una superficie clara de deslizamiento. Únicamente se ha detectado un movimiento claro en los inclinómetros situados en la cabecera del talud, UJUE_IN03 (Sondeo S-3) y UJUE_IN05 (Sondeo S-6), tras las lluvias de febrero de 2019. Estas lluvias originaron una serie de deslizamientos superficiales que afectaron principalmente a la red de caminos construida para los sondeos, y originaron el hundimiento de la tubería inclinométrica instalada en el sondeo S-6 (UJUE_IN05), quedando inutilizado, y un desplazamiento de unos 7 mm a 4,50 m de profundidad y otro de unos 4mm a 2 m de profundidad, en el UJUE_IN03 (S-3), que se han mantenido en el resto de medidas tomadas.

En todo caso, se considera que la superficie de deslizamiento no debe de ser muy profunda, ya que los materiales existentes actualmente al pie del talud presentan

una meteorización escasa (fue necesario el uso de martillos hidráulicos para la cimentación de las escolleras y los últimos deslizamientos no han afectado a su pie) y probablemente discorra de forma más o menos paralela a la superficie del terreno, por el límite del horizonte de meteorización del macizo rocoso. Incluso se considera probable que el límite inferior de este plano de deslizamiento coincida con la alineación de manchas de humedad en el talud observada tras las lluvias de febrero y descrita anteriormente.

Como recomendaciones para mejorar la estabilidad del talud y para evitar la aportación de aguas de escorrentía a la cabecera del deslizamiento, se considera que sería necesario construir una cuneta de coronación por encima del escarpe que recoja y evacue las aguas de escorrentía generadas por encima del deslizamiento.

Con objeto de reducir el peso del terreno y evitar la infiltración del agua de las precipitaciones en el terreno, se considera que será necesario realizar una excavación escalonada de la zona comprendida entre el camino del cementerio y el escarpe de cabecera del deslizamiento, que permita retirar parte del material, cerrar las grietas abiertas y construir una red de drenaje que evite la retención y posterior infiltración de las aguas de escorrentía.

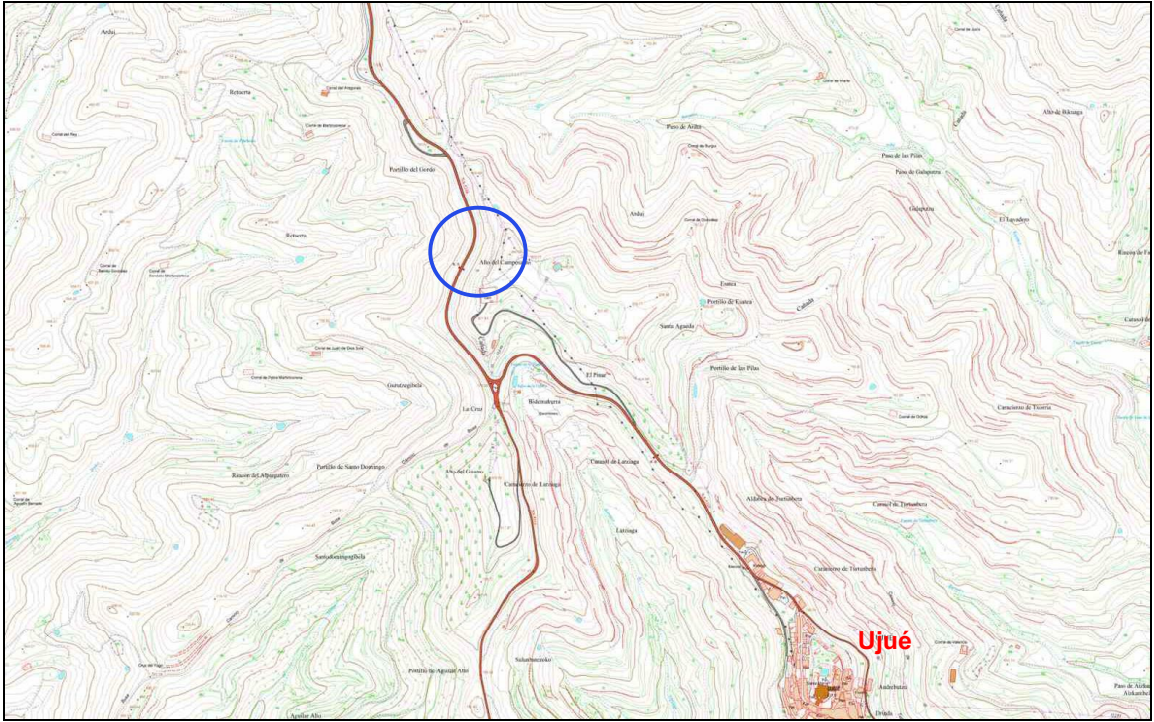
Esta excavación puede conllevar la implementación de algún tipo de sostenimiento, especialmente en el escarpe de cabecera, que será necesario evaluar en función de las alturas de del taludes entre los escalones diseñados, etc.

Pamplona, 6 de septiembre de 2019
El Geólogo

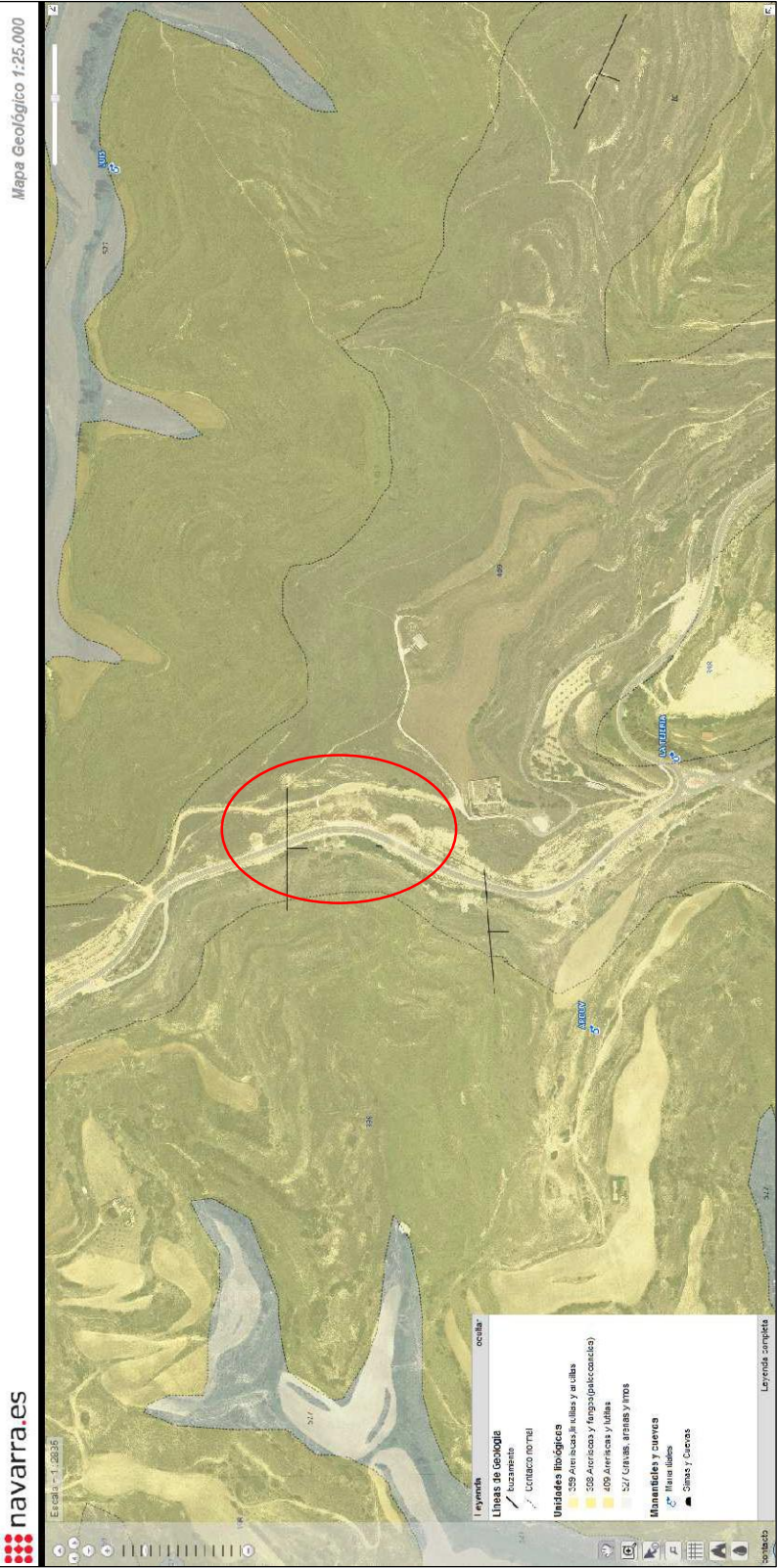
Fdo. José Mª León Zudaire

D^a. LUISA OLGA MORQUILLAS GÓMEZ
JEFE DEL NEGOCIADO DE CONSERVACIÓN Y VIALIDAD NAVARRA SUR

PLANOS DE SITUACIÓN



MAPA GEOLÓGICO



REGISTRO DE SONDEOS

REGISTRO DE SONDEO MECÁNICO A ROTACIÓN

[illegible]

REGISTRO DE SONDEO MECÁNICO A ROTACIÓN

BATERIA *1		CORONA *2		PRESIENCIA DE AGUA: Rojo; pérdida / Verde; presencia		NATURALEZA RELLENO		TIPO RELLENO		LUTITAS / A arenas / B brechas / M milonitas / Ox óxidos / Q cuarzo / C caliza / F feldespatos / Ma minerales de arcilla		METEORIZACIÓN: según (ISMR, 1981); (grado I / II / III / IV / V / VI)		MUESTRAS: MA (SPT) Muestra Alterada / MI Muestra Inalterada / TP Testigo plastificado / TR Testigo de roca / MAg Muestra de Agua	
D	4		W				I-II								
Fin del sondeo a 12,00 m de profundidad															

Nafarroako
Gobernua

Gobierno
de Navarra

Herri Lan Zuzendaritza Nagusia
Dirección General de Obras Públicas

PETICIONARIO:
D. G. Obras Públicas, Servicio de Conservación

PERFORADO POR: Servicio de Estudios y Proyectos

CÓDIGO UJUE_IN02
Profundidad total 12,00 m
Número de cajas: 4
Página 3 de 3

COMPANIA OPERADORA

Otro 0306, AA-5310 PK 5

Profundidad de 600 Mts. A 300

Sendee N° 1

Mts. Caja N° 1

68

MI 47/12/18

SI 1000
PES 240

EMPRESA PERADORA

Obra USVC, L. RA. 5710 PK 5 Sondreo N° 1

G.V.

Profundidad de 6100 Mts. A 9100 Mts. Caja N° 3

8 1/2 51 72 mm P.R. 5 B40

EMPRESA OPERADORA

6 N

Obra UJUE, N°-530 PK 5 Sonda N° I

Profundidad de 3'00 Mts. a 6'00 Mts. Caja N° 2

388 4

420

EMPRESA OPERADORA

Obra U3WE - IVA 5310

PK. 5

Profundidad de 9'00 Mts. A 32'00'

Sendeo Nº 1

Mts. Caja Nº 4

6 N.

Nafarroako
Gobernua



Gobierno
de Navarra

Herri Lan Zuzendaritza Nagusia
Dirección General de Obras Públicas

PETICIONARIO:
D. G. Obras Públicas, Servicio de Conservación

PERFORADO POR: Servicio de Estudios y Proyectos

SONDEO UJUE PZ1
Profundidad total **15,00 m**
Número de cajas: **5**

[illegible]

*1 BATERIA: S simple / D doble *2 CORONA: C carburo / W width / D diamante *3 PRESENCIA DE AGUA: Rojo: pérdida / Verde: presencia *4 NATURALEZA RELLENO: E estratificación / J junta de diáclasa o fractura *5 TIPO RELLENO: L lutitas / A arenas / B brechas / M milonitas / Ox óxidos / Q cuarzo / C calcita / F feldspatos / Ma minerales de arcilla *6 METEORIZACIÓN: según (ISM, 1981): (grado I / II / III / IV / V / VI) *7 MUESTRAS: MA (SPT) Muestra Alterada / MI Muestra Inalterada / TP Testigo plastificado / TR Testigo de roca / MAg Muestra de Agua

REGISTRO DE SONDEO MECÁNICO A ROTACIÓN

[illegible]

*1 **BATERÍA** 5 simple / D doble *2 **CORONA** C carburo / W widia / D diamante *3 **PRESENCIA DE AGUA:** Rojo: pérdida / Verde: presencia *4 **NATURALEZA RELLENO** E estratificación / J junta de diáclasa o fractura *5 **TIPO RELLENO** L lutitas / A arenas / B brechas / M milonitas / Ox óxidos / Q cuarzo / C calcita / F feldespatos / Ma minerales de arcilla *6 **METEORIZACIÓN:** según (ISMIR, 1981): (grado I / II / III / IV / V / VI) *7 **MUESTRAS:** MA (SPT) Muestra Alterada / MI Muestra Inalterada / TP Testigo plastificado / TR Testigo de roca / MAg Muestra de Agua

REGISTRO DE SONDEO MECÁNICO A ROTACIÓN

 Nafarroako Gobernua Gobierno de Navarra Herri Lan Zuzendaritza Nagusia Dirección General de Obras Públicas	OBRA: RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO DEL DESLIZAMIENTO DE TIERRAS EXISTENTE A LA ALTURA DEL PK 5+000 DE LA Ctra. NA-5310, TÉRMINO MUNICIPAL DE UJUÉ (NAVARRA)	PETICIONARIO: D. G. Obras Públicas, Servicio de Conservación PERFORADO POR: Servicio de Estudios y Proyectos	EJECUCIÓN Inicio: 13/10/18 Final: 5/10/18 EQUIPO EDECO Traveler T30 Coordenadas UTM 30N (ETRS89) x / y / z (m) 622316,397 / 4708335,325 / 795,933	CÓDIGO UJUE P21 Profundidad total 15,00 m Número de cajas: 5 Página 3 de 3
--	--	--	---	---

FOTOGRAFÍAS



CAJA nº 1 de 0,00 a 3,00 m

CAJA nº 2 de 3,00 a 6,00 m

CAJA nº 3 de 6,00 a 9,00 m



CAJA nº 4 de 9,00 a 12,00 m



CAJA nº 5 de 12,00 a 15,00 m

[illegible][illegible]

[illegible]

Nafarroako Gobernua Government of Navarre Herri Lan Auzendaritza Nagusia Dirección General de Obras Públicas	OBRA: RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO DEL DESLIZAMIENTO DE TIERRAS EXISTENTE A LA ALTURA DEL PK 5+000 DE LA Ctra. NA-5310, TÉRMINO MUNICIPAL DE UJUE (NAVARRA)	PETICIONARIO: D. G. Obras Públicas, Servicio de Conservación PERFORADO POR: Servicio de Estudios y Proyectos	EJECUCIÓN Inicio: 8/10/18 Final: 17/10/18 EQUIPO EDECO Traveller T30 Coordenadas U.T.M. 30N (ETRS89) x / y / z (m) 622343,511 / 4708310,984 / 812,254	CÓDIGO UJUE_IN03 Profundidad total 20,20 m Número de cajas: 7 Página 4 de 4	
FOTOGRAFÍAS					
CAJA nº 1 de 0,00 a 3,00 m	CAJA nº 2 de 3,00 a 6,00 m	CAJA nº 3 de 6,00 a 9,00 m			
					CAJA nº 4 de 9,00 a 12,00 m
CAJA nº 5 de 12,00 a 15,00 m	CAJA nº 6 de 15,00 a 18,00 m	CAJA nº 7 de 18,00 a 20,20 m			

[illegible][illegible]

REGISTRO DE SONDEO MECÁNICO A ROTACIÓN

[illegible]

REGISTRO DE SONDEO MECÁNICO A ROTACIÓN

 Nafarroako Gobernua Gobierno de Navarra Herri Lan Zuzendaritza Nagusia Dirección General de Obras Públicas	OBRA: RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO DEL DESLIZAMIENTO DE TIERRAS EXISTENTE A LA ALTURA DEL PK 5+000 DE LA Ctra. NA-5310, TÉRMINO MUNICIPAL DE UJUÉ (NAVARRA)	PETICIONARIO: D. G. Obras Públicas, Servicio de Conservación PERFORADO POR: Servicio de Estudios y Proyectos	EJECUCIÓN Inicio: 18/10/18 Final: 26/10/18 EQUIPO EDECO Traveller T30 Coordenadas U.T.M. 30N (ETRS89) x / y / z (m) 622345,262 / 4708330,575 / 809,227	CÓDIGO UJUE_PZZ Profundidad total 21,00 m Número de cajas: 7 Página 4 de 4
	FOTOGRAFÍAS  CAJA nº 1 de 0,00 a 3,00 m  CAJA nº 2 de 3,00 a 6,00 m  CAJA nº 3 de 6,00 a 9,00 m  CAJA nº 4 de 9,00 a 12,00 m  CAJA nº 5 de 12,00 a 15,00 m  CAJA nº 6 de 15,00 a 18,00 m  CAJA nº 7 de 18,00 a 21,00 m			

REGISTRO DE SONDEO MECÁNICO A ROTACIÓN

[illegible]

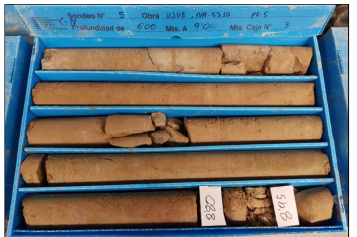
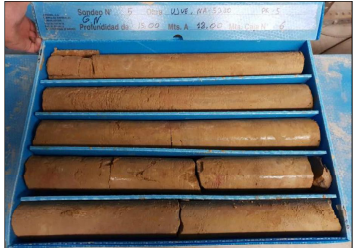
REGISTRO DE SONDEO MECÁNICO A ROTACIÓN

[illegible]

REGISTRO DE SONDEO MECÁNICO A ROTACIÓN

[illegible]

REGISTRO DE SONDEO MECÁNICO A ROTACIÓN

Nafarroako Gobernua Gobierno de Navarra Herri Lan Zuzendaritza Nagusia Dirección General de Obras Públicas	OBRA: RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO DEL DESLIZAMIENTO DE TIERRAS EXISTENTE A LA ALTURA DEL PK 5+000 DE LA Ctra. NA-5310, TÉRMINO MUNICIPAL DE UJUE (NAVARRA)	PETICIONARIO: D. G. Obras Públicas, Servicio de Conservación PERFORADO POR: Servicio de Estudios y Proyectos	EJECUCIÓN Inicio: 30/10/18 Final: 9/11/18 EQUIPO EDECO Traveller T30 Cordenadas U.T.M. 30N (ETRS89) x / y / z (m) 622341,029 / 4708351,927 / 805,206	CÓDIGO UJUE_IN04 Profundidad total 21,00 m Número de cajas: 7 Página 4 de 4
FOTOGRAFÍAS  CAJA nº 1 de 0,00 a 3,00 m  CAJA nº 2 de 3,00 a 6,00 m  CAJA nº 3 de 6,00 a 9,00 m  CAJA nº 4 de 9,00 a 12,00 m  CAJA nº 5 de 12,00 a 15,00 m  CAJA nº 6 de 15,00 a 18,00 m  CAJA nº 7 de 18,00 a 21,00 m				

[illegible][illegible]

Nafarroako
Gobernua

Gobierno
de Navarra

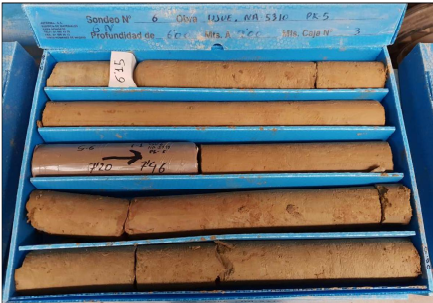
Herri Lan Zuzendaritza Nagusia
Dirección General de Obras Públicas

OBRA: RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO DEL DESLIZAMIENTO DE TIERRAS EXISTENTE A LA ALTURA DEL PK 5+000 DE LA Ctra. NA-5310, TÉRMINO MUNICIPAL DE UJUE (NAVARRA)	PETICIONARIO: D. G. Obras Públicas, Servicio de Conservación PERFORADOR POR: Servicio de Estudios y Proyectos	EJECUCIÓN Inicio: 12/11/18 Final: 16/11/18 EQUIPO EDECO Traveller T30 Coordenadas UTM 30N (ETRS89) x / y / z (m) 622329,842 / 4708337,129 / 801,298	CÓDIGO UJUE IN05 Profundidad total 15,00 m Número de capas: 5 Página 3 de 3
--	---	---	--

CAJA nº 1 de 0,00 a 3,00 m



CAJA nº 2 de 3,00 a 6,00 m



CAJA nº 3 de 6,00 a 9,00 m



CAJA n° 4 de 9,00 a 12,00 m



CAJA nº 5 de 12,00 a 15,00 m

Nafarroako **Gobierno**
Gobernua **de Navarra**

Herri Lan Zuzendaritza Nagusia
Dirección General de Obras Públicas

OBRA: RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO DEL DESPLAZAMIENTO DE TIERRAS EXISTENTE A LA ALTURA DEL PISO +5000 DE LA C/TA NA-5310, TÉRMINO MUNICIPAL DE UJUE (NAVARRA)	PETICIONARIO: D. G. Obras Públicas; Servicio de Conservación PERFORADO POR: Servicio de Estudios y Proyectos	EJECUCIÓN Inicio: 19/11/18 Final: 22/11/18 EQUIPO EDECO Traveler 130 Coordenadas UTM: 30N (ETRS89) x / y / z (m.s.n.m.) 622333,041 / 4708351,605 / 802,743	SONDEO UJUE P23 Profundidad total 15,20 m Número de cajas: 6 Página 1 de 3
---	--	---	---

[illegible]

REGISTRO DE SONDEO MECÁNICO A ROTACIÓN

Nafarroako
Gobernua



Gobierno
de Navarra

Herri Lan Zuzendaritza Nagusia
Dirección General de Obras Públicas

OBRA: RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO DEL DESLIZAMIENTO DE TIERRAS EXISTENTE A LA ALTURA DEL PK 5+000 DE LA Ctra. NA-5310, TÉRMINO MUNICIPAL DE UJUÉ (NAVARRA)

PETICIONARIO:
D. G. Obras Públicas, Servicio de Conservación

PERFORADO POR: Servicio de Estudios y Proyectos

EJECUCIÓN Inicio: 19/11/18 Final: 22/11/18
EQUIPO EDECO Traveller T30
Coordenadas U.T.M. 30N (ETRS89) x / y / z (m s.n.m.)
 622333,041 / 4708351,605 / 802,743

SONDEO UJUE PZ3
Profundidad total 15,20 m
Número de cajas: 6
Página 2 de 3

REGISTRO DE SONDEO MECÁNICO A ROTACIÓN

Nafarroako  **Gobierno**
Gobernua **de Navarra**
Herri Lan Zuzendaritza Nagusia
Dirección General de Obras Públicas

OBRA: RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO DEL
DESPLAZAMIENTO DE TIERRAS EXISTENTE A LA ALTURA
DEL PK 5+000 DE LA Ctra. NA-5310, TÉRMINO
MUNICIPAL DE UJUÉ (NAVARRA)

PETICIONARIO:	D. G. Obras Públicas, Servicio de Conservación
PERFORADO POR:	Servicio de Estudios y Proyectos

EJECUCIÓN Inicio: 19/11/18 Final: 22/11/18
EQUIPO EDECO Traveller T30
Coordenadas U.T.M. 30N (ETRS89) x / y / z (m)
 622333,041 / 4708351,605 / 802,743

CÓDIGO **UJUE_PZ3**
 Profundidad total **15,20 m**
 Número de cajas: **6**
 Página 3 de 3

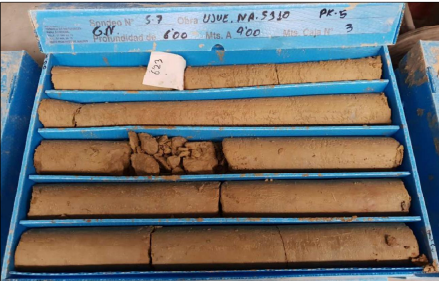
FOTOGRAFÍAS



CAJA nº 1 de 0,00 a 3,00 m



CAJA nº 2 de 3,00 a 6,00 m



CAJA nº 3 de 6,00 a 9,00 m



CAJA nº 4 de 9,00 a 12,00 m



CAJA nº 5 de 12,00 a 15,00 m



De 15,00 a 15,20 m

REGISTRO DE SONDEO MECÁNICO A ROTACIÓN

[illegible]

REGISTRO DE SONDEO MECÁNICO A ROTACIÓN

[illegible]