

Pista para trineos guiados por carriles: Alpine Coaster en el Parque de la Naturaleza de Cabárceno

Proyecto Básico



ANEJO N°03:
GEOLOGÍA Y GEOTECNIA



ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN..... 5

2.- GEOLOGÍA 5

2.1.- HIDROGEOLOGÍA..... 7

2.2.- TECTÓNICA 8

2.3.- GEOMORFOLOGÍA 8

3.- GEOTECNIA 9

3.1.- CIMENTACIÓN EN ROCA 9

3.2.- CIMENTACIÓN EN ARCILLAS Y ESCOMBRERAS ESTABLES..... 10

3.3.- CIMENTACIONES EN ZONAS INESTABLES, ESCOMBRERAS CON REPTACIONES Y TALUDES 11

3.3.1.1.- TALUDES Y EXCAVACIONES 11

3.4.- RELLENOS..... 11

4.- RIESGOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS 12

5.- CAMPAÑA GEOTÉCNICA PROPUESTA..... 12

6.- RESUMEN Y CONCLUSIONES 13

TABLAS

Tabla 1. Carga admisible en roca..... 9

Tabla 2. Carga admisible en saneo 10

FIGURAS

Figura 1. Zonas de lapiaz exhumado en el entorno del área de estudio 5

Figura 2. Mapa Geológico de Cantabria..... 6

Figura 3. Mapa hidrogeológico de la zona de estudio (IGME) 7

Figura 4. Leyenda de materiales y permeabilidades 7

Figura 5. Leyenda de símbolos del mapa hidrogeológico 8

Figura 6. Esquema de investigación en zapata con problemas kársticos..... 10

Figura 7. Aspecto de la zona de estudio en las fotografías antiguas recopiladas 12

FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Pináculos de arcillas excavadas y calizas y dolomías karstificadas 6

Fotografía 2. Imagen frontal de los rellenos mineros 7

APÉNDICES

APÉNDICE N°1:PROPUESTA DE CAMPAÑA

5403920-L1-DD-103_01

1.- INTRODUCCIÓN

La zona de estudio se ubica geológicamente en la zona central a occidental de la cuenca Vasco-Cantábrica, que se caracteriza en este sector por la presencia de materiales de edad Cretácico de tipo calizas y dolomías muy karstificadas, que evolucionan a arcillas pardo-rojizas por la descalcificación del carbonato cálcico.

Este proceso natural conlleva la concentración de hierro mineral que ha sido explotado en toda la zona de Cabárceno, generando las morfologías características de pináculos de caliza y dolomía alternando con cubetas excavadas de arcillas para extraer el mineral.

Concretamente la actuación se ubica en una antigua zona ocupada por la corta minera y retazos de escombrera minera.

2.- GEOLOGÍA

La actuación se ubica en la Cuenca Vasco-Cantábrica concretamente sobre las calizas del Aptiense-Albiense (Urgoniano) de la Fm.Altamira.

Se trata de una potente serie calcárea que se encuentran muy karstificadas, presentando agujas o torrecillas típicas de un karst tropical. En este sentido en todo el parque son perfectamente visibles espectaculares manifestaciones del karst al haberse exhumado un paleokarst en cuyas arcillas de descalcificación se acumuló el mineral de hierro. Estas mineralizaciones se corresponden a mineralizaciones típicas en "chirteras" formada por Goethita, Hematites y Limonita, con una textura nodular.

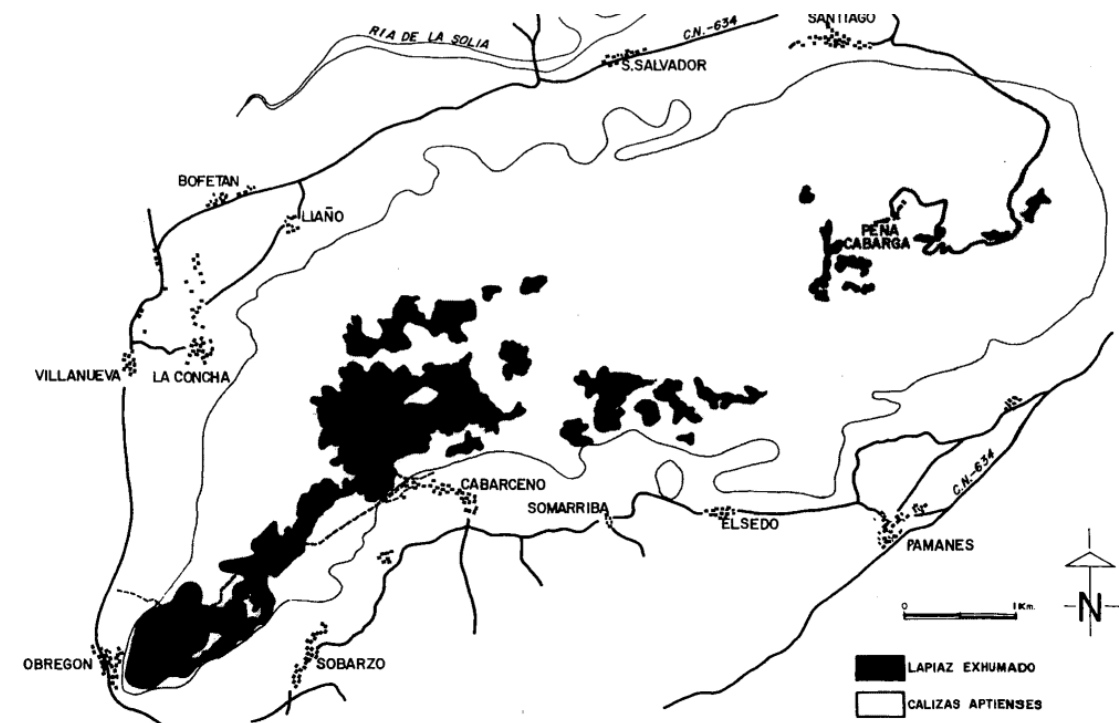
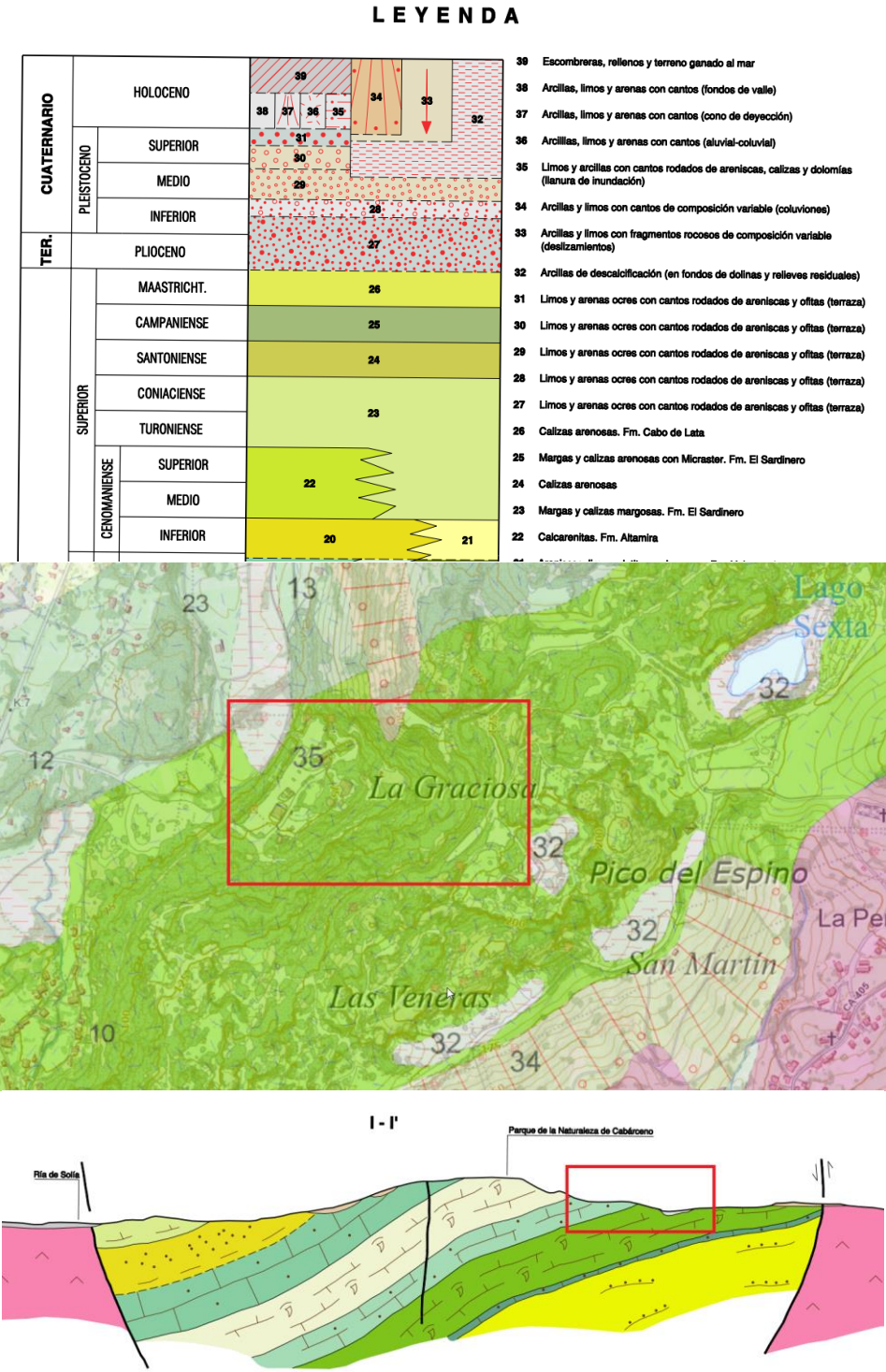


Figura 1. Zonas de lapiaz exhumado en el entorno del área de estudio

A continuación se incluye la localización en el Mapa Geológico Nacional 1:25.000 de la serie MAGNA-Gobierno de Cantabria.



Fuente: IGME-Gobierno de Cantabria

Figura 2. Mapa Geológico de Cantabria

El entorno se caracteriza por la antigua actividad minera que ha conllevado la modificación artificial del sector, junto con presencia de materiales de rellenos antrópicos formados por materiales muy variables,

pudiendo ser escombreras de roca caliza, escombreras mixtas de roca y arcillas y escombreras arcillosas.



Fotografía 1. Pináculos de arcillas excavadas y calizas y dolomías karstificadas

La explotación de las mineralizaciones de la zona a lo largo de la historia conlleva que sea de gran dificultad separar el terreno sin excavar del terreno excavado y rellenado, salvo cuando se cuenta con la presencia de pináculos de caliza visibles.



Fotografía 2. Imagen frontal de los rellenos mineros

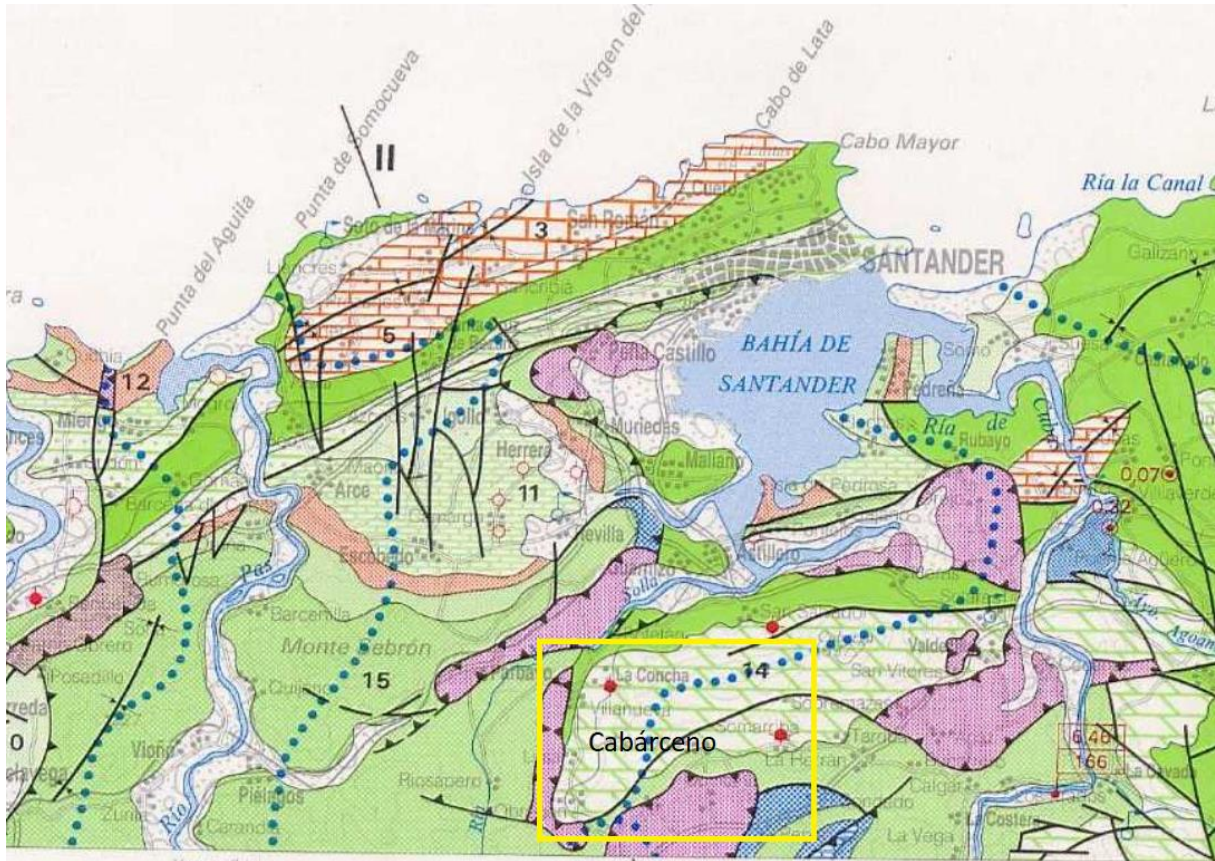


Figura 3. Mapa hidrogeológico de la zona de estudio (IGME)

2.1.- HIDROGEOLOGÍA

La zona de estudio se localiza hidrogeológicamente en la unidad acuífero 4 de Santander Santillana del Mar, donde predominan los acuíferos de tipo kárstico asociados a las calizas del Jurásico y Cretácico. La unidad acuífero de Santander Santillana, engloba una gran cantidad de subsistemas y varias zonas productivas entre Santander y Santillana del Mar, mostrándose en la siguiente figura el sector que ocupa en la zona de estudio independizado por fallas y materiales impermeables de tipo impermeable como son las arcillas del Triásico en facies Keuper representadas en color rosa (material 18) en el plano Hidrogeológico 1:200.000. Santander. publicado por el IGME.

LEYENDA LITOLÓGICA			
FORMACIONES PERMEABLES	FORMACIONES IMPERMEABLES	LITOLOGIA	EDAD
5	SEMIPERMEABLES	Calizas, dolomías y calcarenitas	CRETÁCICO SUP-PALEOCENO
	6	Margas, calizas arcillosas y dolomías arcillosas	ALBIENSE-CAMPANIENSE
14		Calizas urgonianas	APTIENSE - ALBIENSE
	18	Arcillas varioladas, yesos y ofitas	KUEPER

Figura 4. Leyenda de materiales y permeabilidades

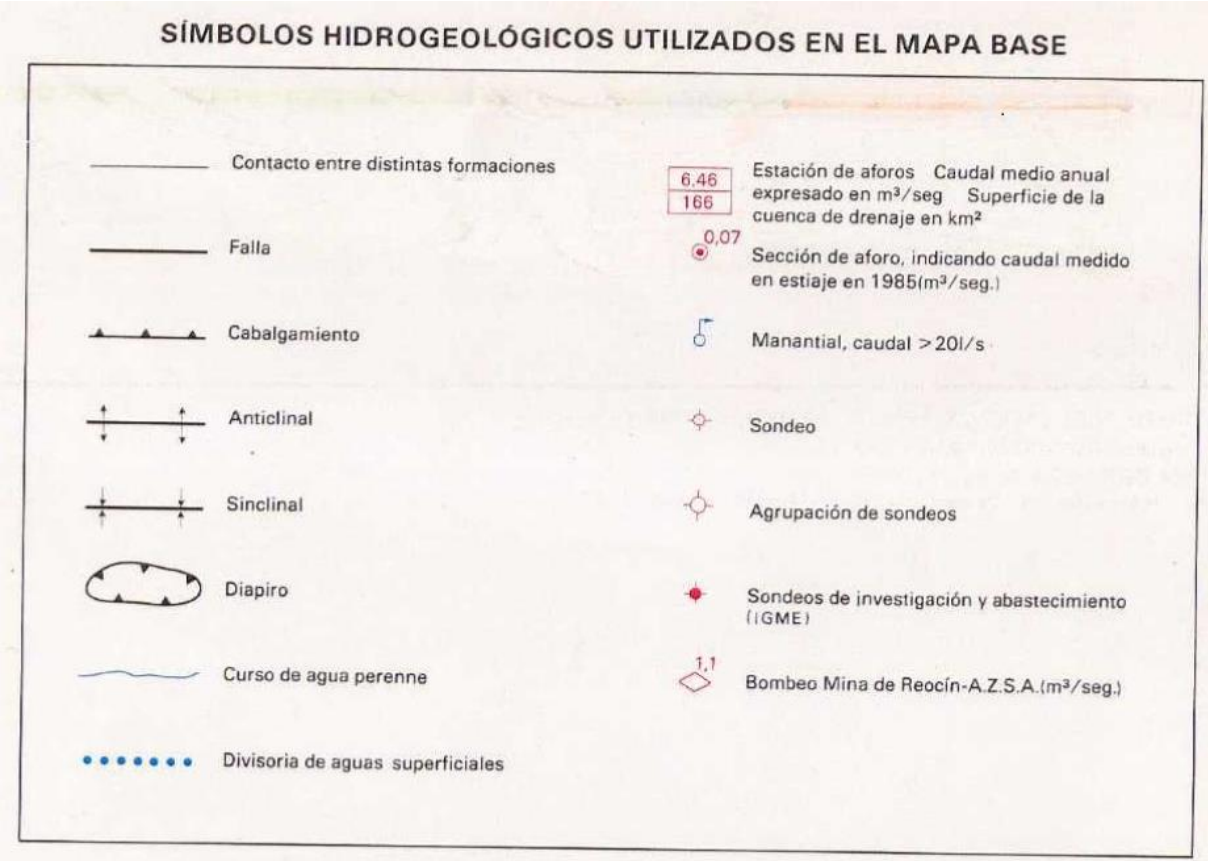


Figura 5. Leyenda de símbolos del mapa hidrogeológico

En este sector está asociado al nivel de calizas karstificadas del Urgoniano, muy productivas que a nivel profundo en el área de estudio conforman un acuífero regional.

2.2.- TECTÓNICA

En la zona de estudio predomina una tectónica de edad Alpina asociada a la deformación de la Cordillera Pirenaica al chocar la placa ibérica con la placa europea. Esta deformación se manifiesta como fallas directas de pequeño salto pero que favorecen la fracturación de la roca que ha conllevado que en circunstancias favorables el macizo rocoso calcáreo desarrolle una importante alteración y disolución.

2.3.- GEOMORFOLOGÍA

La zona de estudio está desarrollada en una ladera de fuerte pendiente, dentro de un modelado kárstico muy desarrollado que favorece la presencia de elevadas pendientes en la roca sana y laderas suaves en los sectores inferiores de tipo suelos y coluviones.

Localmente la geomorfología natural ha sido modificada por las intensas labores mineras con presencia incluso de viales, caminos, ferrocarril y escombreras que a su vez han afectado incluso a la pendiente de las laderas, trazado de cauces fluviales etc.

3.- GEOTECNIA

Las actuaciones contemplan la realización de cimentaciones con cargas bajas, pero localizados en un contexto geológico-complicado.

Las posibles situaciones planteadas son: apoyo en roca caliza con diferentes grados de karstificación, apoyo en arcillas naturales y apoyo en escombreras que presentan calidades geotécnicas muy diferentes en función de si se trata de roca de machaqueo o arcillas de lavadero y extracción de mineral, etc.

Unido a esta problemática de materiales de buena calidad geotécnica y otras más desfavorables, se superpone la posible influencia de laderas activas con reptaciones y deslizamientos, y cercanía de cimentaciones a los bordes de talud.

En base a las situaciones descritas se proponen las siguientes tipologías de cimentación: cimentación directa en roca, cimentación directa sobre saneos de tipo pedraplén u hormigón ciclópeo y cimentación profunda con micropilotes en las situaciones de especial problemática geotécnica detectada.

3.1.- CIMENTACIÓN EN ROCA

Cuando las zapatas se localicen en roca sana y se compruebe que no presentan karstificación que pueda afectar al hundimiento de la zapata, se pueden adoptar cargas admisibles superiores a los 0,6-0,7 MPa considerando una reducción para posibles influencias de cercanía a taludes. El grado de karstificación se comprueba por el porcentaje de huecos o cavidades de continuidad bajo la zona de influencia de 2 a 4 veces el ancho de zapata (B) siendo estos huecos de disolución de la caliza o dolomía, bien a través de la matriz o bien a través de las fisuras previas, con apertura superior a los 2 cm, se presenten limpias o rellenas de arcillas. No obstante la comprobación del estado de karstificación del macizo rocoso se debe realizar tanto en la fase de proyecto de detalle, como en la fase de construcción. En este tipo de localizaciones donde se certifica el problema de la karstificación, se deben prever partidas de perforaciones a destroza y sondeos en cada uno de los apoyos a realizar, una vez ubicada con exactitud en campo la zapata, ya que incluso investigando los puntos anexos existen cambios muy bruscos de calidad del macizo rocoso y en la fase constructiva se debe certificar el estado del macizo.

En base a la formulación de la Guía de Cimentaciones de Obras de Carreteras o códigos similares, para obtener la carga admisible se parte de una resistencia a la compresión simple de la roca (qu) , que es penalizada por 3 valores α1: Influencia del tipo de roca α2 influencia del grado de meteorización y α3 influencia de la estructura del macizo. La fórmula de obtención de la presión vertical admisible Pv adm es función de estos valores y de una presión de normalización P0=1 MPa y se muestra a continuación:

$$P_{adm} = p_0 \times \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \sqrt{\frac{q_u}{p_0}}$$

Para las calizas-dolomías se puede aplicar un α1 de 0,6. Al ser una roca poco alterada con GM III o menor se obtiene un valor α2 de 0,5 y considerando un valor RQD de 20 (fragmentos de más de 10 cm de longitud en sondeo o separación de los planos de juntas en el macizo rocoso en afloramientos), el valor de α3 es de 0,45.

Asumiendo una resistencia a la compresión simple de 30 MPa, valor razonable para las calizas del Cretácico sanas, se obtiene carga admisible de 0,73 MPa para el RQD y de 1,64 para el espaciado de juntas. Por tanto se selecciona el más conservador para quedar del lado de la seguridad y siempre que se demuestre que no hay problemas de cavidades. A continuación se muestra el cálculo para los supuestos considerados:

CALIZA SANA				
Introducción de datos	σci (MPa)=	30,0		
	GM=	III		
	RQD=	20		
	espaciado J (m)	1,00		
	Po (MPa)=	1		
Cálculos intermedios	α1=	0,60		
	α2=	0,5		
	α3=	0,45	1,00	
Presión vertical admisible				
$P_{v adm} = P_0 \times \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times (\sigma_{ci} / P_0)^{1/2}$	Pv adm=	0,73	MPa	RQD
$P_{v adm} = P_0 \times \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times (\sigma_{ci} / P_0)^{1/2}$	Pv adm=	1,64	MPa	Espaciado J

Tabla 1. Carga admisible en roca

Es necesario así mismo, para descartar la problemática adoptar un protocolo de certificación en varias fases de estudio, que comienza por la revisión in situ de la zona de apoyo. Se comprueban visualmente por parte de un geólogo cualificado el fondo y las paredes excavadas, el entorno natural de las zapatas y posibles indicios de karst en laderas colindantes (sumideros, dolinas, etc.) y datos de las cimentaciones y taludes cercanos abiertos y expuestos. Si existen dudas de la validación o se detectan cavidades y fisuras importantes, abiertas o rellenas de arcilla, se procede a la realización de 5 perforaciones a destroza (4 en esquinas y 1 central con carro perforador tipo al que se emplea en las voladuras en roca). Este control por parte de geólogo aporta los datos necesarios de presencia e huecos, rellenos de arcilla, etc. con la inspección del ripio y velocidad de avance, caídas el varillaje etc. La longitud de las perforaciones será de L=4B. Si no se detectan cavidades se valida la cimentación. Si se detectan cavidades se pasa a realizar 4 nuevas perforaciones para acotar el tamaño y forma de la cavidad. Si la problemática es localizada y superficial, se replica la zapata y se realizan labores de relleno y solución- Si la problemática es profunda o de carácter más general, se procede a perforar 1 sondeo para determinar y acotar la solución mediante cimentación profunda de tipo micropilotes o posibles inyecciones de mejora del macizo si es viable.

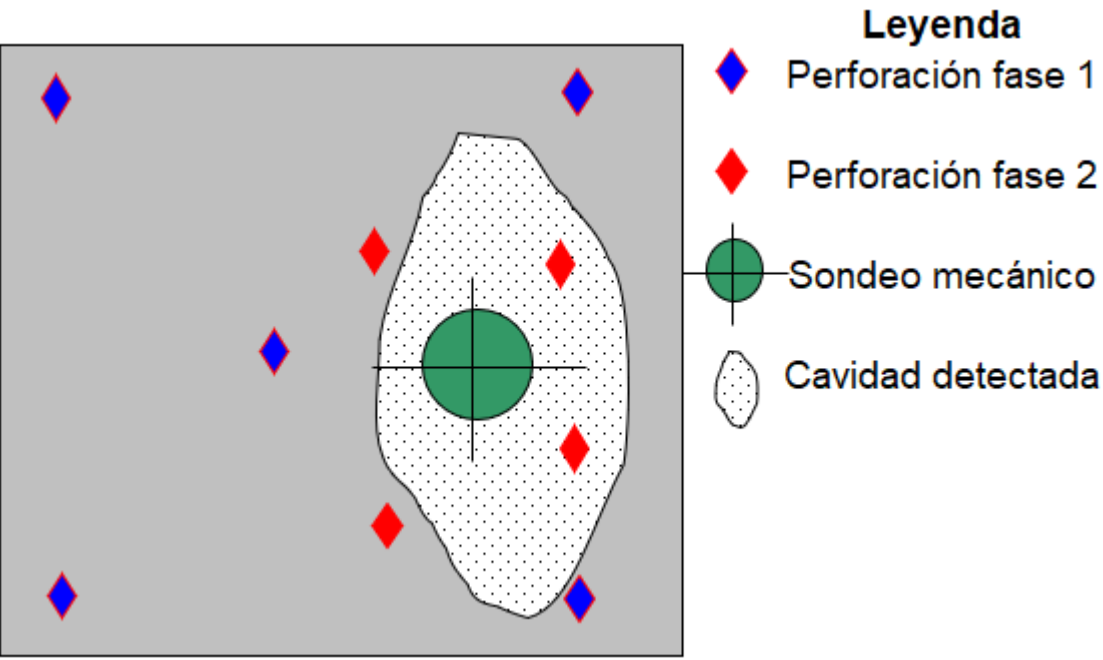


Figura 6. Esquema de investigación en zapata con problemas kársticos

Para las zapatas en roca se puede considerar un contacto muy rugoso por lo que para el deslizamiento de la cimentación se puede asumir un ángulo de rozamiento hormigón in situ terreno de 40° o superior, y si se opta por cimentación con elementos prefabricados, considerar un valor de 35°.

3.2.- CIMENTACIÓN EN ARCILLAS Y ESCOMBRERAS ESTABLES

Para las zapatas en arcilla de descalcificación o en las escombreras que no presenten problemas de asientos o estabilidad de taludes, no se recomienda un apoyo directo pero se podrían adoptar apoyos en saneos de pedraplén o zahorra, o con hormigón ciclópeo de espesor superior a los 2 m.

Estos saneos se realizarán en forma de prisma invertido y con un sobreancho mínimo de 0,5 m perimetralmente.

Para estos saneos se puede considerar un contacto muy rugoso por lo que para el deslizamiento de la cimentación presenta ángulo de rozamiento hormigón in situ terreno de 40° o superior. Cuando los elementos de hormigón son prefabricados, el plano de ejecución del hormigón resulta con menor rugosidad por lo que se requiere reducir el rozamiento zapata terreno del orden de 5°, y si se opta por cimentación con elementos prefabricados, se puede considerar un valor de 35° o contrastar con el fabricante de los elementos.

Para el apoyo en el saneo en estas situaciones, considerando que el material de aporte se trata de un material granular de machaqueo, anguloso y de fricción superior a los 40° se puede asumir una carga admisible, según las dimensiones de la cimentación de 0,20 a 0,25 MPa en función de si la arcilla presenta consistencia media o firme o una mezcla de gravas y arcillas, de compacidad media y se han

descartado problemáticas de asientos o valores de 0,10 a 0,15 MPa si se trata arcillas medias blandas o de una mezcla de gravas y arcillas de compacidad media a floja. Si las arcillas con muy blandas o las gravas y arcillas son muy flojas, se debe recurrir a cimentación profunda.

Es habitual en Geotecnia emplear códigos y formulaciones que no son de obligado cumplimiento pero si son referencias admitidas para la definición de situaciones geotécnicas similares al caso que nos ocupa. En otras normativas tales como la Guía de Cimentaciones de Obras de Carreteras, en el SEC-CTE y Eurocódigo, las cimentaciones sobre saneos o mejoras de terreno resultan complejas de calcular y se requiere de datos muy precisos de cargas, superficie de aplicación, etc. además de un cálculo complejo e iterativo. En este caso y para que sirva como una guía al calculista de las cimentaciones y en base a los datos disponibles, se ha empleado la fórmula de la ROM debido a que aporta un cálculo contrastado y sencillo, que a su vez se puede acotar con otras fórmulas más complejas en fases posteriores del estudio. En función de las dimensiones de la zapata, espesor de relleno estimado y considerando una arcilla de resistencia al corte sin drenaje (cu) reducida de 20 KPa, se podrían asumir las siguientes cargas admisibles para empotramientos de zapata de 2 m en terreno:

			FS=3			FS=2,6			FS=2,2			
Y Grava	φ grava	Su arcilla	H	B*	D	q (3 m)	PS=	PVH=	Padm CP	Padm CC	Padm CA	
20 kN/m3	36	50,00 kN/m2	1,00 m	1,00 m	2,00 m	30 kN/m2	257 kN/m2	441 kN/m2	147 kN/m2	221 kN/m2	294 kN/m2	
K=	2,30		1,00 m	2,00 m	2,00 m	30 kN/m2	257 kN/m2	349 kN/m2	116 kN/m2	175 kN/m2	233 kN/m2	
			2,00 m	1,00 m	2,00 m	30 kN/m2	257 kN/m2	717 kN/m2	239 kN/m2	359 kN/m2	478 kN/m2	
			2,00 m	2,00 m	2,00 m	30 kN/m2	257 kN/m2	487 kN/m2	162 kN/m2	244 kN/m2	325 kN/m2	
			3,00 m	1,00 m	2,00 m	30 kN/m2	257 kN/m2	1085 kN/m2	362 kN/m2	543 kN/m2	724 kN/m2	
			3,00 m	2,00 m	2,00 m	30 kN/m2	257 kN/m2	671 kN/m2	224 kN/m2	336 kN/m2	448 kN/m2	
CARGA DE HUNDIMIENTO/ADMISIBLE MODELO BICAPA SEGÚN ROM 5.05			3,00 m	3,00 m	2,00 m	30 kN/m2	257 kN/m2	533 kN/m2	178 kN/m2	267 kN/m2	355 kN/m2	

Tabla 2. Carga admisible en saneo

3.3.- CIMENTACIONES EN ZONAS INESTABLES, ESCOMBRERAS CON REPTACIONES Y TALUDES

En las zonas donde la escombrera esté formada por arcillas muy deformables o se detecten manifestaciones de reptaciones se procederá a realizar un saneo de mayor espesor hasta alcanzar una zona segura.

No obstante esta situación puede no ser posible en zonas cercanas a taludes o porque se observen deslizamiento profundos en las laderas que puedan afectar a la cimentación, por lo que se considera una cimentación mediante micropilotes hasta empotrar en zona segura de roca o nivel estable de escombrera.

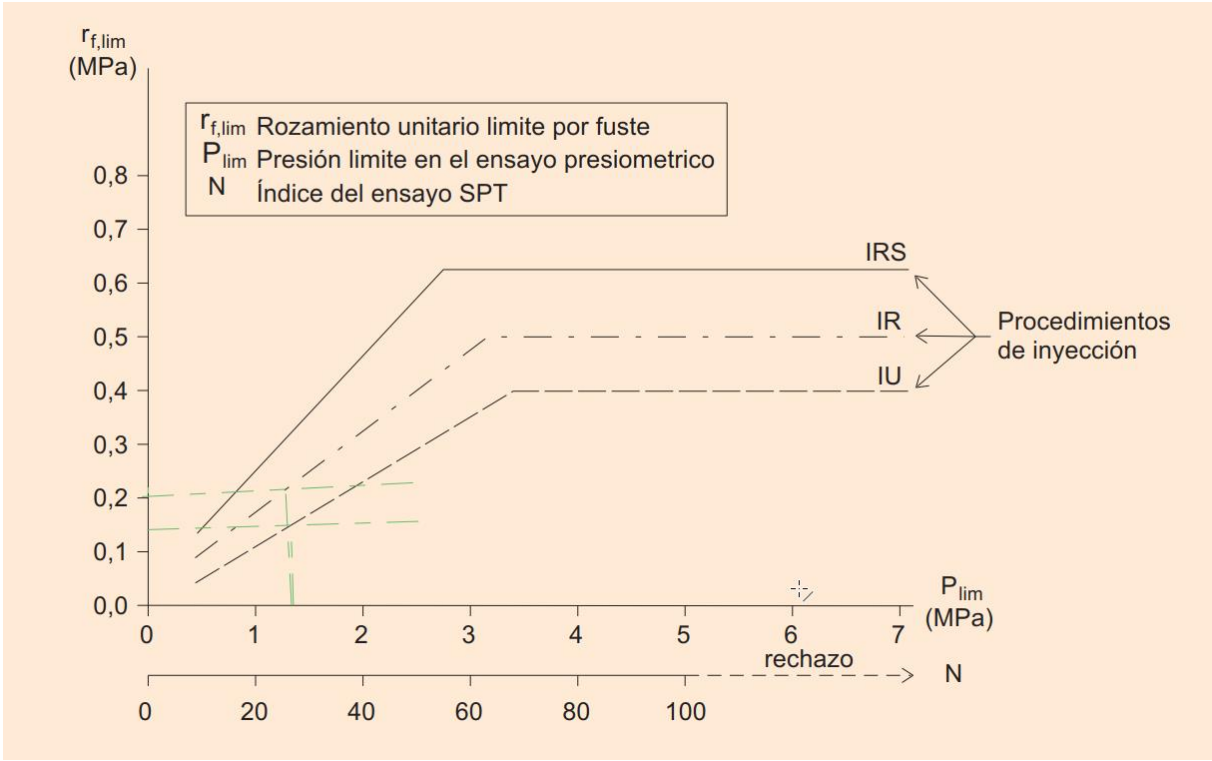
Para la cimentación de micropilotes se puede considerar una adherencia límite en la roca de 0.4 a 0.5 MPa si no presentan karstificación.

TABLA 3.3. RESISTENCIA UNITARIA DE CÁLCULO EN EL EMPOTRAMIENTO EN ROCA, POR FUSTE Y PUNTA (GRADO ISRM ≤ III)

Margas y margocalizas	0,15 - 0,40	0,07 · q _u
Pizarras y otros esquistos	0,20 - 0,30	0,07 · q _u
Areniscas	0,30 - 0,45	0,07 · q _u
Calizas y dolomías	0,40 - 0,50	0,10 · q _u
Granitos y basaltos	0,40 - 0,60	0,10 · q _u

q_u: Resistencia a compresión simple de la roca, determinada preferiblemente según UNE 22950-1, o en su defecto mediante correlación con otros ensayos. Deberá determinarse este parámetro en la zona de influencia de la punta, definida conforme a lo especificado en el epígrafe 3.3.1.2.

Para las escombreras de fragmentos rocosos de 0,15 MPa a 0,20 MPa.



Para las arcillas y material desfavorable se recomienda no considerar valores de resistencia. En el caso de atravesar estas cavidades no se contabilizarán los tramos cortos de roca atravesados para calcular el empotramiento.

3.3.1.1.- TALUDES Y EXCAVACIONES

Las calizas y dolomías requieren de martillo neumático para su excavación y en algunos casos en grandes bloques de las escombreras. El resto de los materiales se pueden excavar con medios mecánicos

Los taludes se pueden llevar a cabo con pendientes de 2V:1H en las calizas y arcillas de descalcificación y en escombreras de roca si son provisionales y poco profundas y taludes más tendidos de 3H:2V en el resto de las situaciones.

3.4.- RELLENOS

Los rellenos se pueden realizar con la roca machada excavada y el resto de los materiales solo se podrán reutilizar puntualmente en zonas de restitución.

4.- RIESGOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

Tal y como se puede observar la zona de estudio se localiza en un sector con presencia de materiales muy cambiantes, de tipo roca resistente pero karstificadas y rellenos mineros.

En ambas situaciones, los materiales artificiales o los cambios bruscos de roca a arcillas de descalcificación no presentan patrones de comportamiento que puedan extrapolarse por sectores amplios y se requiere de un adecuado estudio particularizado.

Los principales riesgos geológico-geotécnicos son los siguientes:

- Presencia de rellenos antrópicos en ladera con manifestaciones de reptaciones y posibles inestabilidades.
- Rocas calizas y dolomíticas con presencia de cavidades y karstificación, en ocasiones rellenas de arcillas.
- Escombreras de roca de comportamiento geológico aceptable, pero con presencia de sectores de arcillas y material caótico con baja estabilidad en las excavaciones incluso en las temporales.
- Reptaciones superficiales en laderas de fuerte pendiente.
- Posible afluencia de agua en excavaciones
- Presencia de suelos o aguas con quimismo desfavorable a los elementos de hormigón y acero asociados especialmente a los rellenos mineros.

5.- CAMPAÑA GEOTÉCNICA PROPUESTA

Tal y como se puede observar la zona de estudio se localiza en un contexto geológico complejo. Se han tenido en cuenta los potenciales riesgos geológicos detectados en el estudio de las fotos aéreas antiguas, recorrido de campo y experiencias en zonas mineras, escombreras y calizas karstificadas.

Si se observa la imagen siguiente, se pueden apreciar rellenos variados, presencia de roca y suelos arcillosos y zonas con manifestaciones de actividad de laderas que han quedado actualmente enmascarados por el paso del tiempo y colonización de la vegetación, por lo que es necesario acometer un estudio de investigación adecuado en combinación con una cartografía geológica detallada del sector que permita delimitar las tipologías de cimentación adecuadas.



Figura 7. Aspecto de la zona de estudio en las fotografías antiguas recopiladas

Para la investigación se proponen las siguientes prospecciones ubicadas en las zonas donde se prevé la cimentación de las pilas para determinar si es factible una tipología de apoyo con cimentación directa o es necesario realizar micropilotes o cimentación profunda.

Las calicatas y sondeos permiten la observación directa y toma de muestras, y en el caso de los sondeos alcanzar una profundidad adecuada y empotramiento en la roca para determinar si existen problemas de carstificación. La tomografía eléctrica permitirá la detección del contacto suelo-roca y si existen cavidades en la roca. Por su parte los DPSH mostrarán la cota de aparición de la roca en el punto de rechazo.

- 400 m de tomografía eléctrica
- 2 Sondeos
- 12 Calicatas
- 5 DPSH

Para el edificio de mantenimiento se propone la siguiente campaña para cumplir con el SEC-CTE contando con una zona de problemática geotécnica:

- 2 Sondeos mecánicos, 2 DPSH y 2 calicatas

Y para las casetas se proponen 1 calicata, 1 sondeo y 1 DPSH por cada uno de los edificios-caseta.

La campaña propuesta se incluye en el Anexo 1.

6.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

La zona de estudio se ubica geológicamente en la zona central a occidental de la cuenca Vasco-Cantábrica, que se caracteriza en este sector por la presencia de materiales de edad Cretácico de tipo calizas y dolomías muy karstificadas, que evolucionan a arcillas pardo-rojizas por la descalcificación del carbonato cálcico.

Este proceso natural conlleva concentración de hierro mineral que ha sido explotado en toda la zona de Cabárceno, generando las morfologías características de pináculos de caliza y dolomía alternando con cubetas excavadas de arcillas para extraer el mineral.

Concretamente la actuación se ubica en una antigua zona ocupada por la corta minera y retazos de escombrera minera.

Los riesgos geológicos más importantes son los derivados de la presencia de rocas karstificadas, escombreras mineras y laderas activas con presencia de reptaciones e incluso de deslizamientos de cierta entidad.

Para la investigación de la zona se propone la ejecución de una campaña geotécnica basada en 2 sondeos mecánicos, 5 DPSH, 12 calicatas y 400 m de perfiles de tomografía eléctrica que permitan junto con la adecuada cartografía geológica y toma de datos en campo de adoptar las soluciones de cimentación más adecuadas.

Para la actuación se contemplan diferentes situaciones de cimentación: directa en roca, mediante saneos de pedraplén u hormigón ciclópeo y mediante micropilotes en las zonas más desfavorables como pueden ser zonas de deslizamientos o cercanía a taludes muy pendientes que no permiten la suficiente seguridad lateral del apoyo con cimentación directa.

APÉNDICE Nº1:PROPUESTA DE CAMPAÑA

