

Anejo 10. Geología y Geotecnia

Hoja de control de calidad

Documento	Anejo 10. Geología y Geotecnia
Proyecto	Proyecto de Trazado para el Acondicionamiento de la Carretera EI-700 entre Sant Josep de sa Talaia y Sant Antoni de Portmany. Exp: TAO 2018-13983T
Código	RD6797-F3-110000-AN-GE-A10-Geot-D03
Autores:	Firmado: PSI
	Fecha: 2/11/21
Verificado	Firmado: XGM
	Fecha: 5/11/21
Destinatario	
Notas	

Índice

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL ESTUDIO.....	1
2. ANTECEDENTES.....	1
3. TRABAJOS REALIZADOS.....	1
3.1. Prospecciones de campo.....	2
3.1.1. Calicatas.....	2
3.1.2. Ensayos de laboratorio.....	3
4. CONDICIONES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS DEL TRAZADO.....	3
4.1. Situación Geológica.....	3
4.2. Geología del Proyecto.....	3
4.3. Geomorfología y Riesgos Geológicos.....	4
4.4. Resultados de laboratorio.....	4
5. DESMONTES Y TERRAPLENES.....	6
5.1. Generalidades.....	6
6. Estudio de los materiales.....	7
6.1. Aprovechamiento de materiales y saneamiento.....	7
6.1.1. Aprovechamiento de materiales.....	7
6.1.2. Coeficiente de paso y de esponjamiento.....	7
6.1.3. Tierra vegetal.....	8

Apéndice 1: Calicatas

Apéndice 2: Ensayos de laboratorio

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL ESTUDIO

En el presente Anejo se describen y analizan las condiciones que presenta el terreno a lo largo del trazado de la EI-700, en el tramo entre Sant Josep de Sa Talaia y Sant Antoni de Portmany, que se desarrolla en la provincia de Ibiza. La longitud del tramo es de 6.7 km. Se incluyen los datos obtenidos, junto con las recomendaciones de carácter geológico – geotécnico adecuadas para el encaje del trazado.

El proyecto se encuentra en el sector occidental de la isla d'Eivissa. Geológicamente la isla está constituida por materiales triásicos en su base (calizas y dolomías del Muschelkalk y margas y arcillas del Keuper) sobre los que se disponen los materiales jurásicos (calizas y dolomías), los materiales cretácicos d'Eivissa, San José y Eubarca, los materiales miocenos y los cuaternarios a techo. Hay que destacar asimismo la presencia de costras calcáreas muy desarrolladas en toda la isla que tienden a fosilizar el relieve actual y dificultan la cartografía geológica. La actividad de Geotecnia, a realizar a lo largo de la elaboración de este trabajo, se compone de dos partes claramente interrelacionadas y complementarias: un estudio geológico y un estudio geotécnico.

En este anejo del Proyecto se presenta el estudio geológico del trazado. El estudio geológico tiene por objeto la obtención de las características y condiciones generales del terreno a lo largo del trazado por el que discurre la ampliación de la calzada. Básicamente, se ha tratado de obtener la siguiente información:

- Estratigrafía y litología de las diferentes formaciones afectadas. Grado de meteorización y fracturación a lo largo de la traza.
- Estructura geológica a lo largo de la traza: plegamientos, fallas etc. Disposición general de los planos de discontinuidad: fallas, estratificación y juntas dominantes.
- Estimación de zonas, laderas y tramos potencialmente inestables, como pueden ser: áreas con recubrimientos potentes, rocas intensamente meteorizadas o fracturadas, deslizamientos existentes, etc.
- Caracterización y distribución de los depósitos de suelos.
- Delimitación de rellenos y vertidos de origen antrópico.
- Condiciones hidrológicas e hidrogeológicas generales. Detección de manantiales y zonas húmedas o encharcables.
- Caracterización de los principales rasgos geomorfológicos del terreno.

El estudio geotécnico tiene por objeto conocer en profundidad el comportamiento mecánico de las rocas y suelos presentes en el trazado a fin de adoptar las recomendaciones geotécnicas adecuadas para cada problemática específica. En concreto, a lo largo del desarrollo del Proyecto de Construcción se tratará de definir los siguientes aspectos:

- Naturaleza y parámetros geotécnicos de las formaciones afectadas. Estudio del espesor y distribución del recubrimiento de suelos y de la capa de roca meteorizada.

- Condiciones de excavación y porcentaje de material excavable por medios mecánicos, mediante ripado o voladuras.
- Clasificación de los materiales de cara a su utilización en rellenos.
- Diseño de taludes admisibles para las obras de tierra de los diferentes tramos del trazado, con indicación de zonas problemáticas donde pueden requerirse medidas de contención.
- Clasificación de las acumulaciones de suelos afectadas y posibilidades de utilización en terraplenes.
- Determinación de la capacidad portante del terreno para soportar los rellenos y estructuras, y recomendaciones para el apoyo de estos (siguiente fase).
- Zonificación de los rellenos, diseño de taludes estables, coeficientes de seguridad adoptados y medidas complementarias de seguridad, en su caso (siguiente fase).
- Definición de la categoría de la explanada, tramificación y espesor de terreno a sustituir en cada tramo homogéneo.
- Definición de los coeficientes de paso, que relacionan la densidad unitaria del terreno con la del mismo terreno, una vez compactado en los rellenos a realizar.

2. ANTECEDENTES

Para la elaboración de los datos básicos geológicos y geotécnicos de la zona de estudio, se ha recopilado y analizado la siguiente información:

- Mapa Geológico de España Escala 1:25.000;
- Estudio hidrogeológico de Ibiza y Formentera.

Con toda esta información se ha podido recopilar suficiente información para poder identificar la geología de la zona en una fase preliminar y los diferentes elementos geotécnicos particulares para poder establecer unos criterios para elaborar esta investigación geotécnica.

3. TRABAJOS REALIZADOS

Los trabajos realizados hasta la fecha han sido los siguientes:

- Recopilación y análisis de la información existente.
- Estudio fotogeológico de la traza.
- Cartografía geológica – geotécnica. Toma de datos geológicos y geotécnicos de afloramientos y taludes próximos a la traza.
- Ejecución y supervisión de la campaña geológica- geotécnica propuesta para caracterización de la geología y geotecnia de la traza, estudio de materiales y estudio de cimentación de estructuras. La campaña de campo ha sido realizada por una empresa acreditada especialista en investigaciones geológico-geotécnicas de campo, EGE (Estudi Geotecnia Eivissa).

- Toma de datos y estudio de desmontes existentes en las proximidades del entorno: litología, altura e inclinación del talud, estructura, condiciones de estabilidad, presencia de agua, etc.
- Análisis de la información existente sobre canteras, graveras y yacimientos que puedan constituir fuentes de procedencia de materiales para la construcción del tramo (siguiente fase).
- Análisis del trazado en reuniones periódicas multidisciplinares y recomendaciones para su ajuste.
- Caracterización geotécnica de las diferentes formaciones y materiales reconocidos a lo largo de la traza.
- Definición de la categoría de la explanada.
- Caracterización de los taludes y desmontes.
- Aprovechamiento de materiales por formaciones y desmontes.
- Realización de fichas y estudio de desmontes (siguiente fase).
- Taludes recomendables para desmontes. Cálculos de estabilidad. Medidas adicionales de sostenimiento y drenaje en caso de ser necesarias (siguiente fase).
- Redacción del presente documento.

3.1. Prospecciones de campo

La investigación realizada para la elaboración del presente proyecto ha sido la siguiente:

- Excavación de 13 calicatas para la caracterización de explanada, caracterización de materiales de desmonte, apoyo de terraplenes, apoyo de estructuras y caracterización de zonas de préstamo.
- Extracciones de testigos de firme para identificar los espesores y tipos de firme actuales.

En el Apéndice 01 se presenta una planta con la situación de la campaña geotécnica realizada para este proyecto.

3.1.1. Calicatas

Se han excavado un total de 13 calicatas, supervisadas directamente por geólogos experimentados con toma de muestras alteradas en saco. La siguiente tabla muestra la referencia al PK. que se encuentran, la distancia aproximada y las coordenadas de situación.

Reconocimientos	PK aproximado & lado Derecho / Izquierdo km creciente	Profundidad alcanzada (m)	Uso	Geología
CT-01	12+300 Derecho	2.30 m	Terraplén/desmonte. Caracterización de la explanada	Margas del Mioceno (12)
CT-02	12+525 Derecho	1.70 m	Terraplén/desmonte. Caracterización de la explanada	Margas del Mioceno (12)

Reconocimientos	PK aproximado & lado Derecho / Izquierdo km creciente	Profundidad alcanzada (m)	Uso	Geología
CT-03	13+225 Derecho	2.00 m	Terraplén/desmonte. Caracterización de la explanada	Gravas arcillas y arenas (23)
CT-04	13+620 Izquierdo	1.10 m	Terraplén/desmonte. Caracterización de la explanada	Gravas arcillas y arenas carbonatados (17)
CT-05	13+800 Izquierdo	1.30 m	Terraplén/desmonte. Caracterización de la explanada	Gravas arcillas y arenas carbonatados (17)
CT-06	14+620 Izquierdo	1.50 m	Terraplén/desmonte. Caracterización de la explanada OD Torrent Font d'en Racó	Depósitos Antrópicos (26) - Rellenos de arenas y arcillas
CT-07	15+350 Izquierdo	2.00 m	Rotonda Caracterización de la explanada	Gravas arcillas y arenas carbonatados (17)
CT-08	15+900 Derecho	2.70 m	Rotonda Caracterización de la explanada	Gravas arcillas y arenas carbonatados (17)
CT-09	12+820 Derecho	0.90 m	Rotonda Caracterización de la explanada	Margas con calizas y gravas arenas y arcillas (8-22)
CT-10	16+620 Izquierdo	0.50 m	Rotonda Caracterización de la explanada	Dolomías - Gravas arcillas y arenas carbonatados (18)
CT-11	17+480 Derecho	1.00 m	Terraplén/desmonte. Caracterización de la explanada	Gravas arcillas y arenas carbonatados (17 & 18)
CT-12	17+920 Derecho	2.70 m	Terraplén/desmonte. Caracterización de la explanada	Gravas arcillas y arenas

Reconocimientos	PK aproximado & lado Derecho / Izquierdo km creciente	Profundidad alcanzada (m)	Uso	Geología
				carbonatados (17 & 18)
CT-13	18+920 Derecho	1.10 m	Terraplén/desmonte. Caracterización de la esplanada	Gravas arcillas y arenas (17)

Tabla 1. Calicatas ejecutadas durante la campaña geotécnica.

Los registros de las calicatas, así como las fotografías tomadas en su emplazamiento, se presentan en el Apéndice 01. La situación en planta de cada calicata se muestra también en el Apéndice 01.

3.1.2. Ensayos de laboratorio

Con el objetivo de realizar una caracterización geotécnica general de las unidades presentes en la traza, se han realizado ensayos de laboratorio. Se incluye los ensayos necesarios para la caracterización de los materiales detectados y la determinación del aprovechamiento de aquellos que serán excavados en los desmontes y para caracterización del sustrato de apoyo de estructuras. Se han considerado las muestras alteradas de las calicatas.

En el Apéndice 02 Ensayos de laboratorio se adjuntan las actas de laboratorio de los ensayos realizados.

3.1.2.1. Ensayos realizados sobre muestras de calicatas

Con las muestras procedentes de las calicatas se realizaron los siguientes ensayos.

- 13 ensayos de humedad mediante secado en estufa (UNE 103.300).
- 13 ensayos de granulometría de suelos por tamizado (UNE 103.101).
- 13 límites de Atterberg (UNE 103.103 y 103.104).
- 13 determinaciones del contenido en materia orgánica (UNE 103.204).
- 13 determinaciones del contenido en carbonatos (UNE 103.200).
- 13 determinaciones del contenido en sales solubles (NLT-114/99).
- 13 determinaciones del contenido en yesos (UNE 103.201).
- 13 determinaciones del contenido en sulfatos (UNE 103.201).
- 13 determinaciones de acidez Baumann Gully (según anejo 5 EHE).
- 13 ensayos de Hinchamiento libre de un suelo en edómetro (UNE 103.601:96).
- 13 ensayos de índice de colapso (NLT-254/99).
- 13 ensayos Proctor Normal (UNE 103.500).
- 13 ensayos Proctor Modificado (UNE 103.501).

- 13 ensayos CBR (UNE 103.502).
- 13 ensayos de consolidación en edómetro (muestras remoldeadas) (UNE 103.405/94).
- 13 determinaciones del peso específico relativo de las partículas (UNE 103.302).

4. CONDICIONES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS DEL TRAZADO

4.1. Situación Geológica

El proyecto se encuentra en el sector occidental de la isla d'Eivissa. Geológicamente la isla está constituida por materiales triásicos en su base (calizas y dolomías del Muschelkalk y margas y arcillas del Keuper) sobre los que se disponen los materiales jurásicos (calizas y dolomías), los materiales cretácicos d'Eivissa, San José y Eubarca, los materiales miocenos y los cuaternarios a techo. Hay que destacar asimismo la presencia de costras calcáreas muy desarrolladas en toda la isla que tienden a fosilizar el relieve actual y dificultan la cartografía geológica.

4.2. Geología del Proyecto

El trazado del proyecto empieza en las Margas del Mioceno (12) de Sant Josep de Sa Talaia y rápidamente se encuentra con un cabalgamiento arcillas y yesos del Triásico Superior (2) hasta encontrar de nuevo el Mioceno.



Figura 1. Mapa Geológico de España con la traza del proyecto de color azul. Sant Antoni de Portmany. Escala 1:25000.

Pasadas las margas del Mioceno y mediante un contacto discordante la traza discurre en materiales cuaternarios a lo largo de varios kilómetros. Primero, se espera que la traza pase por conos de deyección modernos, formados

por gravas, arcillas y arenas del Holoceno (23). Seguidamente, la traza transcurre por glaciares antiguos del cuaternario formados por gravas, arcillas y arenas con encostramientos carbonatados a techo del Pleistoceno (17).

En el km 15 de la EI-700 encontramos un pequeño tramo de carretera formado por Dolomías masivas del Jurásico (3) y Margas con intercalaciones rítmicas de calizas margosas del Cretácico inferior (8). Alrededor del km 16 se encuentran Calcarenitas del Mioceno (14).

Desde este punto hasta el km 18.8 la traza vuelve a recorrer por encima del cuaternario formado por gravas, arcillas y arenas con encostramientos carbonatados a techo y coluviones del Pleistoceno (17, 18 y 22), con algunos tramos compuestos por Margas con intercalaciones rítmicas de calizas margosas del Cretácico inferior (8). El último kilómetro del trazado se compone principalmente por materiales de depósitos antrópicos (26) y areniscas de playas y dunas antiguas (Marés; 15).



Figura 2. Mapa Geológico de España con la traza del proyecto de color azul. Sant Antoni de Portmany. Escala 1:25000.

4.3. Geomorfología y Riesgos Geológicos

Geomorfológicamente la zona presenta un relieve suave, caracterizado principalmente por la existencia de costras y depósitos cuaternarios los cuales se corresponden con depósitos de abanicos aluviales y coluviales de origen continental. En conjunto conforman amplias llanuras con ligera inclinación hacia el mar.

La traza cruza 6 canales y Es Torrent Font d'en Racó por lo que puede existir un riesgo de inundación en esos puntos.

Los principales riesgos son los accidentes geológicos presentes a lo largo del trazado como los cabalgamientos, fallas y contactos discordantes entre materiales. Además, la presencia de yesos en los materiales del Mioceno y Triásico, hace que exista también un riesgo de aparición de Carstificación (cavidades) y/o expansividad.

4.4. Resultados de laboratorio

La siguiente tabla presenta los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras analizadas.

		Muestras extraídas de calicatas												
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
Cantos	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gravas	%	19.9	48.2	21.9	33.6	26.8	2.9	30.8	10.8	44.5	12.2	26	32.4	7.8
Arenas	%	25.9	26.4	41.8	56.3	40.2	45.1	30.4	42.9	41.2	43.8	37.3	46.4	27.1
Finos	%	54.2	25.5	36.2	10.2	32.9	51.9	38.9	46.4	14.3	44	36.7	21.1	65.2
USCS		CL	GC	SM	SP-SM	SM	ML	GM	ML	GM	SM	SC-SM	SM	CL
Humedad	%	14.1	5.7	16	6.7	18.8	16.4	16.3	20.5	20	22.6	15.1	10.2	21.6
Límite líquido	%	31.2	26.18	-	-	-	-	-	-	-	32.46	25.33	-	27.13
Límite plástico	%	18.69	16.27	-	-	-	-	-	-	-	28.51	19.58	-	18.26
Índice plasticidad	%	12.51	9.91	No plástico	3.95	5.75	No plástico	8.87						
Sulfatos		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfatos valoración		Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
Hinchamiento libre	%	1.19	1.97	0.18	-0.04	0.09	1.32	0.08	0.5	0.08	1.67	1	-0.02	1.72
Densidad seca (según colapso)	g/cm3	1.88	1.97	1.83	1.73	1.87	1.8	1.9	1.85	1.55	1.62	1.92	1.84	1.92
Índice de colapso		0.04	0.27	0.02	0.03	0	0.06	0.02	0.08	0.52	0.05	0.04	0.03	0.34
Potencial de colapso		0.04	0.28	0.02	0.04	0	0.06	0.02	0.08	0.54	0.05	0.04	0.03	0.35
Humedad óptima	%	12.76	9.64	9.21	9.1	11.57	11.22	9.09	10.37	9.36	16.01	9.71	13.41	12.03
Densidad máxima	g/cm3	1.94	2.04	1.95	1.86	1.9	1.85	1.92	1.8	1.56	1.64	1.93	1.86	1.84
Índice CBR 95%	%	18.43	19.38	18.53	17.67	18.05	17.58	18.24	17.10	14.82	15.58	18.34	17.67	17.48
Índice CBR 98%	%	19.01	19.99	19.11	18.23	18.62	18.13	18.82	17.64	15.29	16.07	18.91	18.23	18.03
Índice CBR 100%	%	1.94	2.04	1.95	1.86	1.9	1.85	1.92	1.8	1.56	1.64	1.93	1.86	1.84
Materia orgánica	%	0.54	0.42	0.67	0.3	0.65	1.22	0.4	0.72	0.23	3.41	1.07	0.27	1.58
Sales solubles	%	0.68	0.49	0.59	0.54	0.42	0.41	0.34	0.42	0.33	0.45	0.43	0.44	0.39
Baumann-Gully	ml/kg	6	4	6	2	6	14	6	8	4	42	16	4	12

5. DESMONTES Y TERRAPLENES

El trazado propuesto presenta, en principio, un movimiento de tierras lo más equilibrado posible. Se intenta que haya un equilibrio entre los taludes de excavación en desmonte y los rellenos proyectados.

Los principales condicionantes geológicos – geotécnicos del trazado y de las estructuras proyectadas son la presencia de vertidos y rellenos antrópicos. Estos materiales deberán sanearse para evitar el apoyo tanto de estructuras como de obras de tierra sobre ellos.

5.1. Generalidades

El trazado de la actuación discurre por un terreno de orografía plana y no se generan desmontes de gran envergadura dado que la ampliación de la carretera aprovecha el espacio generado por la carretera actual. Además, se han proyectado algunos muros de escollera o de hormigón revestidos de piedra a lo largo del trazado con alturas variables entre 2 y 6 metros.

La siguiente tabla resume las características geométricas de los desmontes y taludes por tramos, según las características geológicas identificadas durante la campaña. En la siguiente fase del proyecto se añadirán las fichas de los taludes / desmontes existentes y sus características.

PK inicial	PK Final	Material	Pendiente talud/desmonte (H: V)
Inicio	12+320	Rellenos	3:2
12+320	12+720	Margas & costras carbonatadas	1:3
12+720	12+920	Margas meteorizadas	3:2
12+920	13+220	Margas & costras carbonatadas	1:3
13+220	13+470	Campos de cultivo (arcillas, limos y arenas)	3:2
13+470	13+840	Arena muy densa	3:2
13+840	13+960	Dolomías	1:3
13+960	14+080	Campos de cultivo (arcillas, limos y arenas)	3:2
14+080	14+260	Margas y dolomías	1:3
14+260	14+520	Campos de cultivo (arcillas, limos y arenas)	3:2
14+520	14+620	Margas & costras carbonatadas	1:3

PK inicial	PK Final	Material	Pendiente talud/desmonte (H: V)
14+620	14+720	Campos de cultivo (arcillas, limos y arenas)	3:2
14+720	15+020	Margas & costras carbonatadas	1:3
15+020	15+760	Campos de cultivo (arcillas, limos y arenas)	3:2
15+760	16+050	Arenas y arcillas con intercalación de costras carbonatadas	3:2
16+050	16+470	Campos de cultivo (arcillas, limos y arenas)	3:2
16+470	16+670	Margas y dolomías	1:3
16+670	17+510	Campos de cultivo (arcillas, limos y arenas)	3:2
17+510	17+690	Margas & costras carbonatadas	1:3
17+690	Final	Campos de cultivo (arcillas, limos y arenas)	3:2

Tabla 2. Tramificación de los pendientes de taludes y desmontes.

La siguiente tabla presenta los muros proyectados de escollera o de hormigón revestidos de piedra.

Muro	PK Inicial	PK Final	Tipo	Altura máxima vista (m)	Longitud (m)
1	12+270	12+320	Escollera	2.5	50
2	12+560	12+690	Escollera	6.0	130
3	12+780	12+840	Hor rev piedra	2.5	60
4	13+350	13+390	Hor rev piedra	3.5	40
5	13+860	13+880	Hor rev piedra	2.5	20
6	13+970	14+020	Hor rev piedra	3.0	50
7	15+270	15+310	Hor rev piedra	1.5	40
8	Glorieta Cala Bou		Escollera	6.0	40
9	16+000	16+050	Hor rev piedra	2.5	50

Tabla 3. Muros proyectados.

6. Estudio de los materiales

En este apartado se describirán los diferentes materiales detectados a lo largo de la traza según la clasificación del PG-3 y su reaprovechamiento en obra. Se definirán la presencia de tierra vegetal, clasificación de la esplanada y en la siguiente fase de proyecto se añadirán los datos de yacimientos y vertederos.

6.1. Aprovechamiento de materiales y saneamiento

6.1.1. Aprovechamiento de materiales

Para la ejecución de los terraplenes y la esplanada de los materiales que provienen de la excavación de desmontes, se ha considerado las disposiciones del Pliego General de Condiciones de Carreteras y puentes PG-3 vigente, en concreto su artículo 330, del 1 de marzo de 2004, donde se hace referencia a terrenos naturales, clasificándolos en los siguientes 5 grupos: inadecuados, marginales, tolerables, adecuados y seleccionados.

Los parámetros de clasificación son los siguientes:

- Contenido en finos
- Plasticidad
- Contenido en sales solubles
- Granulometría
- Contenido en materia orgánica

En la siguiente tabla se incluyen las condiciones que deben cumplir los materiales según la normativa PG-3.

Ensayo de laboratorio	Suelo seleccionado	Suelo adecuado	Suelo tolerable	Suelo Marginal
Granulometría de suelo por tamizado (UNE: 103.101)	D _{max} ≤ 100mm; #0,40 ≤ 15% o bien #2 < 80%, #0,40 < 75% y #0,080 < 25%	D _{max} ≤ 100mm, #2 < 80%, #0,080 < 35%		
Límites de Atterberg (UNE 103.104 y 103.105)	LL ≤ 30 y IP ≤ 10	LL < 40 y si LL > 30, entonces IP > 4	LL < 65 y si LL > 40, entonces IP > 0,73 (LL-20)	Si LL > 90, IP < 0,73 (LL-20)
Materia orgánica (UNE 103.204)	< 0,2 %	< 1 %	< 2 %	< 5 %

Sales solubles en suelos (NLT 114)	< 0,2%	< 0,2 %	< 1 %	-
Contenido en yesos (NLT 114)			< 5 %	
Colapso en suelos (NLT 254/99)			< 1 %	
Hinchamiento libre (UNE 103.601)			< 3 %	< 5 %

Taula 4. Resumen de las características que deben cumplir los materiales según el PG-3.

A partir de esta tabla y de los datos obtenidos en el laboratorio y de la bibliografía, se describen los posibles usos de cada uno de los materiales detectados.

Todos los materiales se pueden usar como suelos tolerables y se recomienda su uso para la formación del núcleo del terraplén.

6.1.2. Coeficiente de paso y de esponjamiento

El coeficiente de paso es el factor por el que se debe multiplicar el volumen que ocupa la excavación para determinar el volumen de material que se necesitará en el destino. Es la relación entre la densidad del material *in-situ* y la densidad de este material en el destino final o temporal, que puede ser un terraplén o un vertedero. Así pues, la densidad del material en destino dependerá del destino y las exigencias de compactación, que en cada caso serán diferentes. En cimentaciones o núcleos de terraplén será suficiente con un 95% de la densidad máxima obtenida en el Proctor modificado, mientras que, en coronación, puede llegar a ser del 98% o 100% del PM. Por norma general, la compactación que se llega a vertedero es del 80% de la densidad máxima del Proctor Modificado. Por lo tanto, el coeficiente de paso de los diferentes materiales será el cociente entre la densidad seca del material en su estado natural y la densidad de compactación.

El coeficiente de esponjamiento es el coeficiente de paso desde la excavación hasta la zona de acopio. Se trata del factor por el que se debe multiplicar el volumen excavado para determinar las necesidades de las zonas de acopio o cantidad de camiones que se necesitaran para su transporte. También se puede definir como el aumento de volumen del material natural por simple hecho de excavarlo. Se obtiene relacionando la densidad de material en estado natural y la densidad del mismo material suelto.

La densidad del material suelto se obtiene de la experiencia en obra, según la experiencia con los materiales observados, se puede considerar que el 70% de la densidad máxima obtenida del ensayo Proctor Modificado es la compactación que el material logra conseguir por su propio peso en la zona de acopio o durante el transporte.

En el caso de la excavación de materiales rocosos en taludes, se considera un coeficiente de esponjamiento de 1.5.

A continuación, se adjunta una tabla con los coeficientes de paso y esponjamiento calculados para los materiales de relleno existentes en la traza.

Ensayo de laboratorio	Densidad seca (T/m ³)	Coef. de paso para construcción del núcleo del terraplén	Coef. de paso para vertederos	Coef. de esponjamiento (carga con camión)
Relleno	1.85	1.05	1.25	1.4

Taula 5. Resumen de los coeficientes de paso y esponjamiento para los rellenos.

6.1.3. Tierra vegetal

Se considera que en la excavación de desmontes solo será posible excavar la tierra vegetal en cabeza del desmonte, nunca a lo largo del perfil de este.

En la excavación en zona de rellenos, se considera un espesor medio existente de tierra vegetal de 0.20m.