



ANEJO N.º 02

GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA



Índice

GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA.....	1
1. OBJETO.....	4
2. GEOLOGÍA.....	4
2.1. Marco geológico.....	4
2.2. Estratigrafía y litología	6
3. GEOTECNIA.	8
3.1. Registro de sondeos.....	8
3.2. Ensayos realizados	11
4. PARAMETROS GEOTÉCNICOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS	11
4.1. Parámetros básicos del terreno.....	11
4.2. Ángulo de rozamiento interno y cohesión.....	11
4.3. Módulo de balasto Ks.....	13
4.4. Módulo de balasto horizontal Kh.....	13
5. NIVEL FREÁTICO	14
6. AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN	14
7. CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS	15
8. EXCAVABILIDAD	15
9. REFERENCIAS	16



Índice de figuras

Figura 1. Hoja nº 698 a escala 1:50.000 del Mapa Geológico de España (Palma). (IGME)	5
Figura 2. Estratigrafía y litología del emplazamiento.....	6
Figura 3. Estratigrafía de la Hoja nº 698 (Palma) del Mapa Geológico de España. (IGME)	7
Figura 4. Ubicación de los sondeos realizados para el desarrollo de la actuación	8
Figura 5. Registro del sondeo S11 realizado por INGENIERÍA DE SONDEOS de Baleares, S.L.	9
Figura 6. Registro del sondeo S11R realizado por INGENIERÍA DE SONDEOS de Baleares, S.L.	9
Figura 7. Registro del sondeo S13 realizado por INGENIERÍA DE SONDEOS de Baleares, S.L.	10
Figura 8. Registro de sondeos S13R realizado por INGENIERÍA DE SONDEOS de Baleares, S.L.	10
Figura 9. Relación entre el número de golpes obtenidos en el ensayo SPT y el ángulo de rozamiento interno para suelos granulares según el Anejo D del Código Técnico de la Edificación	12
Figura 10. Relación entre el número de golpes obtenidos en el ensayo SPT y el ángulo de rozamiento interno para suelos mixtos (cohesivos-granulares)	12
Figura 11. Ábaco de Chaidesson y de Monet	13
Figura 12. Mapa sísmico nacional de la norma sismorresistente española	15

Índice de tablas

Tabla 1. Cota de la boca, profundidad y localización geográfica de los sondeos.	8
Tabla 2. Nomenclatura de los terrenos existentes en los sondeos realizados	8
Tabla 3. Resultados del ensayo SPT para las distintas profundidades y sondeos.....	11
Tabla 4. Parámetros geotécnicos para el dimensionamiento de estructuras.....	11
Tabla 5. Parámetros de cálculo para la obtención de ϕ y c en terrenos rocosos.....	12
Tabla 6. Coeficiente de balasto horizontal K_h para los diferentes niveles.....	13
Tabla 7. Cota y profundidad del Nivel Freático	14
Tabla 8. Aceleración sísmica básica (Palma) y coeficiente de contribución.	15
Tabla 9. Calidad de los terrenos del emplazamiento	15
Tabla 10. Nomenclatura de la clasificación de suelos según el PG-3.....	15



1. OBJETO

El objeto del presente anejo es la caracterización geológica y geotécnica de la zona en la cual se pretende realizar el paso superior en cuestión. La información geotécnica se ha tomado del proyecto real, en el que figuraba el estudio realizado por “*Ingeniería de sondeos de Baleares, S.L.*”. En este anejo se ha recopilado toda la información necesaria para la caracterización del terreno para el desarrollo de este proyecto, resumiendo y destacando los aspectos más importantes que en él figuraban.

En el estudio figuran los sondeos realizados en la zona, con los respectivos niveles freáticos, composición del suelo y características mecánicas que definen y caracterizan al suelo.

La geología se ha extraído del “*Instituto Geológico y Minero de España*” (IGME), obteniendo los mapas geológicos que caracterizan el emplazamiento y la procedencia de los mismos, así como la estratigrafía presente.

Con todo ello, en el presente anejo se pretende caracterizar y recoger todas las cuestiones geológicas y geotécnicas necesarias para el desarrollo del proyecto, extraídas de las diferentes fuentes mencionadas, necesarias para la realización de anejos posteriores.

2. GEOLOGÍA

2.1. Marco geológico

El marco geológico corresponde a la hoja nº 698 a escala 1:50.000 del MAGNA 50 realizado por el IGME (Palma). En la zona de estudio, el marco geológico pertenece al Cuaternario y está compuesto por una mezcla de Eolianitas del Pleistoceno superior y limolitas y arcillas rojas con cantos de calizas, procedentes del Holozeno.

Las Eolianitas son rocas sedimentarias formadas por la litificación del sedimento depositado por procesos eólicos. Son fruto de la ubicación cercana a la costa. Conforme se avanza hacia el interior, nos encontramos con materiales limosos y arcillosos. La zona donde se encuentra la obra es una transición e Eolianitas a materiales limosos y arcillosos.

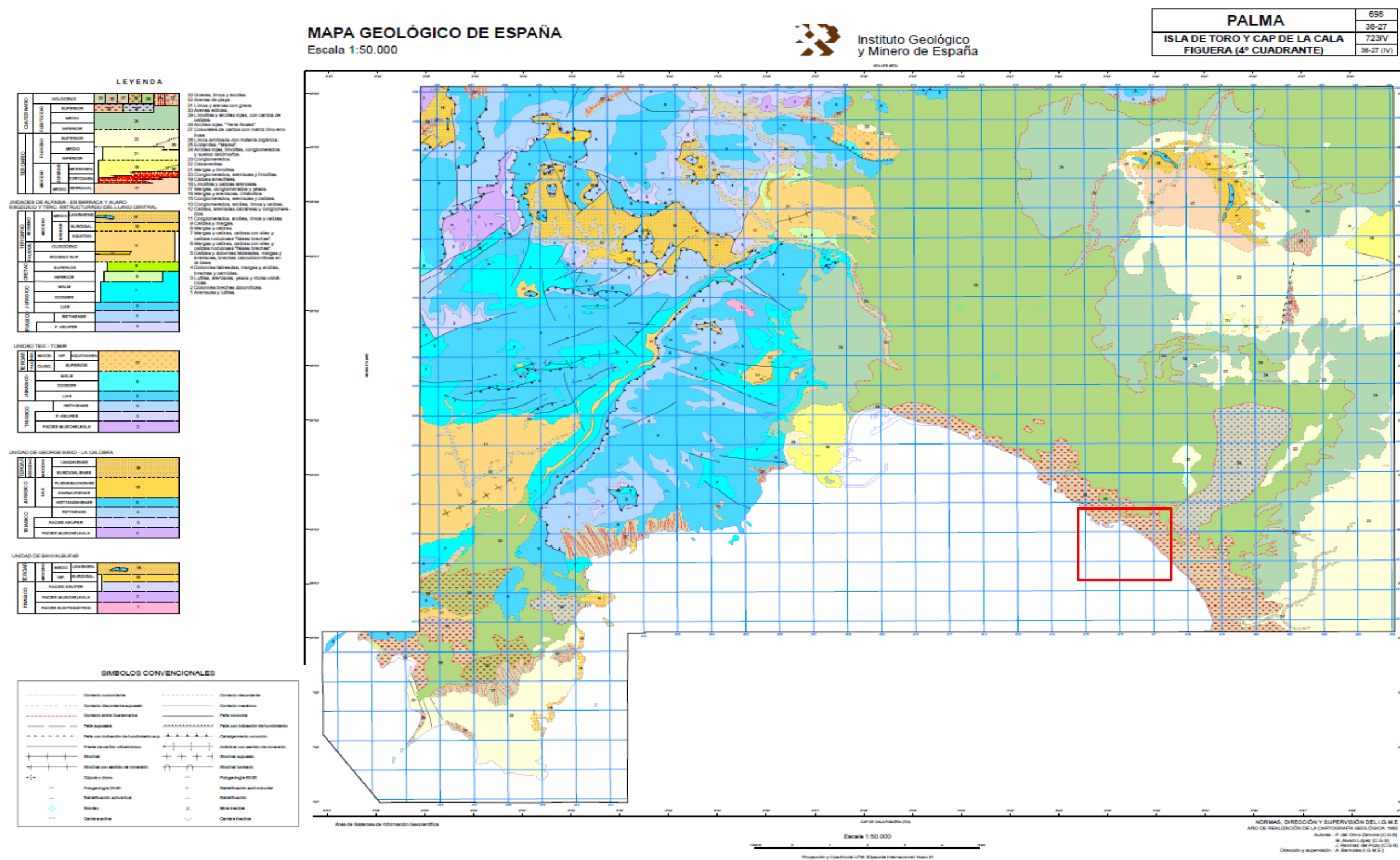


Figura 1. Hoja nº 698 a escala 1:50.000 del Mapa Geológico de España (Palma). (IGME)

2.2. Estratigrafía y litología

Desde el punto de vista litológico, el solar se encuentra ubicado en el Aluvial Cuaternario de Palma, que se extiende ampliamente al pie de la Sierra de Tramuntana, y se halla integrado por la presencia de conos de aluvión depositados por los torrentes que descienden de dicha Sierra.

El depósito de aluviones presenta similitudes con una serie de secuencias alternativas de regresiones y transgresiones del nivel del mar, origen de los cambios climáticos que se producían en la zona, originando procesos de erosión y sedimentación, variando la litología depositada de los mismos según el régimen de las corrientes fluviales. Se encuentran de forma errática costras calcáreas con diversos espesores y discontinuidades laterales. Se pueden encontrar también gravas con matriz de finos que se han cementado, originando conglomerados con cementación incipiente o conglomerados cementados, que también se localizan de forma errática.

Los materiales que comienzan a cementarse pueden originarse en los lentejones de finos, donde si se cementan surgen las LIMOLITAS. Las gravas en mayor presencia, al cementarse se transforman en CONGLOMERADOS. En tramos dominantes arenosos, al cementarse se transforman en CALCARENITAS o COSTRAS CALCÁREAS.

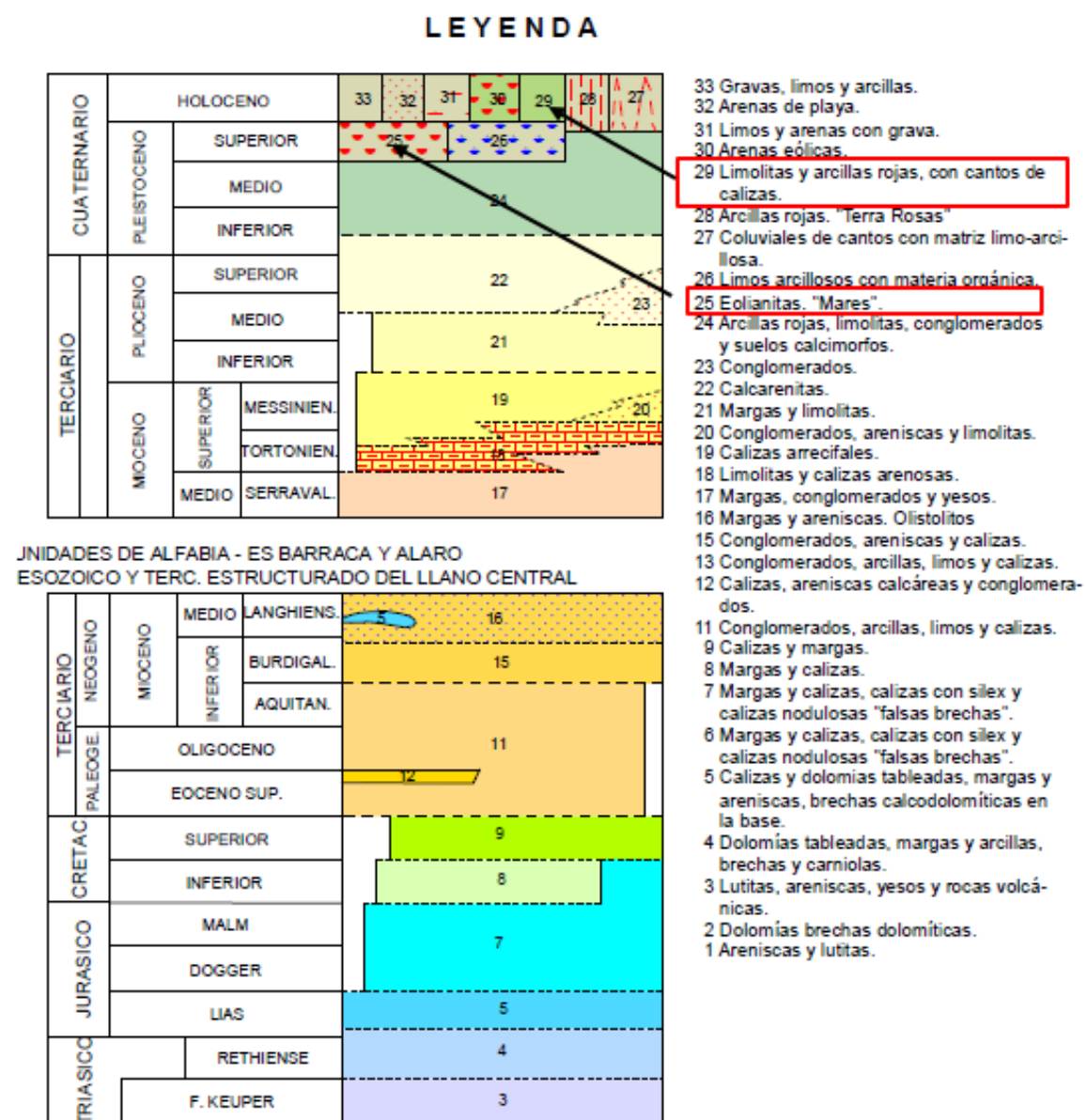
La cementación es un fenómeno que ocurre de manera progresiva (invirtiéndose en ocasiones creándose la descalcificación). Los sedimentos van rellenando los poros de rocas o de propios sedimentos, obteniéndose la litificación del sedimento. Puesto que la zona es heterogénea, el proceso de cementación adquiere mayor presencia en unas zonas respecto de otras, por lo que se pueden encontrar diversos estados de cementación.

- Los lentejones de finos se transforman en LIMOLITAS pasando por finos con “nódulos”.
- Los materiales gravosos se transforman en conglomerados con cementación incipiente, es decir, presentan una cementación parcial en las zonas de contacto entre ellos, rellenándose de materiales más finos los huecos generados. Con ello la estructura del conjunto es más rígida que la de las gravas, pero no se alcanza la resistencia a compresión de una roca.

De esta forma, se pueden encontrar en un mismo solar y a la misma o distinta profundidad, litologías geotécnicamente consideradas duras y prácticamente no compresibles junto a materiales blandos cohesivos y compresibles. Todo ello induce a la aparición de asientos diferenciales.



Figura 2. Estratigrafía y litología del emplazamiento



UNIDAD TEIX - TOMIR

TERCIAR	PALEOGENO	MIOCE.	INF.	AQUITANIEN	13
		OLIGO.	SUPERIOR		
JURASICO		MALM			6
		DOGGER			
		LIAS			5
TRIASICO		RETHIENSE			4
		F. KEUPER			3
		FACIES MUSCHELKALK			2

UNIDAD DE GEORGE SAND - LA CALOBRA

TERCIARIO	NEOGENO	MIOCENO	LANGHIENSE	16
			BURDIGALIENSE	
JURASICO		LIAS	PLIENSBAHIENSE	15
			SINEMURIENSE	
			HETTANGHIENSE	
TRIASICO			RETHIENSE	4
			FACIES KEUPER	
			FACIES MUSCHELKALK	

UNIDAD DE BANYALBUFAR


TERCIAR	MIOCENO	MEDIO	LANGHIEN.		16
		INF.	BURDIGAL.		15
TRIASICO	FACIES KEUPER				3
	FACIES MUSCHELKALK				2
	FACIES BUNTSANDTEIN				1

Figura 3. Estratigrafía de la Hoja nº 698 (Palma) del Mapa Geológico de España. (IGME)

3. GEOTECNIA.

La información geotécnica necesaria se ha extraído del estudio realizado por la empresa “INGENIERÍA DE SONDEOS de Baleares, S.L” en la zona. En la siguiente figura quedan reflejados los sondeos realizados necesarios para la realización del paso superior 5.

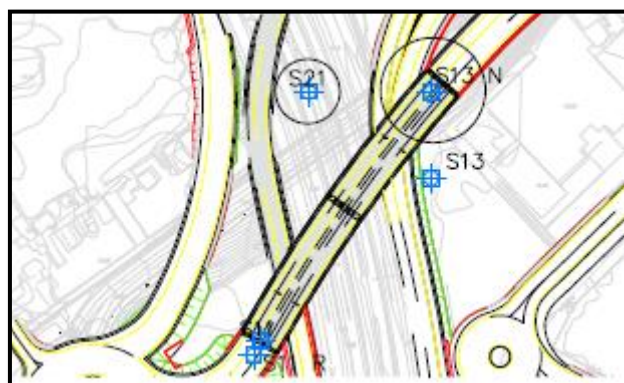


Figura 4. Ubicación de los sondeos realizados para el desarrollo de la actuación

Como se puede apreciar, los sondeos representativos de los 21 realizados corresponden con el **S11**, **S11R**, **S13**, **S13R**, **S21**.

La máquina empleada ha sido una TECOINSA modelo TP-50D. El método de perforación es el siguiente:

- Avance hidráulico
- Método a rotación con refrigeración por agua
- Varillaje convencional de diámetro 50 mm
- Batería doble de diámetro 86 mm con alta recuperación de testigos
- Extracción de muestras inalteradas con tomamuestras adecuado al tipo de suelo detectado.

Definido el proceso empleado para la extracción de las muestras, en la siguiente tabla se definen las cotas de las bocas de los sondeos, su profundidad y su ubicación.

SONDEOS	COTA BOCA SONDEO (m)	PROFUNDIDAD (m)	ESTE	NORTE
S11	8.05	13.10	474497.294	4378219.172
S11R	8.00	2.00	474495.084	4378214.380
S13	7.56	12.00	474555.246	4378274.483
S13R	13.66	10.10	474550.441	4378301.214

Tabla 1. Cota de la boca, profundidad y localización geográfica de los sondeos.

3.1. Registro de sondeos

En este apartado se muestran los registros de sondeos realizados por “INGENIERÍA DE SONDEOS de Baleares, S.L.”.

A continuación se muestra una tabla con las nomenclaturas empleadas para referenciar los tipos de terreno existentes.

NIVEL	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICO GEOTÉCNICA	CONSISTENCIA
R	Rellenos	-
TV	Tierra vegetal	-
A	Arenas	Firme
L	Limos	Medio
G	Gravas	Denso
LA	Limos arenosos con nódulos	Medio-Firme
LAr	Limos arcillosos con nódulos	Medio-Firme
LAG	Limos con arenas y gravas	Denso
G+B	Gravas y bolos con algo de limos y arenas	Muy denso
LA+C.C.	Limos arenosos con gravas y anillos de costra	Muy firme-Duro
C.C.	Nivel de costra calcárea	Duro
C.Con	Costra conglomerática	Duro
Calc	Calcarenita (mares) rocoso	Duro
CalcPC	Calcarenita (mares) poco cementado	Duro

Tabla 2. Nomenclatura de los terrenos existentes en los sondeos realizados

Los registros de sondeos realizados para la realización del paso superior son los siguientes.

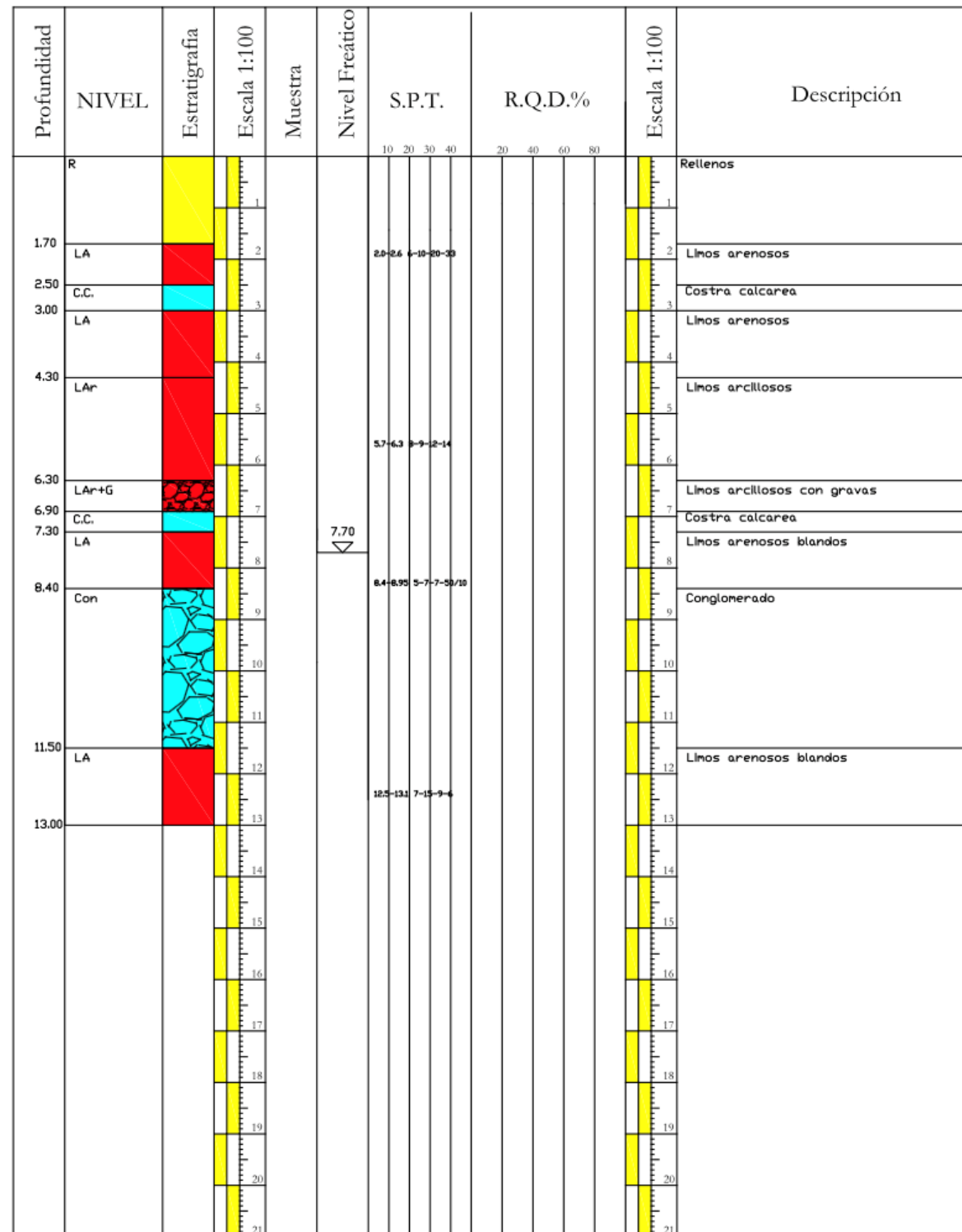


Figura 5. Registro del sondeo S11 realizado por INGENIERÍA DE SONDEOS de Baleares, S.L.

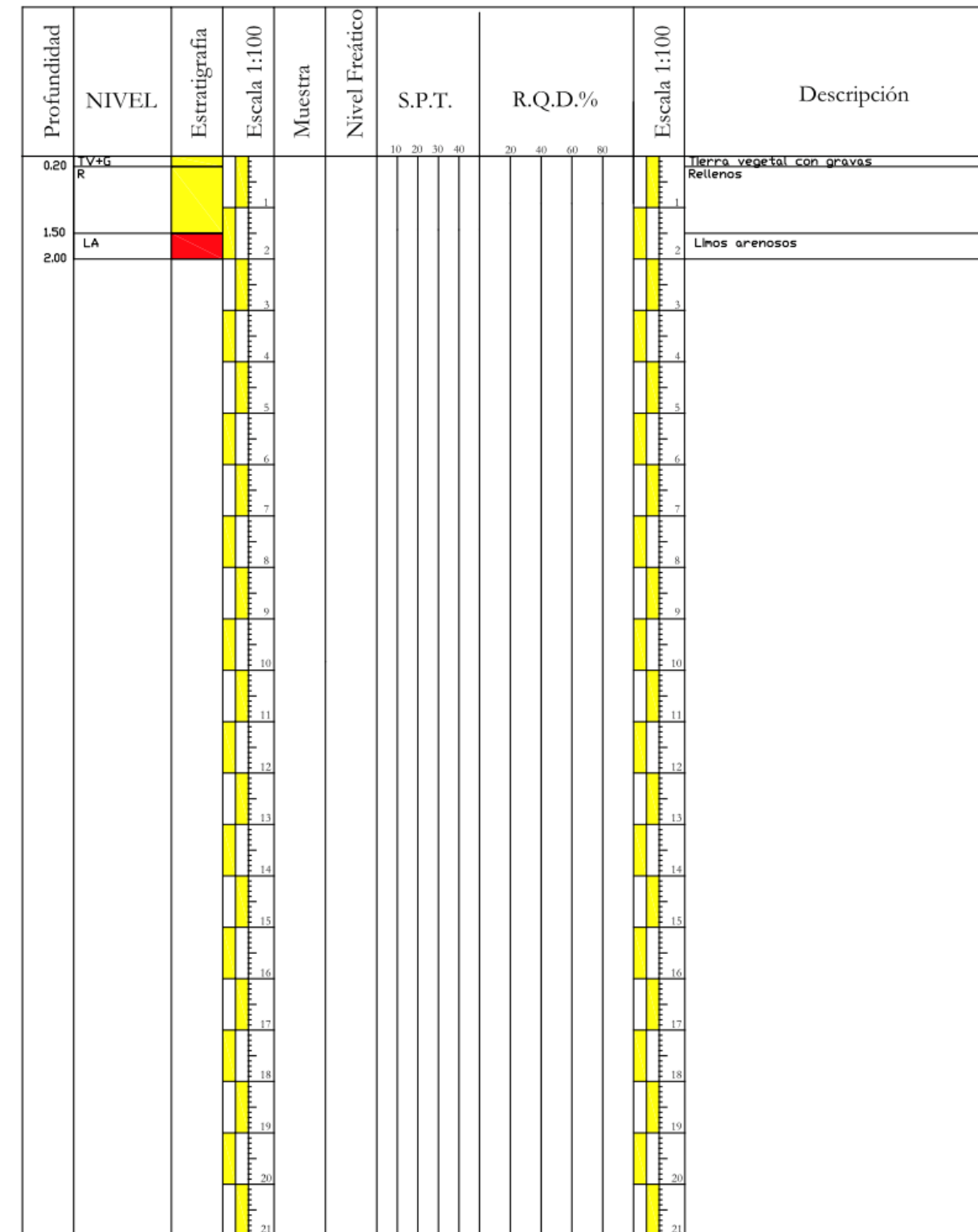


Figura 6. Registro del sondeo S11R realizado por INGENIERÍA DE SONDEOS de Baleares, S.L.

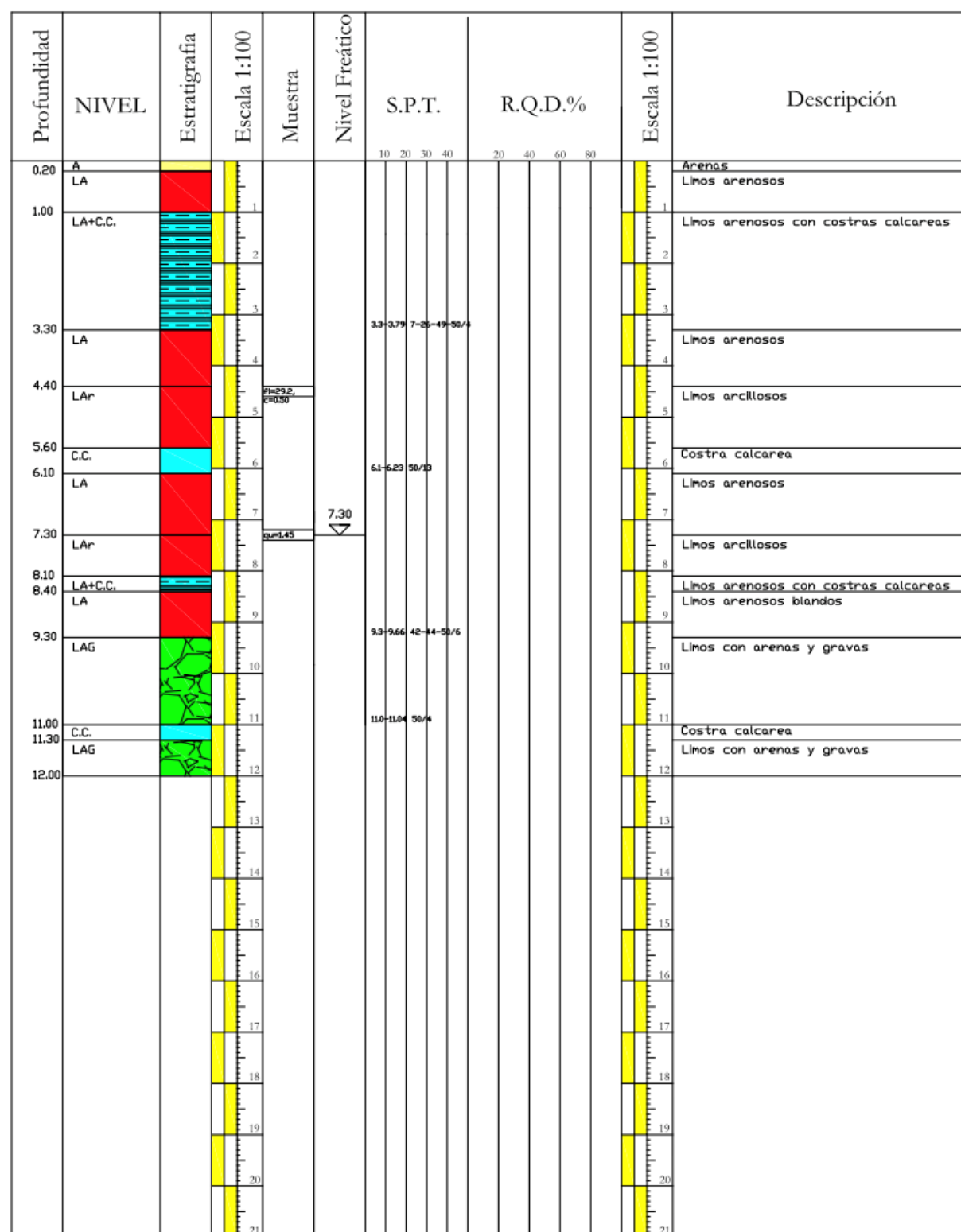


Figura 7. Registro del sondeo S13 realizado por INGENIERÍA DE SONDEOS de Baleares, S.L.

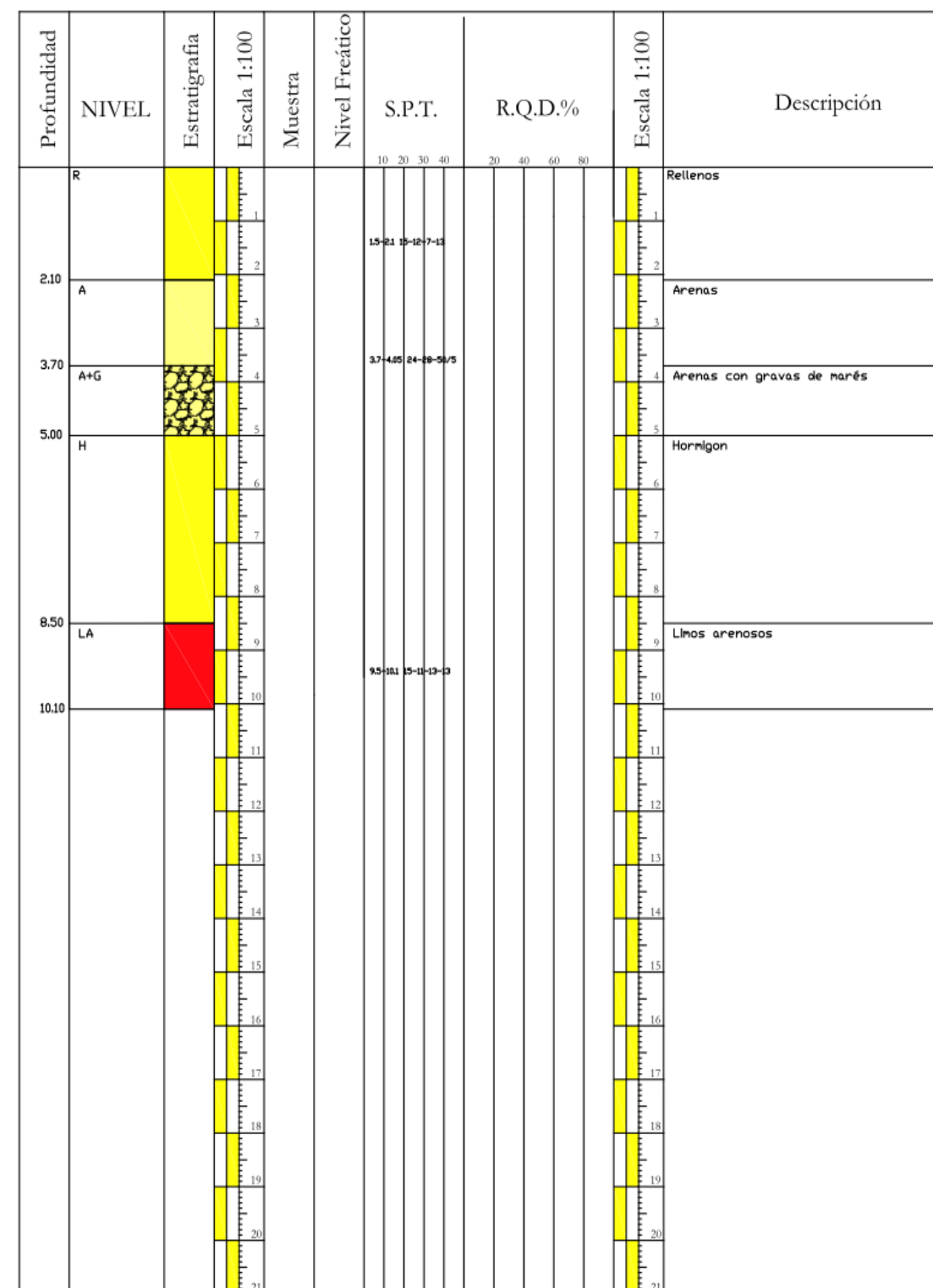


Figura 8. Registro de sondeos S13R realizado por INGENIERÍA DE SONDEOS de Baleares, S.L.

3.2. Ensayos realizados

Se han realizado ensayos SPT según la UNE 103-800-92 y UNE 7-308-74. El ensayo ha consistido en la hincada de un penetrómetro tomamuestras bipartito de 2" de diámetro exterior, el cual es golpeado por una maza de 63,5 kg de masa, que cae libremente desde una altura de 76,2 cm. Con ello se contabilizan el número de golpes necesarios para hincar o introducir 30 centímetros del penetrómetro en el suelo. El golpeo se realiza en cuatro intervalos de 15/15/15/15 centímetros, contándose para el ensayo el número de golpes necesarios para introducir 15+15 cm.

Dentro de los resultados expuestos en los registros de sondeos anteriores y en la siguiente tabla, cabe aclarar posibles nomenclaturas. En el caso de que no se alcancen los 30 cm especificados anteriormente, se realizarán 50 golpes como máximo, donde se escribirá una R de rechazo si el penetrómetro no ha avanzado prácticamente nada. Si por el caso contrario si ha avanzado, se especificarán los 50 golpes y el tramo avanzado por el penetrómetro, por ejemplo 50/10, que significa que se han realizado 50 golpes y se ha hincado 10 cm en el terreno.

Los resultados del ensayo SPT de los sondeos en cuestión quedan reflejados en la siguiente tabla:

SONDEOS	PROFUNDIDAD (m)	Nº de golpes para penetrar 15/15/15/15 cm
S11	2.00-2.60	6/10/20/33
S11	5.70-6.30	8/9/12/14
S11	8.40-8.95	5/7/7/59/10
S11	12.50-13.10	7/15/9/6
S13	3.30-3.79	7/26/49/50/4
S13	6.10-6.23	50/13
S13	9.30-9.66	42/44/50/6
S13	11.00-11.04	50/4
S13R	1.50-2.10	15/12/7/13
S13R	3.70-4.05	24/28/50/5
S13R	9.50-10.10	15/11/13/13

Tabla 3. Resultados del ensayo SPT para las distintas profundidades y sondeos

4. PARAMETROS GEOTÉCNICOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS

En este apartado se tratarán todos los parámetros y características que definen cada tipo de terreno, necesarios para el posterior dimensionamiento y comprobación de las cimentaciones.

4.1. Parámetros básicos del terreno

En la siguiente tabla se resumen los valores básicos que caracterizan cada tipo de terreno.

NIVEL	ϕ' °	c' t/m ²	K_{30} kg/cm ³	E kg/cm ²	γ t/m ³	γ_d t/m ³	ν
Calc	32-36	0-1	300	800	2.0	1.9	0.25
CalcPC	36-40	2-3	30	250	1.9	1.8	0.25
LA/C.C.	25-30	2-3	12	150-200	1.9	1.6	0.3
LAr	19-25	2-3	8	100-150	2.1	1.8	0.3
LAG	30-35	0-1	15	350	2.1	1.9	0.3
G+B	38-41	0	25	500	2.2	2.0	0.25
C.Con	38-41	1-2	40	800	2.2	2.0	0.25

Tabla 4. Parámetros geotécnicos para el dimensionamiento de estructuras

El significado de la nomenclatura empleada es la siguiente:

- ϕ' : Ángulo de rozamiento interno de cálculo.
- c' : Cohesión de cálculo.
- K_{30} : Módulo de balasto para una placa de 30 x 30 cm.
- E: Módulo de deformación.
- γ : Densidad aparente.
- γ_d : Densidad seca.
- ν : Coeficiente de poisson.

4.2. Ángulo de rozamiento interno y cohesión

Para la obtención del ángulo de rozamiento cabe discretizar entre suelos granulares y suelos cohesivos.

Para la obtención del ángulo de rozamiento interno de suelos granulares se recurre a la figura D.1 del anejo D "Criterios de clasificación, correlaciones y valores orientativos tabulados de referencia" del Documento Básico SE-C Cimientos del CTE, que correlaciona el ángulo de rozamiento en función del número de golpes obtenidos en el ensayo SPT.

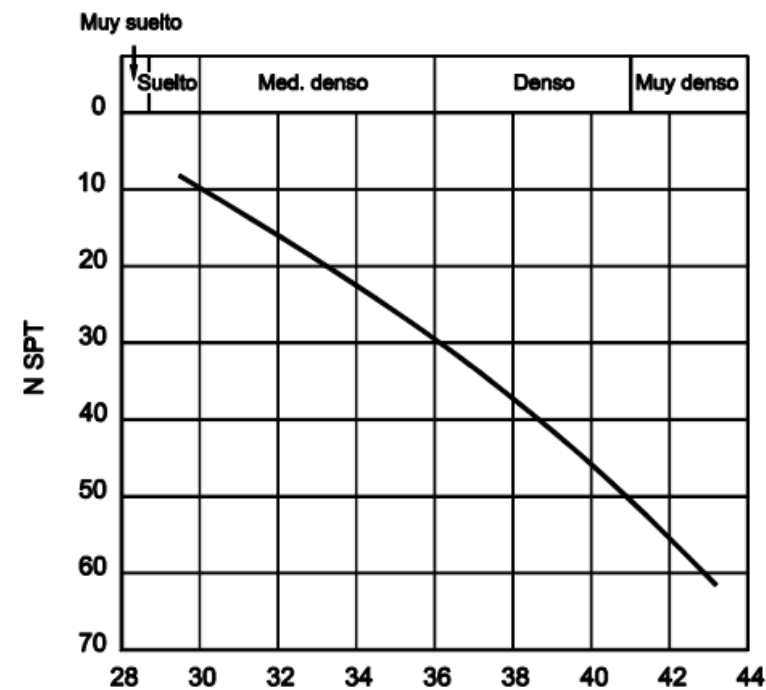


Figura 9. Relación entre el número de golpes obtenidos en el ensayo SPT y el ángulo de rozamiento interno para suelos granulares según el Anejo D del Código Técnico de la Edificación

Para la obtención de los parámetros geomecánicos en suelos mixtos cohesivos-granulares se recurre al gráfico de Francisco Parra Idreos/Lorenzo Ramos Morillas, donde $\phi = 5.35 \ln (N_{SPT}) + 14.44$.

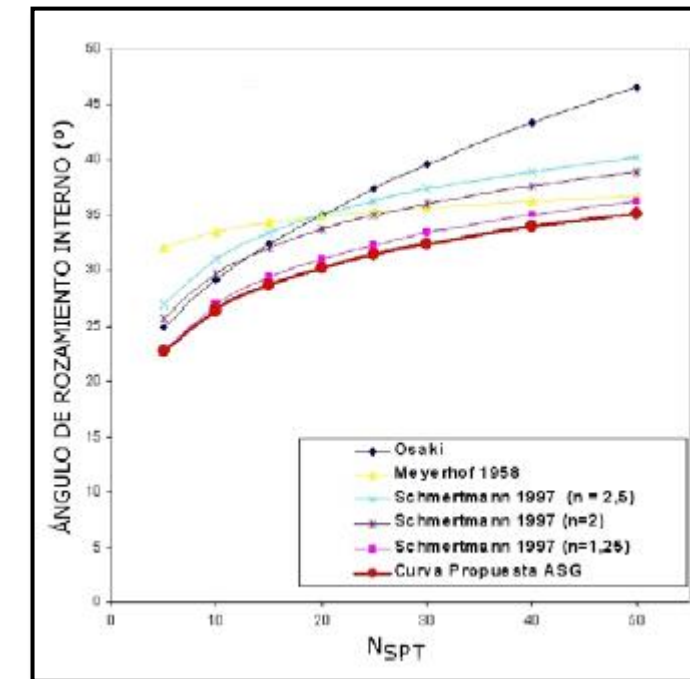


Figura 10. Relación entre el número de golpes obtenidos en el ensayo SPT y el ángulo de rozamiento interno para suelos mixtos (cohesivos-granulares)

De esta forma, mediante los ensayos SPT realizados se obtienen los valores del ángulo de rozamiento establecidos en la tabla 4 del presente anejo.

Según el informe geotécnico realizado, se recurre al programa RocLab para la determinación del ángulo de rozamiento interno y la cohesión efectiva en macizos rocosos, según el criterio Hoek-Brown. Los parámetros introducidos y el resultado obtenido, se muestra en la siguiente tabla.

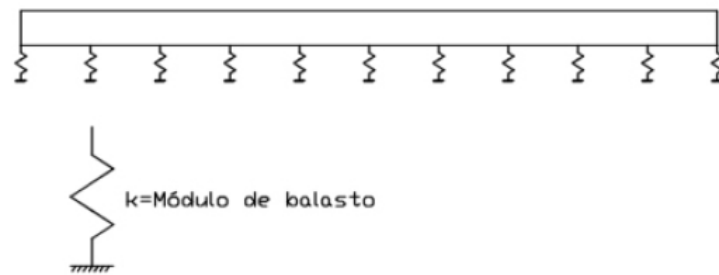
PARÁMETROS	
GSI	20
Compresión Simple	33
Factor de perturbación D del macizo rocoso	0
Densidad	2.1 tn/m ³
Mi	20
Ei	-
Altura del talud	< 8m

Tabla 5. Parámetros de cálculo para la obtención de ϕ y c en terrenos rocosos

Para dichos parámetros se obtiene una cohesión de $c = 0,3 \text{ kg/cm}^2$ y un ángulo de rozamiento interno $\phi = 40.7^\circ$. Estos parámetros son representativos para C.C./C.Con/Calc.

4.3. Módulo de balasto K_s

El módulo de balasto es la razón entre la tensión aplicada sobre una superficie y el desplazamiento producido. El módulo de balasto de un suelo es muy difícil de obtener experimentalmente y se suele estimar mediante tablas. Por ello se obtendrá a partir de la determinación de parámetros de deformabilidad representativos del terreno bajo la zona de influencia de la cimentación, ya sea mediante ensayos in situ o de laboratorio, y el posterior cálculo geotécnico de asientos.



Según el informe geotécnico realizado, para suelos mixtos (60% finos, 40% granulares); $K_s = 1.7 \text{ Kg/cm}^3$.

4.4. Módulo de balasto horizontal K_h

Para la obtención del coeficiente de balasto horizontal, se ha utilizado el ábaco de Chaidesson y de Monet.

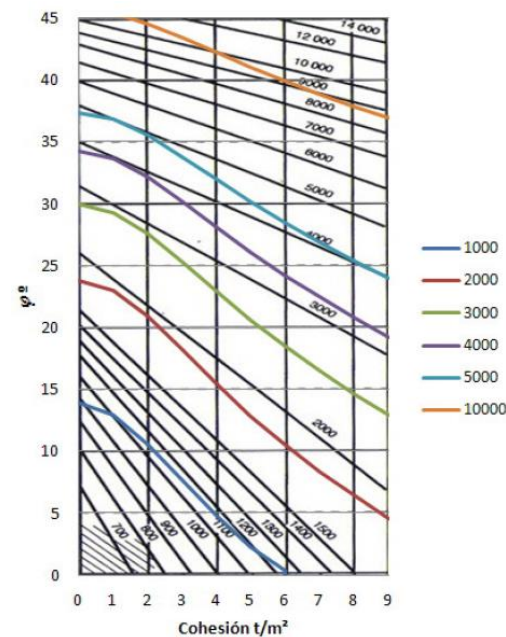


Figura 11. Ábaco de Chaidesson y de Monet

NIVEL	K_h tn/m^3
LA/LAG	3000
LAr	2000
G + B	6000
C.C./C.Con/Cale	7000

Tabla 6. Coeficiente de balasto horizontal K_h para los diferentes niveles

5. NIVEL FREÁTICO

En este apartado se tratará de referenciar los posibles niveles freáticos que se puedan presentar en la zona en cuestión. En la siguiente tabla se muestran las profundidades a las cuales se ha encontrado la presencia de nivel freático para los sondeos en cuestión.

SONDEOS	COTA (m)	PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO (m)	DIFERENCIA (m)
S11	8.05	7.70	+0.35
S11R	8.00	-	-
S13	7.56	7.30	+0.26
S13R	13.66	-	-

Tabla 7. Cota y profundidad del Nivel Freático

Según la tabla anterior, extraída del estudio realizados por “INGENIERÍA DE SONDEOS de Baleares, S.L.”, la presencia de nivel freático oscila entre la cota +0.0 y +0.5 aproximadamente. Para la obtención de datos más precisos sobre la posible fluctuación del nivel freático se debería instalar un piezómetro por un periodo superior al año.

6. AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN

Según el informe geotécnico en cuestión y siguiendo las prescripciones del Anejo 5 de la EHE, el suelo resulta ser no agresivo para el hormigón.

7. CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS

La evaluación sísmica se realizará siguiendo las directrices de la Norma Sismorresistente (NCSP-07). La zona Sísmica corresponde a la de Baleares (Mallorca).

Según lo expuesto en el informe geotécnico, el terreno se clasifica de tipo II (roca muy fracturada, suelo granular denso o cohesivo duro. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $750 \text{ m/s} \geq V_s > 400 \text{ m/s.}$), según el apartado 3.2 de la NCSP-07 "Caracterización del terreno". De esta forma, el coeficiente del terreno C que participa en la definición del espectro elástico, adopta el valor de 1,3 según la tabla 3.1 de la NCSP-07.

La determinación de la aceleración sísmica básica de la zona y el coeficiente de contribución K vienen dados en el Anejo 1 o en la figura 3.1 de la presente norma, donde para Palma de Mallorca son:

SONDEOS	a_b/g	K
Palma de Mallorca	0.04	1.00

Tabla 8. Aceleración sísmica básica (Palma) y coeficiente de contribución.

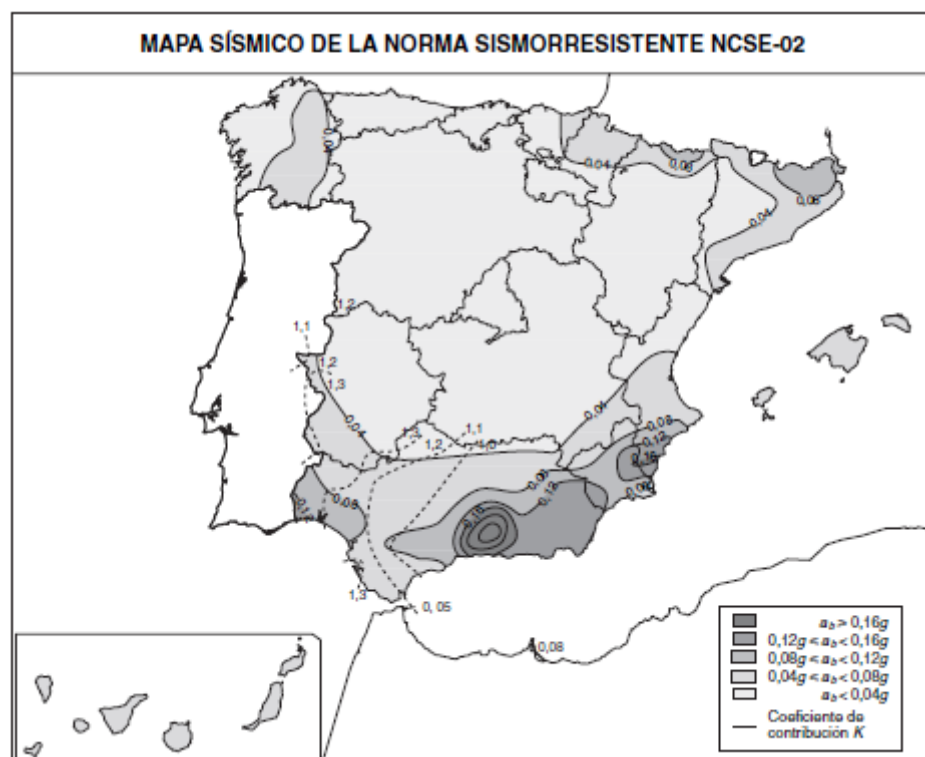


Figura 12. Mapa sísmico nacional de la norma sismorresistente española

8. EXCAVABILIDAD

Según lo redactado en el presente informe geotécnico, se podrá excavar con cuchara convencional y excavadora excepto niveles puntuales de alguna costra o calcarenita.

La calidad de excavados para préstamos provisional realizada viene dada en la siguiente tabla. Para una mayor precisión, se deberá examinar según los ensayos específicos del PG-3 la calidad de los suelos. Aquí se muestran los datos y ensayos que se pueden obtener del informe geotécnico en cuestión.

	NIVEL		
	LA/LAr	LAG	G+B
Ø piedras en cm	-	<5	<10
% peso piedras	-	-	-
PASA % Tamiz 200 ASTM	60-70	<36	<20
WL % (Límite líquido)	19-28	-	-
IP (Índice de plasticidad)	7.9-12.8	NP	NP
CBR	5-20	>30	>30
% Hinchamiento ICBR = 0	0	0	0
% Materia orgánica = 0	0	0	0
Densidad Proctor Normal t/m³	-	-	-
CALIDAD PG-3 (PROVISIONAL)	T	T/A	T/A

Tabla 9. Calidad de los terrenos del emplazamiento

Donde la nomenclatura de la clasificación de suelos según el PG-3 es la siguiente:

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
INADECUADO	I
MARGINAL	M
TOLERABLE	T
ADECUADO	A
SELECCIONADO	S

Tabla 10. Nomenclatura de la clasificación de suelos según el PG-3



9. REFERENCIAS

- Hoja Geológica de Palma de Mallorca. (1/50.000). MAGNA (698). *IGME. Madrid.*
- INFORME GEOTÉCNICO Nº 7705. Via Conectora Tramo 1, Mejora accesos Coll d'en Rabassa, Palma. INGENIERÍA DE SONDEOS de Baleares, S.L. Palma de Mallorca.
- DOCUMENTO BÁSICO, DBSEC. Seguridad Estructural Cimientos. *Código Técnico de la Edificación*, 2013.