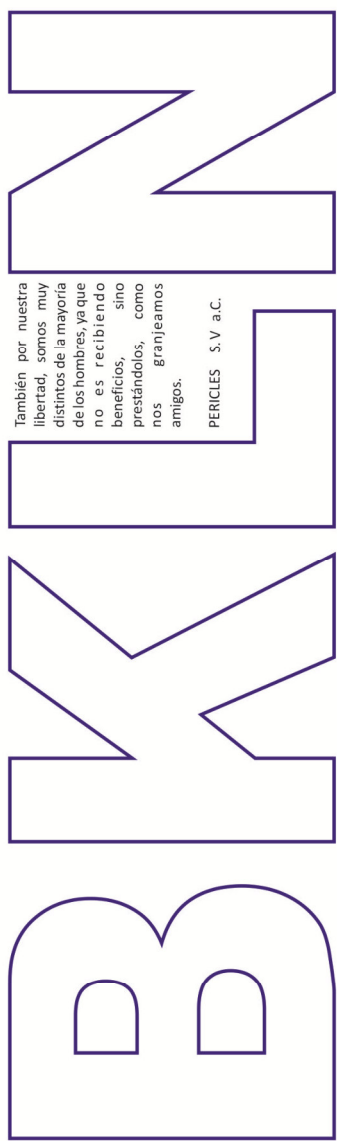


Se han detectado zonas a ocupar por la nave que muestran espesores de rellenos antrópicos deficientes con espesor de hasta 3,80 m en la zona del sondeo S-1. El nivel geotécnico a alcanzar para el apoyo de la cimentación, N-1, margas arenosas con gravas compactas de color marrón, ha aparecido a cotas de entre -0,80 m y -1,00 m en los puntos de sondeo S-2 y en los penetrómetros D1, P-1 y P-2, y a cotas de hasta -3,80 m en el S-1. En las zonas donde aparezcan las margas superficialmente se podrá cimentar de forma directa por zapatas aisladas arriostradas y/o corridas, mientras que en las zonas de relleno se puede optar por pozos de cimentación hasta alcanzar el firme. Se tendrá precaución de eliminar todos los rellenos, y se ha de tener en cuenta que en las zonas de relleno existen arenas con limos marrones superficialmente que puede confundir con el nivel natural de apoyo de la cimentación porque tienen color similar.

Otras opciones podrían ser ejecutar un sótano o micropilotar la nave transmitiendo las tensiones a la unidad N-1 por su fuste (Resistencia de hundimiento al fuste de N-1, 2,0 Kp/cm²). La solución de cimentación queda a elección de la Dirección Facultativa. Se recomienda tomar una tensión admisible sobre el nivel N-1 de 2,50 Kp/cm², siendo los asientos admisibles.

Otra posible opción sería la eliminación total de los rellenos y ejecutar un relleno estructural compactado en tongadas cuyos espesores dependerán de la granulometría empleada en cada tongada, sobre dicho relleno debidamente compactado y controlado se podría ejecutar una losa, en caso de losa se recomienda una tensión admisible de hasta 2 Kp/cm si el relleno se ejecuta adecuadamente para soportar dicha tensión.



También por nuestra libertad, somos muy distintos de la mayoría de los hombres, ya que no es recibiendo beneficios, sino prestándolos, como nos granjearnos amigos.

PERICLES S.V a.c.

BROKERLAND S.L.,
GEOTECNIA E INGENIERÍA GEOLÓGICA

administracion@bkln.es
Tel: 971 42 64 58 fax: 971 42 78 65

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. RESUMEN
3. CONCLUSIONES
4. GEOMORFOLOGÍA
5. GEOLOGÍA
6. HIDROGEOLOGÍA
7. DATOS DE IDENTIFICACIÓN
8. ANÁLISIS DEL SUELO
 - 8.1 Tensión de rotura
 - 8.2 Asientos
 - 8.3 Parámetros resistentes al esfuerzo cortante
 - 8.4 Coeficiente de balasto
9. EXCAVABILIDAD
10. C: coeficiente del terreno (acción sísmica)
11. ANEXO CON GRÁFICOS

OBRA: 22.021

INFORME GEOTECNICO
PPara 1 Nave en C/ Castella, 17, Lluçmajor
Mallorca
Ref. Catastral: 0308908DD9700N0001PF

ESTUDIO GEOTÉCNICO

Para 1 Nave en C/ Castella, 17, Lluçmajor Mallorca

Ref. Catastral: 0308908DD9700N0001PF

EXP. Nº 22.021

INTRODUCCIÓN

El presente estudio geotécnico es para la caracterización geomecánica de los materiales que constituyen el subsuelo del solar donde se ha proyectado la **Construcción de 1 Nave en C/ Castella, 17, Lluçmajor, Mallorca. La parcela donde se situará la Nave posee topografía prácticamente llana. Presenta una superficie de 2.055 m² según catastro.**

La Nave contará con más de 300 m² construidos y planta baja más una planta. Se han detectado en el entorno del sondeo S-1 rellenos de hasta 3,8 m de espesor.

Según el CTE se trata de un C1-T3 (Terrenos Desfavorables)

Para obtener los datos necesarios para la confección del presente estudio, se realizó un análisis de la zona en el que se definió la geología, geomorfología y caracteres estructurales del subsuelo donde se efectuará la actuación comentada, para lo que se ha procedido a la realización de **dos sondeos (S-1 y S-2) a -5 m cada uno. Complementariamente se realizaron 4 ensayos de penetración de tipo superpesado DPSH (D-1 y D-2, P-1 y P-2)**, obteniéndose rechazos a cota de -2,20 m, -1,60 m, -2,60 m y -3,20 m respectivamente. Adicionalmente se efectuaron 6 ensayos de tipo SPT a diferentes cotas de influencia de la cimentación. Los reconocimientos realizados hacia la zona Sureste del área a edificar se efectuaron como complemento para conocer la variabilidad de los rellenos antrópicos detectados.

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El lugar de estudio se ubica en C/ Castella, 17, Lluçmajor, Mallorca. La referencia catastral de la finca estudiada es 0308908DD9700N0001PF. El emplazamiento del solar y la ubicación de los ensayos pueden verse con claridad en los planos y gráficos adjuntos en el anexo.



HOJA PARA EL CALCULISTA DE ESTRUCTURAS

RESUMEN PARA CÁLCULO

Unidad N-R:
 Rellenos antrópicos, la parte superficial son limos y arenas color marrón claro de consistencia blanda. Se pasa en profundidad a materia orgánica con restos antrópicos diversos, plásticos, vidrios, etc.

Unidad N-1: Margas arenosas con gravas de compactad densa.

TENSIÓN ADMISIBLE Qu (kg/cm ²)	ASIENTOS < > 2 cm	PLASTICIDAD ATAUQUE EXPANSIVIDAD ARGILLAS	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS	TALLUD CRÍTICA EXCAV.
Z cordas Z aisladas LOSA Pozos	Z cordas Z aisladas Pozos Losa	AGRESIVO TERRENO	Cohesión Cu Fuste ϕ τ _s Tr/m ²	H _c
			Balast Densidad ρ K ₃₀ Kg/cm ²	

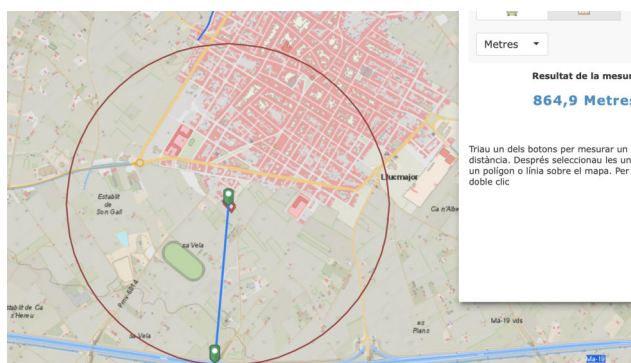
Eliminar rellenos			Cu 0,00 15° 0,0 1,20 1,50 0,00	
(2,5) (2,5) (2,5) (2,0)	<1" <1" <1" <2"	NO EXPANSIVO	Cu 1,30 38° 2,0 2,40 6,0 0,75	
		NO AGRESIVO		

Se han detectado zonas a ocupar por la nave que muestran espesores de rellenos antrópicos deficientes con espesor de hasta 3,80 m en la zona del sondeo S-1. El nivel geotécnico a alcanzar para el apoyo de la cimentación, N-1, margas arenosas con gravas compactas de color marrón, ha aparecido a cotas de entre -0,80 m y -1,00 m en los puntos de sondeo S-2 y en los penetrómetros D1, P-1 y P-2, y a cotas de hasta -3,80 m en el S-1. En las zonas donde aparezcan las margas superficialmente se podrá cimentar de forma directa por zapatas aisladas arriostradas y/o corridas, mientras que en las zonas de relleno se puede optar por pozos de cimentación hasta alcanzar el firme. Se tendrá precaución de eliminar todos los rellenos, y se ha de tener en cuenta que en las zonas de relleno existen arenas con limos marrones superficialmente que puede confundir con el nivel natural de apoyo de la cimentación porque tienen color similar. Otras opciones podrían ser ejecutar un sótano o micropilota la nave transmitiendo las tensiones a la unidad N-1 por su fuste (Resistencia de hundimiento al fuste de N-1, 2,0 Kp/cm2). La solución de cimentación queda a elección de la Dirección Facultativa. Se recomienda tomar una tensión admisible sobre el nivel N-1 de 2,50 Kp/cm2, siendo los asentos admisibles.

Otra posible opción sería la eliminación total de los rellenos y ejecutar un relleno estructural compactado en tongadas cuyos espesores dependerán de la granulometría empleada en cada tongada, sobre dicho relleno debidamente compactado y controlado se podría ejecutar una losa, en caso de losa se recomienda una tensión admisible de hasta 2 Kp/cm si el relleno se ejecuta adecuadamente para soportar dicha tensión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ¹

- La parcela donde se pretende efectuar la actuación comentada posee una superficie de 2.055 m² aprox según catastro. La zona posee topografía prácticamente llana. **La topografía suave unida a la elevada compacidad del terreno hará que no se prevean problemas para las estructuras previstas derivado de la geomorfología.**
- La hidrología del lugar es propia de una zona bastante urbanizada, con un suelo de media permeabilidad. La pluviometría media anual oscila alrededor de los 450 mm. Además, se deben considerar los fenómenos estacionales tormentosos propios del clima Mediterráneo.
- La zona se encuentra a 864 m al Norte del Torrent más cercano, fuera de su llanura de inundación según el Mapa de Zonas Inundables del Govern Balear. **Se descarta para la zona de ubicación de la nave cualquier fenómeno perjudicial debido a inundaciones.**
- **El nivel freático no se ha encontrado en los sondeos y ensayos de penetración dinámica realizados.** No obstante se ha detectado algo de humedad a favor de unas margas a -2,60 m en el sondeo S-2, probablemente en época de lluvias pueda circular algo de humedad por dicha zona, lo que debería ser tenido en cuenta a efectos de impermeabilizaciones en caso de plantas soterradas, aunque no están previstas. Coeficientes de permeabilidad: Nivel R, rellenos 1.10^{-4} - 1.10^{-5} m/s Nivel 1, margas arenosas con zonas de gravas 1.10^{-5} - 1.10^{-6} m/s.
- El subsuelo está formado por un nivel de **Rellenos antrópicos (N-R) en la zona del sondeo S-1 y D-2, aunque su distribución exacta sólo se podrá conocer al efectuar la excavación, parece como un antiguo vertedero. El relleno está constituido por limos y arenas marrones hasta 1,50-1,60 m, a continuación aparece materia orgánica negruzca, plásticos y demás restos antrópicos, con características geotécnicas muy deficientes. Dichos rellenos han mostrado un espesor máximo de hasta 3,80 m en el S-1 aunque su espesor podría ser variable de unos puntos a otros como es típico de estos rellenos.** A continuación aparecen niveles margas arenosas marrones con gravas según zonas de compacidad densa (N-1) y plasticidad baja. Hacia la zona del Sondeo S-2 y los penetrómetros P1-P-2-D-1 parece que este nivel aparece a cota a partir de -0,80-1,00 m. Los depósitos son de Edad Cuaternario. **Ver apartado de Geología.**



¹ Todos los cálculos mencionados en el presente informe están referidos al momento de ejecución de los trabajos de investigación, pudiendo variar si las condiciones del medio varían de forma notable. Dado que los estudios geotécnicos, la mayoría de las veces, no son lo suficientemente representativos, rogamos que en caso de aparecer dudas durante la ejecución de la obra, se nos avise inmediatamente para poder dar buen fin al informe que se nos está solicitando.

- Se prevé tipología de planta baja más una planta. **Hay que tener en cuenta que se han detectado zonas a ocupar por la nave que muestran espesores de rellenos antrópicos de características geotécnicas deficientes con espesor de hasta 3,80 m (S-1). La distribución exacta de los rellenos sólo podrá ser conocida al excavar o bien con la complementación de una campaña con una red densa de sondeos. El nivel geotécnico a alcanzar para el apoyo de la cimentación ha aparecido a cotas de entre -0,80 m y -1,00 m en los puntos de sondeo S-2 y en los penetrómetros D1, P-1 y P-2, y a cota de hasta -3,80 m en el S-1. En las zonas donde aparezcan las margas superficialmente se podrá cimentar de forma directa por zapatas aisladas arriostradas y/o corridas, mientras que en las zonas de relleno se puede optar por pozos de cimentación hasta alcanzar el firme. Se tendrá precaución de eliminar todos los rellenos, y se ha de tener en cuenta que en las zonas de relleno existen arenas con limos marrones superficialmente que puede confundir con el nivel natural de apoyo de la cimentación, que serán las margas arenosas con gravas de la unidad N-1, por lo que se ha de comprobar en todos los puntos que no existen rellenos ya que NO son aptos para el apoyo de la cimentación.**
- **Otras opciones podrían ser ejecutar un sótano para alcanzar la unidad N-1 más fácilmente. También se podría optar por el micropilotaje de la nave, transmitiendo las tensiones a la unidad N-1 por su fuste (Resistencia de hundimiento al fuste de N-1 2,0 Kp/cm²).** La solución de cimentación queda a elección de la Dirección Facultativa en función del terreno descrito. **Se recomienda tomar una tensión admisible sobre el nivel N-1 de 2,50 Kp/cm², siendo los asientos admisibles.**
- Otra posible opción sería la eliminación total de los rellenos y ejecutar un relleno estructural compactado en tongadas cuyos espesores dependerán de la granulometría empleada en cada tongada, sobre dicho relleno debidamente compactado y controlado se podría ejecutar una losa, en caso de losa se recomienda una tensión admisible de hasta 2 Kp/cm si el relleno se ejecuta adecuadamente para soportar dicha tensión.

- Las margas con gravas no poseen potencial expansivo. Por ello se **descarta cualquier fenómeno perjudicial para la cimentación debido a estos motivos. Ver apartado Expansividad.**
- En cuanto a la existencia de elementos químicos que pudieran afectar al hormigón, como son los sulfatos, hemos de decir que la litología del entorno es incompatible con la formación de sales sulfatadas, por lo **que se descarta este tipo de agresión** sobre la estructura de esta construcción. **Ver apartado Agresividad.**
- **PARÁMETROS GEOTÉCNICOS Y UNIDADES**

Parámetros geotécnicos. Unidad geotécnica R			
Cohesión sin drenaje c_u (Kp/cm ²)	0,00	Ángulo de roz.	15°
Cohesión drenada c' (Kp/cm ²)	0,00	Peso específico aparente (T/m ³)	1,20-1,50
Permeabilidad (m/s)	1.10 ⁻⁴ -1.10 ⁻⁵		
Unidad geotécnica 2. Margas arenosas con gravas			
Cohesión sin drenaje c_u (Kp/cm ²)	>1,50	Cohesión drenada c' (Kp/cm ²)	0,75
Peso específico aparente (T/m ³)	2,40	Ángulo de roz.	>38°
Permeabilidad (m/s)	1.10 ⁻⁵ -1.10 ⁻⁶	Coefficiente de balasto K30 (Kp/cm ³)	6,0
Módulo de Young (Kp/cm ²)	500	Coefficiente de Poisson	0,20

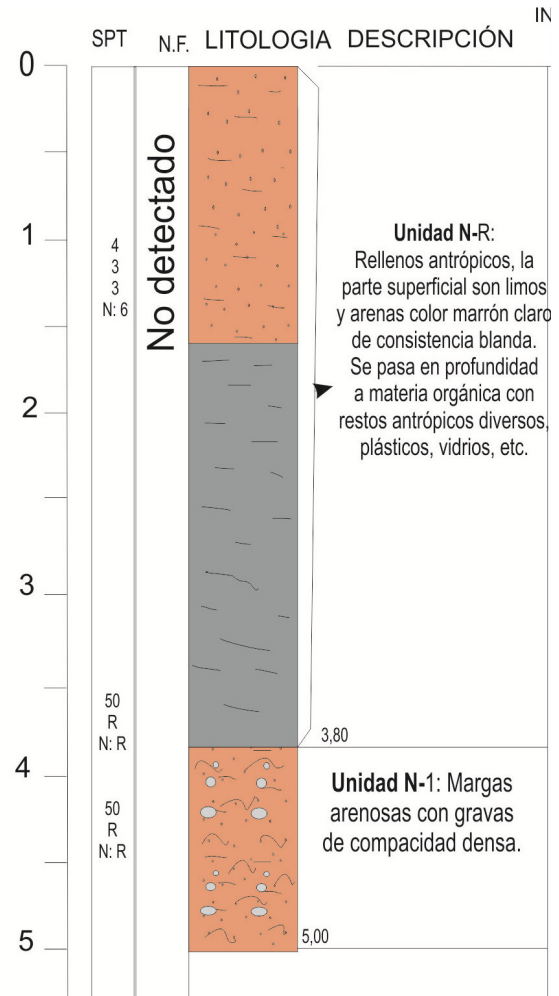
- **La excavación podrá ser realizada con maquinaria convencional hasta las profundidades recomendadas. Se tendrá precaución en caso de ejecutar pozos o en caso de hacer planta de sótano, ya que los rellenos son tendentes a la creación de inestabilidades, esto se tendrá en cuenta también en la elección final de la tipología de cimentación.**
- Se recomienda realizar un control técnico y supervisión del terreno por un técnico durante la fase de construcción, para comprobar que la naturaleza, propiedades geotécnicas y análisis geotécnico del terreno expuesto en el presente informe, son correctas respecto al terreno encontrado en la excavación de la cimentación.

GEOMORFOLOGIA

La parcela donde se pretende efectuar la actuación comentada posee una superficie de 2.055 m² aprox según catastro. La zona posee topografía prácticamente llana. La topografía suave unida a la elevada compacidad del terreno hará que no se prevean problemas para las estructuras previstas derivado de la geomorfología.

GEOLOGÍA

El subsuelo está formado por un nivel de **Rellenos antrópicos (N-R) en la zona del sondeo S-1 y D-2, aunque su distribución exacta sólo se podrá conocer al efectuar la excavación, parece como un antiguo vertedero. El relleno está constituido por limos y arenas marrones hasta 1,50-1,60 m, a continuación aparece materia orgánica negruzca, plásticos y demás restos antrópicos, con características geotécnicas muy deficientes. Dichos rellenos han mostrado un espesor de hasta 3,80 m en el S-1 aunque su espesor podría ser variable de unos puntos a otros como es típico de estos rellenos. A continuación aparecen niveles de margas arenosas marrones con gravas según zonas de compacidad densa (N-1) y plasticidad baja. Hacia la zona del Sondeo S-2 y los penetrómetros P1-P-2-D-1 parece que este nivel aparece a cota a partir de -0,80-1,00 m. Los depósitos son de Edad Cuaternario.**



HIDROGEOLOGIA

La hidrología del lugar es propia de una zona bastante urbanizada, con un suelo de media permeabilidad. La pluviometría media anual oscila alrededor de los 450 mm. Además, se deben considerar los fenómenos estacionales tormentosos propios del clima Mediterráneo.

La zona se encuentra a 864 m al Norte del Torrent más cercano, fuera de su llanura de inundación según el Mapa de Zonas Inundables del Govern Balear. Se descarta para la zona de ubicación de la nave cualquier fenómeno perjudicial debido a inundaciones.

El nivel freático no se ha encontrado en los sondeos y ensayos de penetración dinámica realizados. No obstante se ha detectado algo de humedad a favor de unas margas a -2,60 m en el sondeo S-2, probablemente en época de lluvias pueda circular algo de humedad por dicha zona, lo que debería ser tenido en cuenta a efectos de impermeabilizaciones en caso de plantas soterradas, aunque no están previstas. Coeficientes de permeabilidad: **Nivel R, rellenos 1.10⁻⁴-1.10⁻⁵ m/s Nivel 1, margas arenosas con zonas de gravas 1.10⁻⁵-1.10⁻⁶m/s.**

DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Expansividad

Las margas con gravas no poseen potencial expansivo. Por ello **se descarta cualquier fenómeno perjudicial para la cimentación debido a estos motivos.**

Agresividad

En cuanto a la existencia de elementos químicos que pudieran afectar al hormigón, como son los sulfatos, hemos de decir que la litología del entorno es incompatible con la formación de sales sulfatadas, por lo **que se descarta este tipo de agresión** sobre la estructura de esta construcción.

ENSAYOS DE PENETRACIÓN DPSH y SPT

Complementariamente a los sondeos realizados se procedió a la realización de 4 ensayos de penetración dinámica superpesada – UNE 103801/94 (DPSH):

Las profundidades alcanzadas en los ensayos realizados han sido las que se expresan a continuación:

D1 (+0,00 m): prof. alcanzada = -2,20 m

D2 (+0,00 m): prof. alcanzada = -1,60 m

P.1 (+0,00 m): prof. alcanzada = -2,60 m

P.2 (+0,00 m): prof. alcanzada = -3,20 m

D-1

Profundidad en m	Golpeo N ₂₀	Golpeo N ₃₀	compacidad/consistencia
0,20	0	0	Rellenos antrópicos
0,40	6	8	
0,60	5	7	
0,80	4	6	
1,00	10	14	
1,20	65	91	Margas arenosas compactas
1,40	61	85	
1,60	53	74	
1,80	47	66	
2,00	71	99	
2,20	100	140	

D-2

Profundidad en m	Golpeo N ₂₀	Golpeo N ₃₀	compacidad/consistencia
0,20	10	14	Rellenos antrópicos
0,40	5	7	
0,60	6	8	
0,80	5	7	
1,00	8	11	
1,20	4	6	Probable rechazo por margas arenosas compactas
1,40	35	49	
1,60	100	140	

Se puede observar en el ensayo D-1 la presencia de margas arenosas compactas a cota -1 m. En el D-2 se observa la presencia de rellenos antrópicos hasta cota -1,60 m, produciéndose el rechazo probablemente por la presencia de las margas compactas, no obstante no se descarta que pudiera darse el rechazo por algún bolo o bloque presente entre los rellenos, aspecto que sólo se puede conocer en excavación abierta.

P-1

Profundidad en m	Golpeo N20	Golpeo N ₃₀	compacidad/consistencia
0,20	3	4	Rellenos
0,40	9	13	
0,60	8	11	
0,80	9	13	
1,00	21	29	Margas arenosas compactas con gravas
1,20	45	63	
1,40	69	97	
1,60	52	73	
1,80	30	42	
2,00	31	43	
2,20	36	50	
2,40	57	80	
2,60	100	140	

P-2

Profundidad en m	Golpeo N20	Golpeo N ₃₀	compacidad/consistencia
0,20	12	17	Rellenos
0,40	5	7	
0,60	5	7	
0,80	6	8	
1,00	12	17	Margas arenosas compactas con gravas
1,20	13	18	
1,40	50	70	
1,60	41	57	
1,80	38	53	
2,00	16	22	
2,20	27	38	
2,40	37	52	
2,60	37	52	
2,80	65	91	
3,00	58	81	
3,20	100	140	

En ambos ensayos se observa un incremento en el golpeo a partir de -0,80 m y -1,00 m.

Ensayos SPT

Sondeo	Profundidad (m)	Tipo de Muestra	Golpeo	N ₃₀	Material ensayado
S1	1,00	SPT	4-3-3-	6	Compacidad floja-muy floja
	3,60		50-R	R	Consistencia firme
	4,20		50-R	R	
S2	1,00		11-12-10	22	
	2,00		6-9-31	40	
	3,00		50-R	R	

Capacidad portante, asientos y parámetros geotécnicos

Se prevé tipología de planta baja más una planta. **Hay que tener en cuenta que se han detectado zonas a ocupar por la nave que muestran espesores de rellenos antrópicos de características geotécnicas deficientes con espesor de entre hasta 3,80 m (S-1). La distribución exacta de los rellenos sólo podrá ser conocida al excavar o bien con la complementación de una campaña con una red densa de sondeos. El nivel geotécnico a alcanzar para el apoyo de la cimentación ha aparecido a cotas de entre -0,80 m y -1,00 m en los puntos de sondeo S-2 y en los penetrómetros D1, P-1 y P-2, y a cota máxima de hasta -3,80 m en el S-1. En las zonas donde aparezcan las margas superficialmente se podrá cimentar de forma directa por zapatas aisladas arriostradas y/o corridas, mientras que en las zonas de relleno se puede optar por pozos de cimentación hasta alcanzar el firme. Se tendrá precaución de eliminar todos los rellenos, y se ha de tener en cuenta que en las zonas de relleno existen arenas con limos marrones superficialmente que puede confundir con el nivel natural de apoyo de la cimentación, que serán las margas arenosas con gravas de la unidad N-1, por lo que se ha de comprobar en todos los puntos que no existen rellenos ya que NO son aptos para el apoyo de la cimentación.**

Otras opciones podrían ser ejecutar un sótano para alcanzar la unidad N-1 más fácilmente. También se podría optar por el micropilotaaje de la nave, transmitiendo las tensiones a la unidad N-1 por su fuste (Resistencia de hundimiento al fuste de N-1 2,0 Kp/cm²). La solución de cimentación queda a elección de la Dirección Facultativa en función del terreno descrito. **Se recomienda tomar una tensión admisible de 2,50 Kp/cm², siendo los asientos admisibles. Otra posible opción sería la eliminación total de los rellenos y ejecutar un relleno estructural compactado en tongadas cuyo espesor por tongada dependerá de la granulometría empleada en cada una de ellas, sobre dicho relleno debidamente compactado y controlado se podría ejecutar una losa, en caso de losa se recomienda una tensión admisible de 2 Kp/cm si el relleno se ejecuta adecuadamente para soportar dicha tensión.**

Para el cálculo de la tensión admisible de trabajo de la unidad N-1 se han usado las expresiones propuestas por Hansen (1970), empleando hipótesis de cálculo drenadas.

Hipótesis de cálculo empleadas

La carga última de una cimentación superficial se puede definir como el valor máximo de la carga con el cual en ningún punto del subsuelo se alcanza la condición de rotura (método de Frolich), o también refiriéndose al valor de la carga, mayor del anterior, para el cual el fenómeno de rotura se extiende a un amplio volumen del suelo (método de Prandtl y sucesores).

Prandtl ha estudiado el problema de la rotura de un semiespacio elástico como efecto de una carga aplicada sobre su superficie con referencia al acero, caracterizando la resistencia a la rotura con una ley de tipo:

$$\tau = c + \sigma \times tg \varphi \text{ válida también para los suelos.}$$

Las hipótesis y las condiciones dictadas por Prandtl son las siguientes:

- Material carente de peso y por lo tanto $\gamma=0$
- Comportamiento rígido-plástico
- Resistencia a la rotura del material expresada con la relación $\tau = c + \sigma \times tg \varphi$
- Carga uniforme, vertical y aplicada en una franja de longitud infinita y de ancho $2b$ (estado de deformación plana)

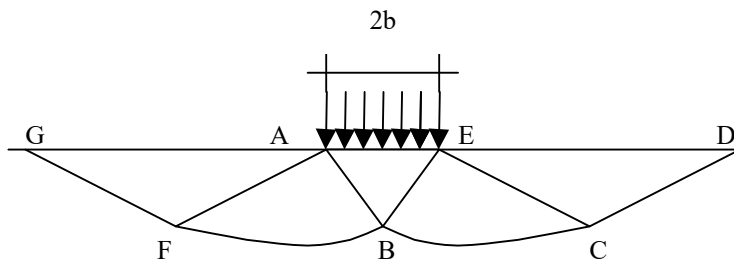
- Tensiones tangenciales nulas al contacto entre la franja de carga y la superficie límite del semiespacio.

En el acto de la rotura se verifica la plasticidad del material contenido entre la superficie límite del semiespacio y la superficie GFBCD.

En el triángulo AEB la rotura se da según dos familias de segmentos rectilíneos e inclinados en $45^\circ + \varphi/2$ con respecto al horizontal.

En las zonas ABF y EBC la rotura se produce a lo largo de dos familias de líneas, una constituida por segmentos rectilíneos que pasan respectivamente por los puntos A y E y la otra por arcos de familias de espirales logarítmicas.

Los polos de éstas son los puntos A y E. En los triángulos AFG y ECD la rotura se da en segmentos inclinados en $\pm(45^\circ + \varphi/2)$ con respecto a la vertical.



Determinado así el volumen de terreno llevado a rotura por la carga límite, éste se puede calcular escribiendo la condición de equilibrio entre las fuerzas que actúan en cualquier volumen de terreno delimitado debajo de cualquiera de las superficies de deslizamiento.

Se llega por lo tanto a una ecuación $q = B \times c$, donde el coeficiente B depende solo del ángulo de rozamiento φ del terreno.

$$B = \cot g\varphi \left[e^{\frac{\pi g\varphi}{\text{tg}^2(45^\circ + \varphi/2)} - 1} \right]$$

Para $\varphi = 0$ el coeficiente B es igual a 5.14, por lo tanto $q = 5.14 \times c$.

En el otro caso particular de terreno sin cohesión ($c=0$, $\gamma \neq 0$) resulta $q=0$. Según la teoría de Prandtl, no sería entonces posible aplicar ninguna carga en la superficie límite de un terreno incoherente.

En esta teoría, si bien no se puede aplicar prácticamente, se han basado todas las investigaciones y los métodos de cálculo sucesivos.

En efecto Caquot se puso en las mismas condiciones de Prandtl, a excepción del hecho que la franja de carga no se aplica sobre la superficie límite del semiespacio, sino a una profundidad h , con $h \leq 2b$; el terreno comprendido entre la superficie y la profundidad h tiene las siguientes características: $\gamma \neq 0$, $\varphi = 0$, $c = 0$ es decir un medio dotado de peso pero sin resistencia.

Resolviendo las ecuaciones de equilibrio se llega a la expresión:

$$q = A \times \gamma_1 + B \times c$$

que de seguro es un paso adelante con respecto a Prandtl, pero que todavía no refleja la realidad.

Fórmula de Hansen (1970)

Es una extensión ulterior de la fórmula de Meyerhof (1963); las extensiones consisten en la introducción factores que tienen en cuenta la eventual inclinación en la horizontal del nivel de cimentación y otros para terrenos en pendiente.

$$q_h = c \times N_c \times s_c \times d_c \times i_c \times g_c \times b_c + \gamma \times D \times N_q \times s_q \times d_q \times i_q \times g_q \times b_q + 0.5 \times B \times N_\gamma \times s_\gamma \times d_\gamma \times i_\gamma \times g_\gamma$$

La fórmula de Hansen vale para cualquier relación D/B , ya sean cimentaciones superficiales o profundas; sin embargo el mismo autor introdujo algunos coeficientes para poder interpretar mejor el comportamiento real de la cimentación; sin éstos, de hecho, se tendría un aumento demasiado fuerte de la carga última con la profundidad.

Para valores de $D/B < 1$

$$d_c = 1 + 0.4 \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \frac{D}{B}$$

Para valores $D/B > 1$:

$$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

En el caso $\varphi = 0$

D/B	0	1	1.1	2	5	10	20	100
d'_c	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61	0.62

En los factores siguientes las expresiones con ápicos (') valen cuando $\phi = 0$.

Factor de forma:

$$s'_c = 0.2 \frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$$

$$s_c = 1 \quad \text{para cimentaciones continuas}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Factor de profundidad:

$$d'_c = 0.4k$$

$$d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi) k$$

$$d_\gamma = 1 \quad \text{para cualquier } \varphi$$

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{si } \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \tan^{-1} \frac{D}{B} \quad \text{si } \frac{D}{B} > 1$$

Factores de inclinación de la carga

$$i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A f c_a}}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A f c_a \cot \varphi} \right)^5$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A f c_a \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta / 450)H}{V + A f c_a \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta > 0)$$

Factores de inclinación del terreno (cimentación sobre talud):

$$g'_c = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (10.5 \tan \beta)^5$$

Factores de inclinación del nivel de cimentación (base inclinada)

$$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = \exp(-2\eta \tan \varphi)$$

$$b_\gamma = \exp(-2.7\eta \tan \varphi)$$

DATOS GENERALES

Ancho cimentación	1,50 m
Largo cimentación	1,50 m
Profundidad plano de cimentación	-0,80-1,00 m
	-3,80 m
Factor de seguridad (Fc)	3,0
Factor de seguridad (Fq)	3,0
Factor de seguridad (Fg)	3,0

$$q_{adm} = 2,54 \text{ kg/cm}^2$$

Ángulo rozamiento interno, ϕ :	38 °	38 °
Peso específico suelo, γ :	2,00 gr/cm ³	0,0020 kg/cm ³
Profundidad cimentación, D:	0,15 m	15 cm
Tensión vertical, q:		0,03 kg/cm ²
Cohesión, c:	0,00 kg/cm ²	0,00 kg/cm ²
Factor de seguridad, F:	3	3
Ancho cimentación, B:	1,00 m	100 cm
Longitud cimentación, L:	1,00 m	100 cm
Factores capacidad de carga	N_q :	48,93
	N_c :	61,35
	N_r :	74,90
Factores forma cimentación	S_q :	1,62
	S_c :	1,63
	S_r :	0,70

CALCULO DE ASIENTOS

El valor obtenido anteriormente, se refiere a la tensión admisible del terreno a efectos de rotura por hundimiento, pero no tiene en cuenta los asentos que dicha carga induciría.

Para la estimación de asentos se ha empleado el método elástico de Steinbrenner (1936).

Según Steinbrenner el asiento generado a una profundidad z bajo la esquina de una cimentación viene expresado por:

$$S(z) = \frac{q \cdot B}{2E} (M\phi_{1(A,B,z)} - N\phi_{2(A,B,z)})$$

Donde :

q= Presión unitaria aplicada.

E= Módulo elástico del terreno.

A= Lado mayor de la cimentación.

B= Ancho de la cimentación.

M= $1 - \nu^2$

$$N = 1 - \nu - 2 \nu^2$$

$$n = z/B$$

$$m = A/B$$

$$\phi_1 = \frac{1}{\pi} \left\{ \operatorname{Ln} \frac{(1+n^2+m^2)^{\frac{1}{2}} + n}{(1+n^2+m^2)^{\frac{1}{2}} - n} + n \operatorname{Ln} \frac{(1+n^2+m^2)^{\frac{1}{2}} + 1}{(1+n^2+m^2)^{\frac{1}{2}} - 1} \right\}$$

$$\phi_2 = \frac{m}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{n}{m(1+n^2+m^2)^{\frac{1}{2}}}$$

Cálculo de asientos:

Carga neta, q:	2,50 kg/cm ²
Factor de seguridad:	1,20

Nivel	Z _{final} (m)	E (kg/cm ²)	Coef. Poisson	Δq (kg/cm ²)
I	10,00	500	0,33	0,54
II				
III				
IV				
V				
VI				
VII				
VIII				
IX				
X				

Lado menor, b (m):	1,00	1,50	2,00	2,25	1,00	5,00
Lado mayor, a (m):	1,00	1,50	2,00	2,25	15,00	5,00
Asientos (cm):	0,45	0,66	0,85	0,95	0,99	1,80

Carga total (T):	25,00	56,25	100,00	126,56	375,00	625,00
------------------	-------	-------	--------	--------	--------	--------

Los asientos provocados para las tipologías de cimentación recomendadas son tolerables para la tensión de 2,50 Kp/cm², para un apoyo sobre la unidad N-1. No se ha de apoyar sobre rellenos antrópicos. En caso de losa apoyada sobre rellenos estructurales bien compactados y controlados se podrá apoyar a una tensión de hasta 2 Kp/cm², siendo los asientos tolerables si el relleno ha sido bien ejecutado y compactado para soportar dicha tensión.

EXCAVABILIDAD Y RIPABILIDAD

La excavación podrá ser realizada con maquinaria convencional hasta las profundidades recomendadas. Se tendrá precaución en caso de ejecutar pozos de cimentación, ya que los rellenos son tendentes a la creación de inestabilidades, esto se tendrá en cuenta también en la elección final de la tipología de cimentación.



PARÁMETROS DEL TERRENO PARA CALCULAR LA ACCIÓN SÍSMICA.

Según la Norma de Construcción sismorresistente NCSR-02, cada punto del territorio, presenta una aceleración sísmica básica, en función de la gravedad y de un coeficiente de contribución relacionado con el periodo de vida útil de la obra, en años.

Se define la aceleración sísmica de cálculo a_c como:

$$a_c = S p a_b$$

Donde:

- a_b : aceleración sísmica básica (definida en el anejo de la citada Norma, para cada una de las localidades de las diferentes Comunidades Autónomas, ($a_b = 0,04g$ para Baleares)).
- p : coeficiente adimensional de riesgo, que toma los siguientes valores en función de la construcción ($p=1,0$, para construcciones de normal importancia y $p=1,3$, para construcciones de especial importancia).
- S : coeficiente de amplificación del terreno, que adopta diferentes valores en función del coeficiente del terreno C .

$$S = \frac{C}{1,25} \quad \text{si } p \cdot a_b < 0,1g$$

$$S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \left(P \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \cdot \left(1 - \frac{C}{1,25} \right) \quad \text{si } 0,1g < p \cdot a_b < 0,4g$$

$$S = 1 \quad \text{si } 0,4g \leq p \cdot a_b$$

C : Coeficiente del terreno, parámetro que depende de las características geotécnicas del terreno de apoyo de la cimentación, por tanto, el que nos incumbe a nosotros, y que pasamos a definir.

En este apartado vamos a definir el denominado COEFICIENTE DEL TERRENO (C), establecido por la Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02), según la cual, los terrenos se clasifican en los siguientes tipos:

TIPO DE TERRENO	COEFICIENTE C
I	1,0
II	1,3
III	1,6
IV	2,0

- Terreno Tipo I: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_s > 750$ m/s.
- Terreno Tipo II: Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $750 \text{ m/s} \geq v_s > 400$ m/s.
- Terreno Tipo III: Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $400 \text{ m/s} \geq v_s > 200$ m/s.
- Terreno Tipo IV: Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $v_s \leq 200$ m/s.

Para obtener el valor del coeficiente C de cálculo, se determinarán los espesores e_1 , e_2 , e_3 , y e_4 , de terrenos de los tipos I, II, III y IV respectivamente, existentes en los 30 primeros metros bajo la superficie.

Se adoptará como valor de C , el valor medio obtenido al ponderar los coeficientes C_i de cada estrato, con su espesor e_i , en metros, mediante la expresión:

$$C = \frac{\sum C_i \cdot e_i}{30}$$

El coeficiente C no contempla el posible colapso del terreno bajo la estructura durante el terremoto debido a la inestabilidad del terreno como en el caso de arcillas sensibles, densificación de suelos, hundimiento de cavidades subterráneas, movimientos de ladera, etc. Especial atención habrá que hacer en suelos susceptibles de licuefacción.

En nuestro caso particular, tenemos un nivel de margas arenosas con gravas

Terreno	Espesor (m)	Tipo de Terreno	Coefficiente C
N-1	30	II	1,30

Por tanto, el valor medio de C es de: **1,30**

A partir de este valor, se puede calcular el parámetro S , y en último lugar, el valor de a_c .

Informe elaborado por:



RAIMUNDO GÓMEZ REVILLA

Geólogo, Colegiado nº 2012



FRANCISCO GARRIDO MENÉNDEZ

COL ICOGA 772

Palma de Mallorca, Abril de 2022

ANEXO 1.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN Y GRUPO DE TERRENO (SEGÚN DBSE-C)

Datos del solar de estudio:

Superficie a construir: más de 300 m².

Número de planta(s): Planta baja más una planta

Grupo de terreno: T3

Clasificación según DBSE-C:

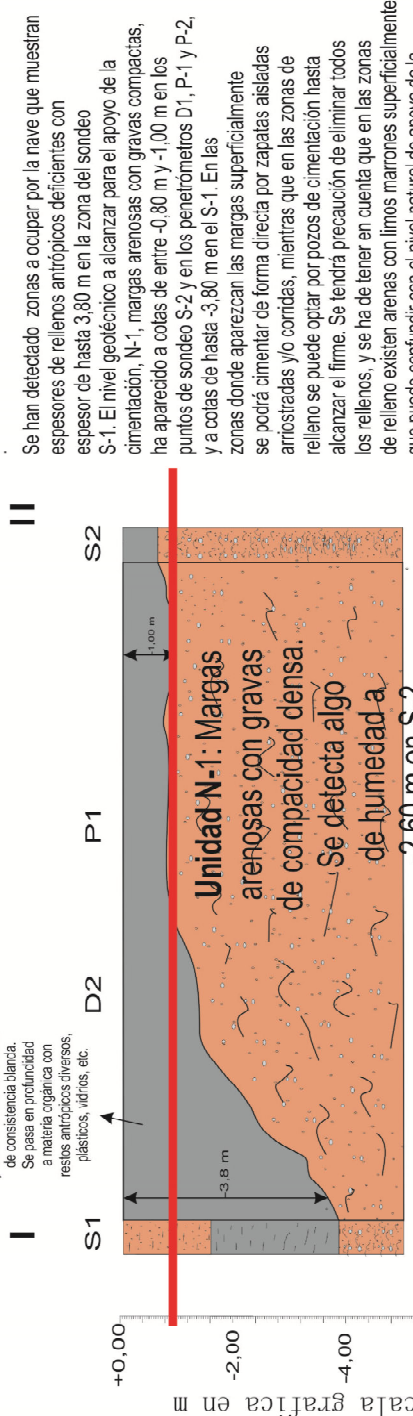
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	GRUPO DE TERRENO
C-1	T-3 (desfavorable)

Según la norma DBSE-C:

TIPO	DESCRIPCIÓN
C-0	Construcciones de menos de 4 plantas y superficie construida inferior a 300 m ²
C-1	Otras construcciones de menos de 4 plantas
C-2	Construcciones entre 4 y 10 plantas
C-3	Construcciones entre 11 y 20 plantas
C-4	Conjuntos monumentales o singulares, o de más de 20 plantas

GRUPO	DESCRIPCIÓN
T-1	<u>Terrenos favorables</u> : aquellos con poca variabilidad, y en los que la práctica habitual en la zona es de cimentación directa mediante elementos aislados.
T-2	<u>Terrenos intermedios</u> : los que presentan variabilidad, o que en la zona no siempre se recurre a la misma solución de cimentación, o en los que se puede suponer que tienen rellenos antrópicos de cierta relevancia, aunque probablemente no superen los 3,0 m.
T-3	<u>Terrenos desfavorables</u> : los que no pueden clasificarse en ninguno de los tipos anteriores. De forma especial se consideran en este grupo los siguientes terrenos: suelos expansivos, colapsables, blandos o sueltos, terrenos kársticos en yesos o calizas, terrenos variables en cuanto a composición y estado, rellenos antrópicos de espesor superior a 3 m, terrenos en zonas susceptibles de sufrir deslizamientos, rocas volcánicas en coladas delgadas o con cavidades, terreno con desnivel superior a 15°, suelos residuales y terrenos de marismas.

ANEXO 2 PERFIL LITOLÓGICO



Se han detectado zonas a ocupar por la nave que muestran espesores de rellenos antrópicos deficientes con espesor de hasta 3,80 m en la zona del sondeo S-1. El nivel geotécnico a alcanzar para el apoyo de la cimentación, N-1, margas arenosas con gravas compactas, ha aparecido a cotas de entre -0,80 m y -1,00 m en los puntos de sondeo S-2 y en los penetrometros D1, P-1 y P-2, y a cotas de hasta -3,80 m en el S-1. En las zonas donde aparecen las margas superficialmente se podrá cimentar de forma directa por zapatas aisladas arriostradas y/o corridas, mientras que en las zonas de relleno se puede optar por pozos de cimentación hasta alcanzar el firme. Se tendrá precaución de eliminar todos los rellenos, y se ha de tener en cuenta que en las zonas de relleno existen arenas con limos marrones superficialmente que puede confundir con el nivel natural de apoyo de la cimentación porque tienen color similar.

Otras opciones podrían ser ejecutar un sótano o micropilotar la nave transmitiendo las tensiones a la unidad N-1 por su fuste (Resistencia de hundimiento al fuste de N-1, 2,0 Kp/cm²). La solución de cimentación queda a elección de la Dirección Facultativa. Se recomienda tomar una tensión admisible sobre el nivel N-1 de 2,50 Kp/cm², siendo los asentamientos admisibles.

Otra posible opción sería la eliminación total de los rellenos y ejecutar un relleno estructural compactado en tongadas cuyos espesores dependerán de la granulometría empleada en cada tongada, sobre dicho relleno debidamente compactado y controlado se podría ejecutar una losa, en caso de losa se recomienda una tensión admisible de hasta 2 Kp/cm si el relleno se ejecuta adecuadamente para soportar dicha tensión.

* Perfil interpretativo: El espesor y distribución de los rellenos sólo puede ser detectada en excavación abierta o bien en una ampliación a base de una red densa de sondeos

ANEXO3

COLUMNAS LITOLÓGICAS Y REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS ENSAYOS

COLUMNA SONDEO Nº1

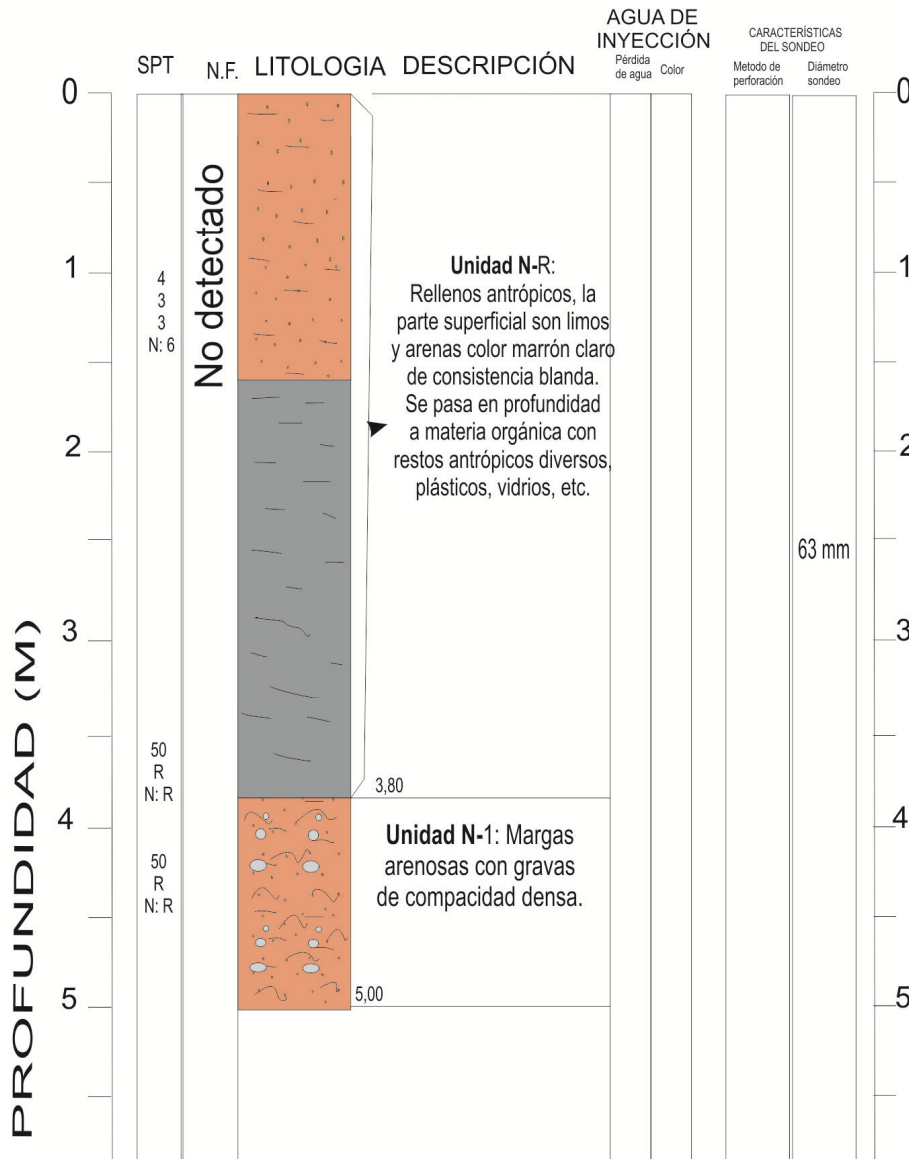
OBRA Nº: 22.021

C/ Castella, 17, Lluçmajor, Mallorca

COTA BOCA: Suelo Natural

FECHA Abril. 2022

SONDISTA Julio



COLUMNA SONDEO N° 2

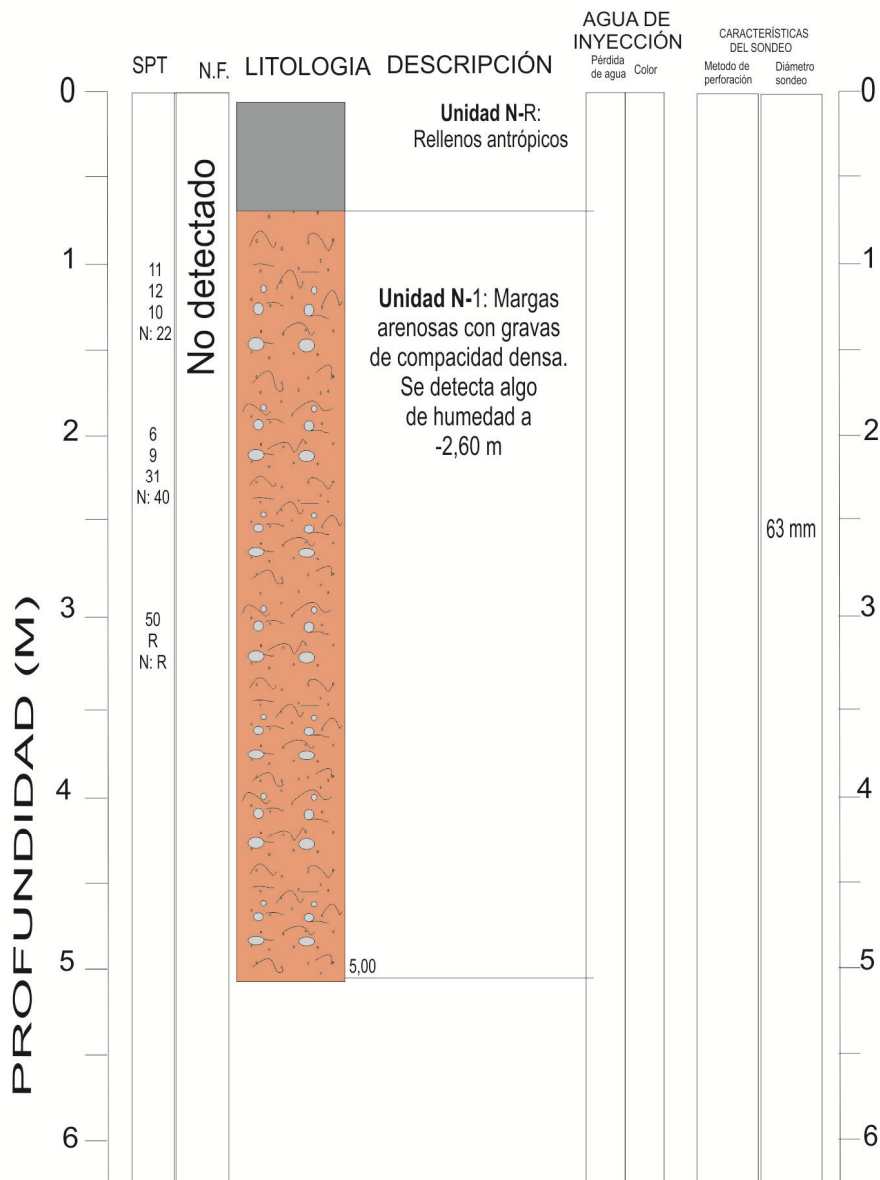
OBRA N°: 22.021

C/ Castella, 17, Lluçmajor, Mallorca

COTA BOCA: Suelo Natural

FECHA Abril. 2022

SONDISTA Julio



COLUMNA D1

OBRA Nº: 22.021

C/ Castella, 17, Lluçmajor, Mallorca

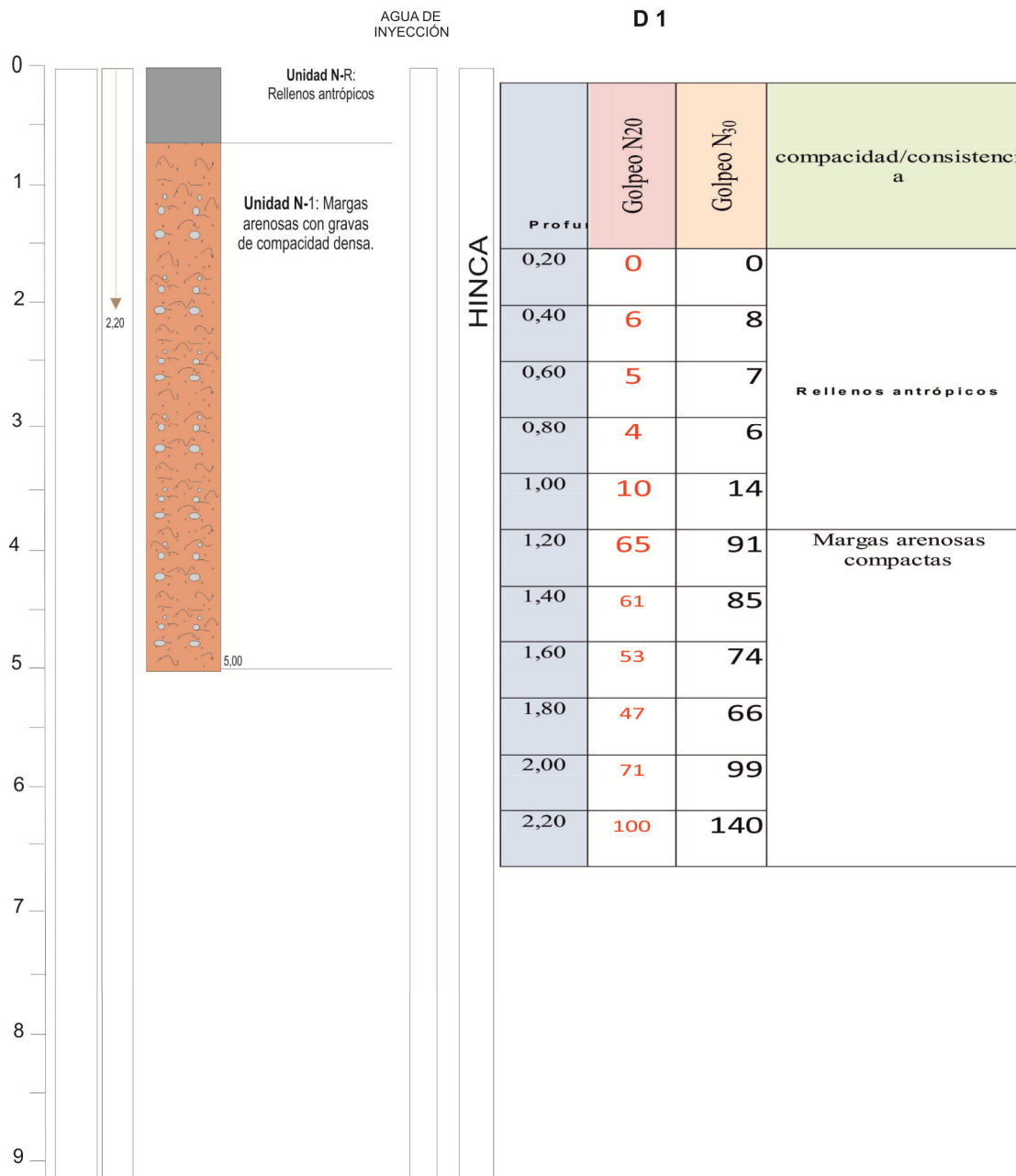
COTA BOCA: Suelo Natural

FECHA

Abril. 2022

SONDI

Julio



COLUMNA D2

OBRA Nº: 22.021

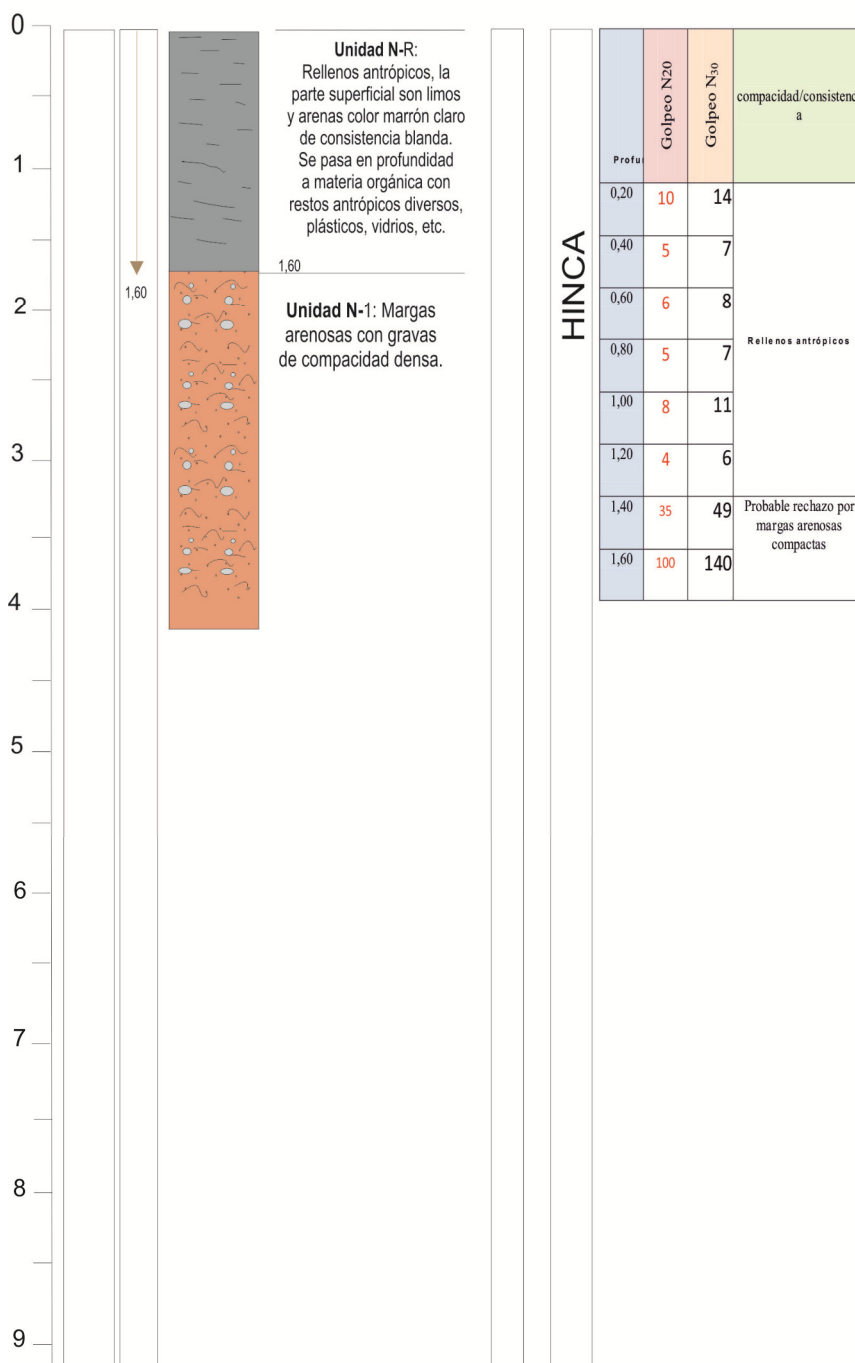
C/ Castella, 17, Lluçmajor, Mallorca

COTA BOCA: Suelo Natural

FECHA	Abril. 2022	SONDI	Julio
-------	-------------	-------	-------

AGUA DE INYECCIÓN

D 2



COLUMNA P1

OBRA Nº: 22.021

C/ Castilla, 17, Lluçmajor, Mallorca

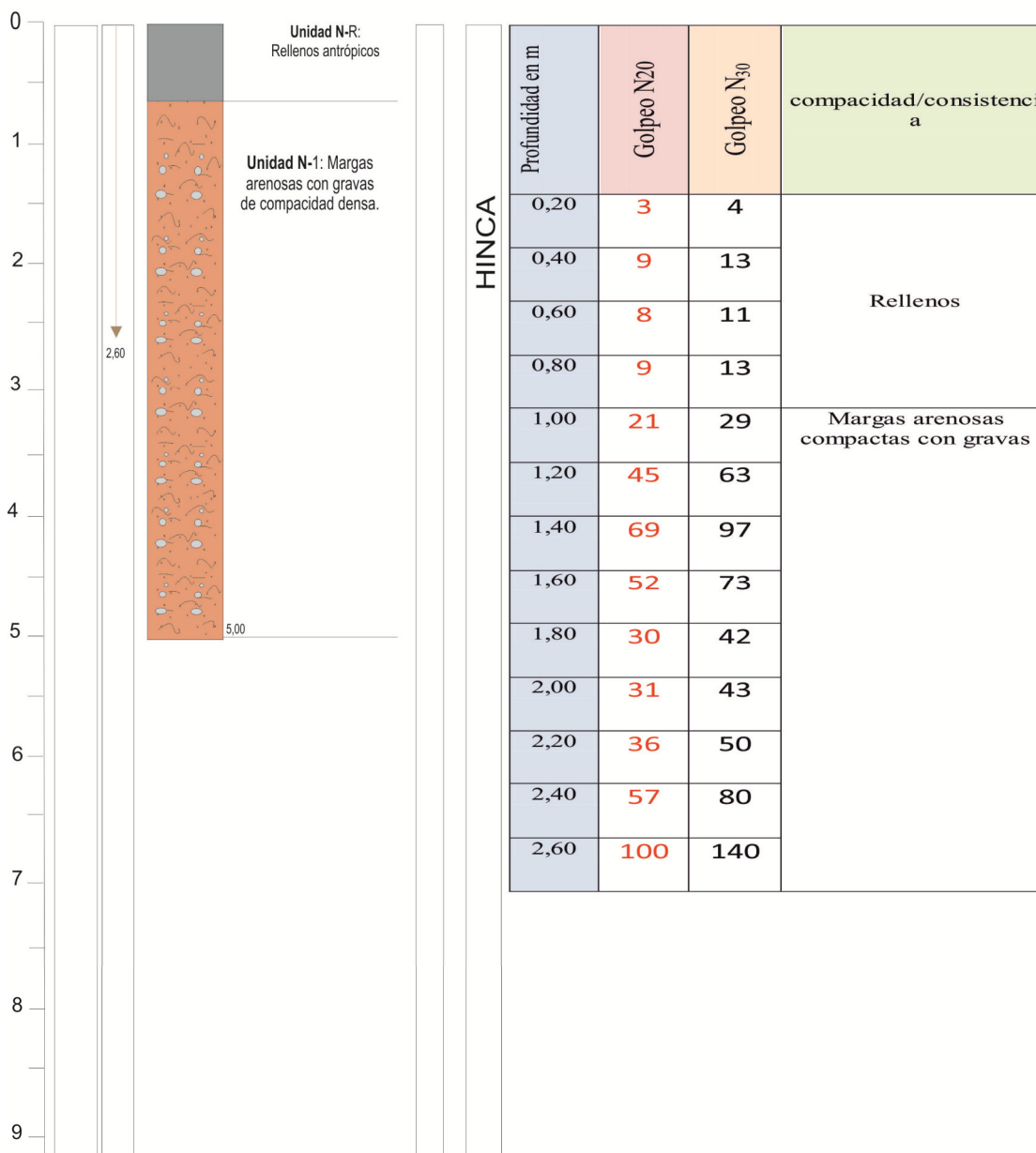
COTA BOCA: Suelo Natural

FECHA Abril. 2022

SONDI Julio

AGUA DE INYECCIÓN

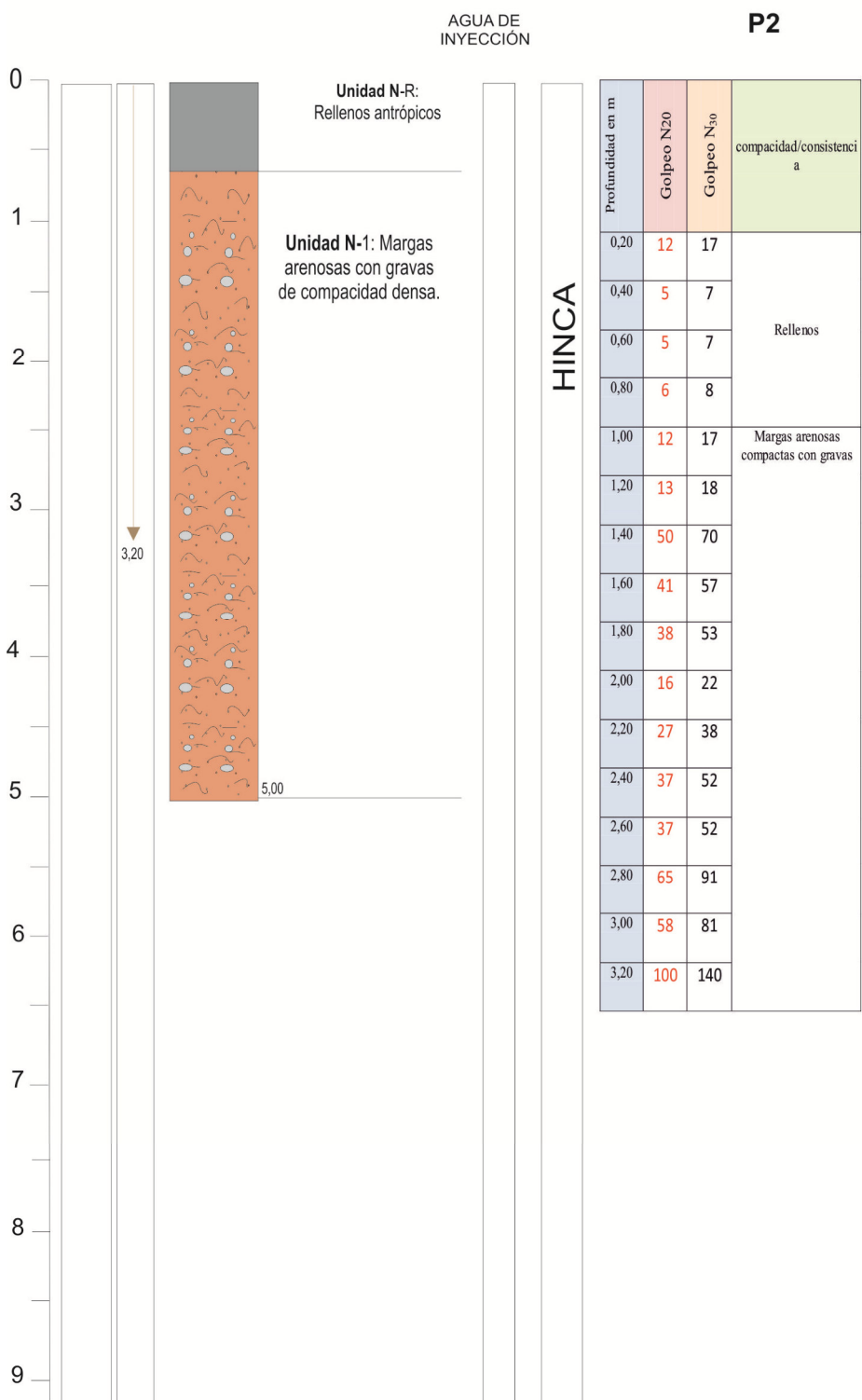
P1



COLUMNA P2

OBRA N°: 22.021
 C/ Castella, 17, Lluçmajor, Mallorca

COTA BOCA: Suelo Natural FECHA: Abril. 2022 SONDI: Julio



ANEXO 4.

REPORTAJE FOTOGRÁFICO



D-1



D-2



P-1



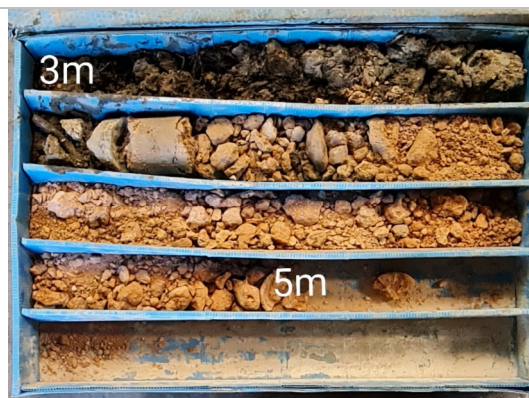
P-2



SONDEO s-1



SONDEO 1. DE 0,00 a 3,00 m



SONDEO 1. DE 3,00 a 5,00 m



SONDEO s-2



SONDEO 2. DE 0,00 a 3,00 m



SONDEO 2. DE 3,00 a 5,00 m