

1.2. ANEJOS

GARCIA
TRISTAN
QUESADA
PEDRO ANGEL
- 24258394H

Firmado digitalmente por
GARCIA TRISTAN QUESADA
PEDRO ANGEL - 24258394H
Nombre de reconocimiento
(DN): c=ES,
serialNumber=IDCES-24258394
H, givenName=PEDRO ANGEL,
sn=GARCIA TRISTAN QUESADA,
cn=GARCIA TRISTAN QUESADA
PEDRO ANGEL - 24258394H
Fecha: 2024.03.07 09:22:36
+01'00'



ANEJO Nº 1: CARTOGRAFIA



INDICE

1 OBJETO Y ALCANCE

2 TRABAJOS DE TOPOGRAFIA

- 2.1 RED DE BASES DE REPLANTEO
- 2.2 PROYECTO DE VUELO
 - 2.2.1 CONDICIONANTES DE VUELO
 - 2.2.2 SISTEMA DE REFERENCIA Y SISTEMAS DE COORDENADAS
 - 2.2.3 ESTUDIO DE LA ZONA DE VUELO
 - 2.2.4 PLANIFICACIÓN DEL VUELO
 - 2.2.5 CONTROL DE CALIDAD DEL VUELO PLANIFICADO
- 2.3 VUELO FOTOGRAF MÉTRICO
- 2.4 PROCESADO DE DATOS DE VUELO
 - 2.4.1. DATOS BRUTOS
 - 2.4.2. POST-PROCESO Y GESTIÓN DE IMÁGENES
- 2.5 MEDIOS TÉCNICOS
 - 2.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA AERONAVE
 - 2.5.2. ESPECIFICACIONES DE LA CÁMARA
 - 2.5.3. SOFTWARE DE PROCESO DE IMÁGENES
 - 2.5.4. EQUIPOS
- 2.6 APOYO FOTOGRAF MÉTRICO
 - 2.6.1. METODOLOGÍA EMPLEADA
 - 2.6.2. PRECISIÓN
 - 2.6.3. PROCESO DE DATOS

3 DATOS RED BASES DE REPLANTEO .

APÉNDICE 1: PLANOS CARTOGRAFIA Y BASES

APÉNDICE 2: LISTA DE PROCESAMIENTO DATOS



1 OBJETO Y ALCANCE

El presente anejo se exponen las tareas realizadas y las metodologías empleadas para el desarrollo de los trabajos de topografía y cartografía. Los presentes han consistido en:

- Implantación de una red de bases de replanteo.
- Obtención de cartografía de detalle.

2 TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA

2.1 RED DE BASES DE REPLANTEO

Se ha situado en el terreno una red de bases de replanteo, materializadas todas ellas de forma permanente con objeto de que los futuros trabajos (replanteo, toma de datos, etc...).

El sistema de coordenadas utilizado en el levantamiento ha sido el de proyección UTM, huso 30 datum ETRS89- elipsoide GRS80, apoyando en vértices de la Red Básica del IGN y publicaciones oficiales.

Las bases se han situado en lugares de segura permanencia y con dominio visual de la zona a replantear. Aunque observadas con metodología G.P.S. tienen intervisibilidad por sí, se emplean con metodología de observaciones estático rápido en tiempo real (RTK).

Las observaciones se han hecho utilizando el método más preciso, el estático relativo por la medida de fase, cuidando que en cada observación se recepciones al menos cinco satélites. Para ello se han planificado las observaciones GPS previamente en gabinete.

En el apartado 4.2 se incluyen las reseñas levantadas para su localización. En cada reseña aparece el nombre, nº de cálculo, provincia, municipio, H.M.N., anamorfosis, coordenadas U.T.M. (X,Y, Z), situación, fotografía y croquis.

Las bases se han numerado correlativamente desde la BR-1, a BR-3.

2.2 PROYECTO DE VUELO

Partiendo de la delimitación suministrada, donde se indicaba la superficie a cartografiar, se realizaron diferentes análisis del terreno con el fin de poder cumplir las condiciones Técnicas que ha de cumplir el vuelo fotogramétrico y la cartografía posterior.

Escala de cartografía : 1/500 Equidistancia de curvas: 0.5 m

Escala de vuelo fotogramétrico: 1/500

Tipo de vuelo: exclusivo para el trabajo.

Sistema de referencia de coordenadas: ETRS89-UTM 30N

2.2.1 CONDICIONANTES DE VUELO

- Recubrimiento longitudinal: 85 %, con un error máximo de ± 5 , para evitar zonas sin estereoscopia.
- Recubrimiento transversal: 75 %, con un error máximo de ± 5 %.
- Los vuelos deberán realizarse cuando el cielo esté despejado, puedan obtenerse imágenes bien definidas y el terreno a fotografiar ofrezca una situación normal, donde el suelo no esté oscurecido por brumas, humo, polvo y ni las nubes aparezcan en un porcentaje superior al 5% de la superficie del fotograma.
- Deberá realizarse el vuelo en aquel espacio de tiempo en que el sol tenga una altura mayor de 40° sobre el horizonte.
- Se realizará cada pasada a una altura de vuelo tal que se cumplan simultáneamente estas dos condiciones:

- El tamaño de píxel medio para toda la pasada será de 0,9 veces el GSD nominal (valor del píxel en el terreno) con un margen de variación máximo de ± 10 %.
- Siendo el GSD nominal de 10 cm. para cartografía 1/1000
- No habrá más de un 10 % de fotogramas en cada pasada con píxel medio del fotograma mayor que el GSD nominal.

2.2.2 SISTEMA DE REFERENCIA Y SISTEMAS DE COORDENADAS

El marco de referencia utilizado en este proyecto será el ETRS 89. El sistema Geodésico de Referencia ETRS 89 es un sistema geocéntrico, a efectos prácticos, coincide con el WGS84 con diferencias mínimas en el achatamiento o aplanamiento y que está definido como sistema de referencia global por los valores:

- Origen, centro de masas de la Tierra, incluyendo océanos y atmósfera.
- Eje Z paralelo a la dirección del polo CIO o polo medio definido por el BIH, época 1989.0 con una precisión de 0,005" (15 cm).
- Eje X, intersección del meridiano origen, Greenwich, y el plano que pasa por el origen y es perpendicular al eje Z.
- Eje Y ortogonal a los anteriores.
- Elipsoide asociado:
- Semieje mayor (radio ecuatorial terrestre): $a = 6\,378\,137$ metros.
- Semieje menor $b = 6\,356\,752$ km
- Aplanamiento $1/298,257223563$ datum utilizado en dicho Sistema es Geocéntrico.

El origen de coordenadas geodésicas vendrá definido por las latitudes referidas al Ecuador, consideradas positivas al Norte del mismo, y las Longitudes referidas al Meridiano de Greenwich, consideradas positivas al Este y negativas al Oeste.

Se utilizarán únicamente alturas elipsoidales referidas a ETRS89 en todos los procesos de cálculo del vuelo.

Cuando se realizan trabajos con sistemas GNSS (Global Navigation Satellite System) como el presente, se obtienen altitudes elipsoidales en los puntos de apoyo, medidas sobre el elipsoide GRS80 (ETRS89).

Sin embargo las altitudes utilizadas para el proyecto se denominan ortométricas, o altitud sobre el geoide. El modelo de Geoide utilizado es el EGMO8, siendo el modelo a nivel mundial más completo y preciso hasta el momento. La REDNAP es el marco en el que se materializa el Sistema de Referencia Altimétrico para la península.

En el caso de España la ondulación del geoide (N), o diferencia entre altitudes elipsoidales y ortométricas, es siempre positiva con respecto al elipsoide de referencia GRS80 usado en ETRS89. En Andalucía, esta diferencia varía de los 41 a los 56 m.

En lo referente al sistema de coordenadas a utilizar, se adoptará la proyección UTM en huso 30 norte para todos los productos del proyecto.

2.2.3 ESTUDIO DE LA ZONA DE VUELO

En este apartado se han analizado tres puntos fundamentales para el buen desarrollo de los trabajos de vuelo.

En primer lugar, se analizará toda la documentación cartográfica disponible de la zona. Dicha información la utilizaremos en el análisis orográfico de la zona, para obtener la altura media de las pasadas mediante los MDT u otra información existente del lugar.



2.2.4 PLANIFICACIÓN DEL VUELO

La planificación de los vuelos fotogramétricos a ejecutar en la zona, se ha realizado estrictamente siguiendo que las condicionantes técnicas y legales a las que estamos sujetos, se abarquen con la máxima garantía.

El software utilizado para realizar la planificación de vuelo ha sido el DJI PRO.

Dicho software nos permite introducir los límites de la zona de vuelo, definir el marco de referencia del lugar de trabajo, utilizar archivos KML importados o imágenes georreferenciadas que sirvan de soporte al estudio y, lo más importante, trabajar con un MDE que nos permitan chequear la altura del vuelo y los obstáculos presentes, la huella real a ejecutar e introducir los recubrimientos longitudinales y transversales en nuestro vuelo, entre otras cosas.

Una vez realizado nuestro plan de vuelo se exportarán los diferentes ficheros de información del plan de vuelo requeridos por el equipo de campo.

2.2.5 CONTROL DE CALIDAD DEL VUELO PLANIFICADO

Tras realizar la planificación, ésta se ha sometido a un exhaustivo control de calidad para garantizar que se cumplan todas las características exigidas en el encargo.

A partir del análisis conjunto de la base de datos y del gráfico de huellas se determina el grado de aptitud de la planificación, procediendo, en su caso, a realizar las modificaciones necesarias.

2.3 VUELO FOTOGRAFÉTICO

El vuelo fotogramétrico se realizó el día 30 de Junio de 2023, entre las 15:00 y 17:00 horas debido a las restricciones de vuelo en la zona.

2.4 PROCESADO DE DATOS DE VUELO

Todos los procesos posteriores a la ejecución del vuelo fotogramétrico se han realizado estrictamente según criterios técnicos que aseguren los objetivos de este trabajo. El procesado de las fotografías, se ha realizado con el software Pix4d Matic, mientras que el procesado de la nube de puntos se ha realizado con el software Pix4d Survey

2.4.1. DATOS BRUTOS

Una vez realizado el vuelo, la información registrada en el dron se compone de: Imágenes JPEG, procedentes del sensor.

Además de los datos brutos del vuelo, para llevar a cabo el procesamiento de los mismos son necesarias la preparación de dianas y su toma de posiciones precisas mediante un GPS Bifrecuencia Geodésico conectado en nuestro caso a la RAP.

2.4.2. POST-PROCESO Y GESTIÓN DE IMÁGENES

El proceso en gabinete lo dividimos en dos fases claramente diferenciadas.

- 1 Flujo de trabajo con software de procesado fotogramétrico para obtención de entregables (mapa topográfico, MDE, etc)
- 2 Restitución tomando como soporte los entregables anteriores (Creación del plano/sen AutoCAD).

De manera resumida, realizamos los siguientes pasos:

- Insertar las fotografías cenitales geotiquetadas generadas en el vuelo
- Alineación de las fotografías. Cálculo de parámetros de la cámara

- Introducción de los Puntos de Apoyo en Tierra (GCP) y sus coordenadas medidas.
- Generación de la nube de puntos densa
- Generación de la malla sobre la nube de puntos densa
- Generación de la textura sobre la malla
- Generación del MDE
- Generación del ortomosaico
- Generación del curvado tomando como base alguno de los productos fotogramétricos obtenidos
- Optimización del curvado obtenido

2.5 MEDIOS TÉCNICOS

2.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA AERONAVE

Fabricante: DJI INNOVATIONS Modelo: Phantom 4 PRO RTK + BASE D-RTK2

Tipo de RPA: Multirrotor de 4 motores situados en el mismo plano. Electrónica:

- Marca: DJI Innovations
- Modelo: Placa estabilizadora DJI P4
- Capacidades:
- Sistema de estabilización por IMU
- Control de la posición por GPS y magnetómetro de 3 ejes.
- Mantenimiento de altura automático por sensor de presión atmosférica con ayudas de acelerómetro en eje Z y GPS.

2.5.2. ESPECIFICACIONES DE LA CÁMARA

Sensor 1" CMOS, Effective pixels: 20 M

Lens FOV (Field of View) 84°, 8.8 mm (35 mm fómatequivalent: 24 mm), f/2.8 - f/11, auto focus at 1 m - ∞

ISO Range Video: 12800 (Manual)

Mechanical Shutter Electronic Shutter Image Size

100 - 3200 (Auto); 100 - 6400 (Manual) Photo: 100 - 3200 (Auto); IO - 8 - 1/2000 s

8 - 1/8000 s

3:2 Aspect Ratio : 5472 x 3648

4:3 Aspect Ratio: 4864 x 3648 16:9

Aspect Ratio: 5472 x 3078 PIV Image Size

4096 X 2160 (4096 X 2160 24/25/30/48/50p)

3840 X 2160 (3840 X 2160 24/25/30/48/50/60p)

2720 X 1530

(2720 X 1530 24/25/30/48/50/60p)

1920 X 1080 (1920 X 1080 24/25/30/48/50/60/120p)

1280 X 720 (1280 X 720 24/25/30/48/50/60/120p)

Still Photography Modes Single shot Burst shooting: 3/5/7/10/14 frames

Auto Exposure Bracketing (AEB): 3/5 Bracketed frames at 0.7EV Bias

Interval: 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s Video Recording Modes H.265

C 4K: 4096 x 2160 24/25/30p @ 100 Mbps

4K: 3840 x 2160 24/25/30p @ 100 Mbps

2.7K: 2720 x 1530 24/25/30p @ 65 Mbps

2720 x 1530 48/50/60p @ 80 Mbps

FHD: 1920 x 1080 24/25/30p @ 50 Mbps



1920 x 1080 48/50/60p @65Mbps
1920 x 1080 120p @100Mbps
HD: 1280 x 720 24/25/30p @25Mbps
1280 x 720 48/50/60p @35Mbps
1280 x 720 120p @60Mbps H.264
C 4K: 4096 x 2160 24/25/30/48/50/60p @100Mbps
4K: 3840 x 2160 24/25/30/48/50/60p @100Mbps
2.7K: 2720 x 1530 24/25/30p @80Mbps
2720 x 1530 48/50/60p @100Mbps
FHD: 1920 x 1080 24/25/30p @60Mbps
1920 x 1080 48/50/60p @80Mbps
1920 x 1080 120p @100Mbps
HD: 1280 x 720 24/25/30p @30Mbps
1280 x 720 48/50/60p @45Mbps
1280 x 720 120p @80Mbps
Max. Bitrate Of Video 100 Mbps
Supported File Systems FAT32 (::: 32 GB); exFAT (> 32 GB) Photo JPEG, DNG (RAW), JPEG + DNG
Video MP4/MOV (AVC/H.264; HEVC/H.265)
Supported SD Cards Micro SD, Max Capacity: 128GB. Write speed 15MB/s, class 10 or UHS-1 rating required
Temperature Range 32° to 104° F (0° to 40° C)

2.5.3. SOFTWARE DE PROCESO DE IMÁGENES

El software PIX4D mapper desarrollado por Pix4d Mapper, simplifica el levantamiento topográfico, permitiendo la medición rápida de entornos complejos y/o extensos cuando se dispone de un buen punto de vista. (ej. excavaciones, escarpes rocosos, acopios, escombreras, etc.).

El levantamiento fotogramétrico contiene mucha información potencial, permitiendo la restitución posterior sin volver al lugar. De forma resumida presenta las siguientes funcionalidades:

- Aerotriangulación
- Generación de modelos digitales poligonales (con y sin textura)
- Definición de sistemas de coordenadas geográficas estándar
- Generación de modelos digitales de elevación geo-referenciados
- Generación de ortofoto verdadera geo-referenciada

2.5.4. EQUIPO GPS

Todas las observaciones se realizaron con técnicas GPS. Para ello se utilizó un receptor GPS de doble frecuencia TRIMBLE modelo 5800. Estos receptores tienen como características el estar equipados de frecuencia dual para velocidad y exactitud junto con reducción de medidas de tiempo e influencias iónicas con 12 canales L1, fase y código C/A, 12 canales L2, fase y código P, más respaldo de cuadratura (squaring) mediante código, rastreo continuo de todos los satélites. El volcado de datos en campo se realizó mediante el programa Trimble Survey Controller.

G.P.S. Marca TRIMBLE modelo 5800



Especificaciones físicas:

Características	Especificación
Tamaño	19 cm de ancho x 10 cm alto incluyendo los conectores
Peso: con batería interna y radio	1.21 Kg
Duración de la batería (a 20°C)	Aproximadamente 5.5 horas por cada batería de ión litio de 1.8Ah
Entrada de alimentación externa	11-28 VDC
Temperatura de funcionamiento	-40°C a + 65°C (-40°F a + 149°F)
Temperatura de almacenamiento	-40°C a + 70°C (-40°F a + 158°F)
Humedad	Unidad totalmente hermética al 100%
Caja	A prueba de polvo, resistente a golpes y vibraciones



Especificaciones de posicionamiento:

Posicionamiento	Modo	Precisión horiz. (RM S)	Precisión vertical (RM S)
RTK (OTF)	Sincronizado	1cm + 1ppm (x longitud de línea base)	2cm + 1ppm (x longitud de línea base)
	Latencia baja	2cm + 2ppm (x longitud de línea base)	3cm + 2ppm (x longitud de línea base)
Fase de código C/A L1	Sincronizado/Latencia baja	25m + 1ppm RMS	50m + 1ppm RMS
Estático/Estático rápido (Fase Estático)	N/A	5mm + 1ppm RMS	5mm + 1ppm (x longitud de línea base)

2.6 APOYO FOTOGRAMÉTRICO

El objeto del trabajo consiste en la determinación de las coordenadas de los puntos de apoyo para una posterior aerotriangulación y formación de ortofotografías. Se emplearon un total de 20 puntos de apoyo. Todas las coordenadas calculadas están en el sistema geodésico de referencia ETRS89, que es el sistema adoptado por el Instituto Geográfico Nacional.

2.6.1. METODOLOGÍA EMPLEADA

Antes de realizar el vuelo, se tuvo que distribuir por la zona un conjunto de marcas de pintura utilizadas como puntos de apoyo y de control que nos sirvieron para obtener buenas precisiones y georreferenciación absoluta. Estas marcas pueden ser medidas, una vez colocadas, por cualquier método. En nuestro caso las medimos con un equipo GNSS Marca TRIMBLE modelo 5800.

Estas marcas, bien distribuidas en el terreno, se colocaron atendiendo a aquellos lugares más significativos como:

- El perímetro de la zona a medir
- Zonas deprimidas y elevaciones
- Zonas más altas y bajas
- En zonas urbanas, cerca de las casas
- En zona con masa forestal, cerca de ellas

En la medición de todos los puntos de apoyo-control se utilizó el método RTK en todas las mediciones, método aplicable con equipos GPS de dos frecuencias.

2.6.2. PRECISIÓN

Como características técnicas, en cuanto a precisión en la observación GPS, es centimétrica, con tiempos de observación cortos.

- E.M.C. de una línea base: 5 mm. + 0,5 ppm.
- Precisión de milímetros en líneas cortas

2.6.3. PROCESO DE DATOS

Las observaciones en campo de las zonas de control con metodología GNSS fueron realizadas en tiempo real RTK. Los resultados obtenidos en la medición se procesaron posteriormente con el software propio del fabricante de los receptores.

Antes de la medición en campo, es necesario configurar el receptor creando un perfil de trabajo. En dicho perfil se configura el Datum, que para este trabajo se eligió el ETRS89,

y se define el sistema y la zona de coordenadas en las que se trabaja (huso UTM 30 Norte).

Las alturas medidas con GNSS o alturas elipsoidales toman como superficie de referencia el elipsoide SG R80. Mientras que las utilizadas en el sistema de proyección UTM son alturas ortométricas, es decir, que tienen su origen en altitudes en el geoide. Por esto, las altitudes obtenidas en observaciones GNSS, deben tratarse para quedar referidas al geoide. Esto se hace mediante la ondulación del geoide que establece la relación entre altura ortométrica y altura elipsoidal.

Así pues será necesario transformar, mediante un modelo geoidal EGM 08, del IGN, todas las cotas elipsoidales a cotas ortométricas.

Por último, realizamos la transformación desde las coordenadas geodésicas (Latitud y Longitud) a las de proyección conforme Universal Transversa de Mercator (UTM) (X e Y), correspondientes al huso deseado, en este caso el 30.

N	X	Y	Z	COD
2	414740,924	4065100,84	12,381	pc
5	414536,016	4065012,28	6,039	pc
54	414703,742	4065126,15	6,672	pc
55	414702,097	4065129,38	6,721	pc

3 DATOS RED BASES DE REPLANTEO

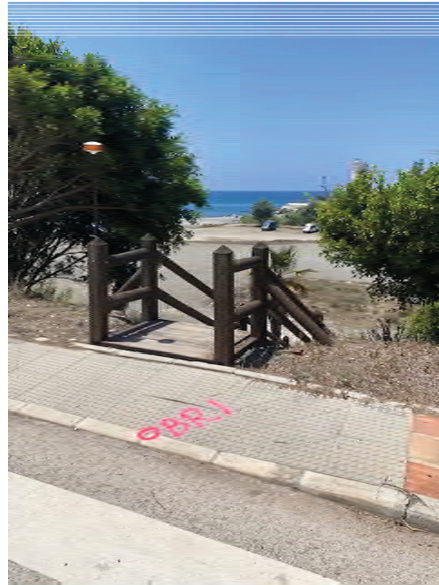
Se colocan tres bases de replanteo distribuidas a lo largo de toda la zona de trabajo.

Para su colocación, se emplea un equipo GPS en RTK, realizando una media de 200 lecturas en cada base.

El sistema de las bases de replanteo, es igual al que todo el trabajo UTM ETRS89 Huso 30

N	X	Y	Z	COD
1	414739,125	4065102,48	12,385	BASE 1
3	414707,07	4065077,78	5,619	BASE 2
4	414535,437	4065006,27	6,388	BASE 3





BASE 1



BASE 3



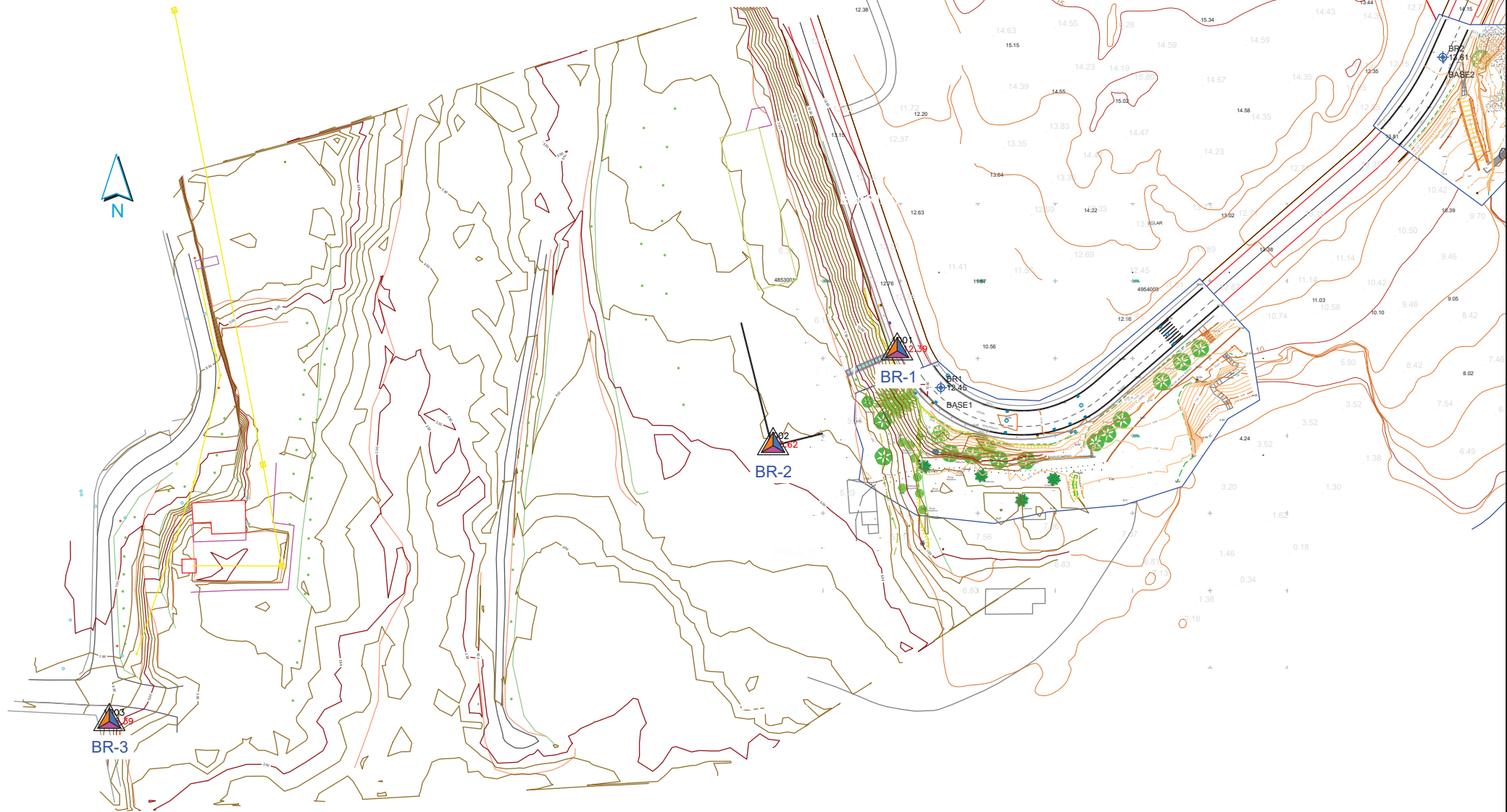
BASE 2



APÉNDICE 1: PLANOS CARTOGRAFIA Y BASES



LISTADO DE PUNTOS				
Nombre	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z	Código
1	414739.125	4065102.48	12.385	BR1 -- Clavo en acera
2	414707.07	4065077.78	5.619	BR2 -- Clavo en hormigón
3	414535.437	4065006.27	6.388	BR3 -- Clavo en hormigón



A P É N D I C E 2: LISTA D O S PRO C E S A M I E N T O D A T O S



QR - 10/07/2023 / TORROX MATIC

TORROX MATIC - Quality Report

PIX4Dmatic 1.47.1

Cameras	DJI M3E_12.3_5280x3956
Average GSD	2.8 cm
Project CRS	ETRS89 / UTM zone 30N - EPSG:25830

Quality check

Matches	Median of 18477 matches per calibrated image	✓
Dataset	100.0% calibrated (83/83)	✓
Camera optimization	0.2% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
GCPs	4 GCP(s), Mean RMS position error 0.019 m / Sigma 0.017	✓
Checkpoints	0 Checkpoint(s)	⚠
MTPs	0 MTP(s)	

www.pix4d.com

PIX4Dmatic

1 / 4

QR - 10/07/2023 / TORROX MATIC

Camera Positions

Internal Camera Parameters

DJI_M3E_12.3_5280x3956. Sensor Dimensions: 17.424 [mm] x 13.055 [mm]

	Focal length	Principal point x	Principal point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial	3720.980 px 12.279 mm	2644.890 px 8.728 mm	1967.940 px 6.494 mm	-0.111	0.012	-0.027	-0.000	-0.000
Optimized	3712.970 px 12.253 mm	2656.861 px 8.768 mm	1967.829 px 6.494 mm	-0.112	0.010	-0.023	-0.000	-0.000
Uncertainties (Sigma)	0.250 px 0.001 mm	0.001 px 0.000 mm	0.001 px 0.000 mm	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

www.pix4d.com

PIX4Dmatic

2 / 4



QR - 10/07/2023 / TORROX MATIC

Tie points

1. Ground control points (GCPs)

Label	Position error			Reprojection error [px]	Accuracy		Verified/Marked
	X [m]	Y [m]	Z [m]		X/Y [m]	Z [m]	
2	0.005	0.002	0.005	0.7	0.020	0.020	26/26
5	0.004	0.025	-0.062	0.4	0.020	0.020	6/6
54	-0.009	-0.010	-0.006	1.0	0.020	0.020	16/16
55					0.020	0.020	0/0
Mean	-0.000	0.005	-0.021	0.8			
Min	-0.009	-0.010	-0.062	0.1			
Max	0.005	0.025	0.005	2.0			
RMS	0.006	0.016	0.036	0.9			
Sigma	0.006	0.015	0.029	0.5			

QR - 10/07/2023 / TORROX MATIC

Hardware & settings

System information

Hardware: CPU: 11th Gen Intel(R) Core(TM) i9-11900K @ 3.50GHz, cpus=1, threads=16
RAM: 63,84 GB
GPU: NVIDIA Corporation NVIDIA GeForce RTX 3070/PCIe/SSE2
Operating system: Windows 10 Version 2009

Coordinate reference systems

Image coordinate reference system(s): WGS 84 - EPSG:4326
Ground control point (GCP) coordinate reference system: ETRS89 / UTM zone 30N - EPSG:25830
Project coordinate reference system: ETRS89 / UTM zone 30N - EPSG:25830

Processing settings

Calibration	Completed	Densification	Completed	DSM	Completed	Orthomosaic	Completed
Pipeline: Standard Template: Large scale and corridor Internals confidence: Low Image scale: 1/1 Max extracted keypoints: Automatic Reoptimized: Yes Use automatic ITPs: Disabled		Noise filter: Disabled Image scale: 1/2 Min number of matches: 3 Multiscale: Enabled Density: Optimal Sky filter: Disabled		Input point cloud: Dense Interpolation: Enabled Surface smoothing: 12 Resolution: 2.8 cm/px		Algorithm: Hardware accelerated Oblique: Disabled Deghosting: Disabled Resolution: 2.8 cm/px	
13s		3m 11s		1m 38s		17s	



ANEJO N° 2: GEOLOGIA Y GEOTECNIA



ÍNDICE

- 1 GEOLOGÍA GENERAL
- 2 GEOTECNIA
- 3 AGRESIVIDAD
- 4 CIMENTACIÓN PROFUNDA MEDIANTE PILOTES
- 5 ACCIONES SÍSMICAS

APÉNDICE 1. ESTUDIO GEOTÉCNICO

APÉNDICE 2. ESTUDIO GEOTÉCNICO COMPLEMENTARIO



1 GEOLOGÍA GENERAL

La zona origen del estudio se encuentra ubicada en las Zonas Internas Béticas, en la parte Septentrional de la Cordillera, estando representadas en ella las formaciones de los Mantos Alpujárrides y Maláguides, además de depósitos del Plioceno y Cuaternarios. Las Zonas Internas constituyen la región más intensamente deformada de la Cordillera Bética y están esencialmente constituidas por pilas antiformes de unidades tectónicas superpuestas, Complejo Maláguide, Complejo Alpujárride, Complejo Nevado-Filábride. En el estudio de la región se ha introducido una nueva unidad llamada de Benamocarra, ubicada entre Maláguide y Alpujárride. Maláguide: Su estratigrafía es muy compleja y se ve incrementada por el intenso plegamiento y escamación en las series que lo componen. Se pueden separar dos conjuntos estratigráficos en función del metamorfismo sufrido: un conjunto inferior que muestra un metamorfismo regional débil (filitas); y otro superior sin metamorfismo alguno, apoyado de forma discordante. El conjunto inferior consta de una serie fundamentalmente pelítica en la base (Filitas, metaareniscas y conglomerados de cuarzo), que evoluciona en altura a una serie carbonatada (Calizas, Filitas y Grauwacas) y termina en una serie conglomerática y grauwáquica (Grauwacas, lilitas, filitas y conglomerados poligénicos). El conjunto superior está constituido de techo a muros por: 1) Formaciones de Areniscas, conglomerados, arcillas y yesos, también denominado facies rojas; 2) Dolomías; 3) Calizas masivas blancas; 4) Calizas rojas; 5) Calizas y margas. Unidad de Benamocarra: Esta unidad designa un conjunto esquistoso que yace bajo las filitas Maláguides. Se trata de una serie de micaesquistos negros, dentro de los cuales pueden diferenciarse dos facies atendiendo a la granulometría original. Alpujárride. Dada su complejidad, este se ha subdividido en cuatro mantos en función de la litología y petrología, los cuales agrupan unidades alpujárrides que guardan relación entre sí. Estos mantos de abajo hacia arriba son: Manto Alcázar; Manto de la Herradura; Manto de Salobreña y Manto de los Guajares. Hacia el W estos mantos hunden por debajo de los Maláguides.

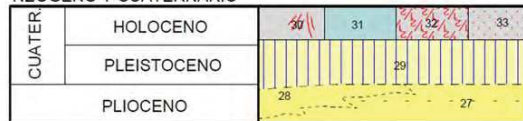
En la zona en estudio solo afloran la Unidad de Sayalonga (Manto de los Guajares); Unidad de Canillas de Albaida (Manto de Salobreña) y Unidades de las Alberquillas, Sierra Tejeda y Herradura (Manto de la Herradura). Las formaciones postorogénicas, se ubican en toda la costa y proximidades, son designadas como sedimentos post-mantos y comprenden edades entre el Plioceno y el Cuaternario con naturaleza predominantemente detrítica, pudiendo distinguir por su origen entre cuaternario marino y continental. La zona de estudio se sitúa sobre los depósitos aluviales del Río Torrox, que cubren otros materiales tanto Plio-Cuaternarios, los Conglomerados y limos rosados, como la Unidad de Sayalonga (Manto de los Guajares), representado en este punto por los esquistos grafitosos. En el sondeo geotécnico S-1, se reconocen en superficie los depósitos aluviales caracterizados por un predominio de material granular hasta 6,30 m de profundidad. A partir de esta profundidad se reconocen en el tramo más superficial un predominio de grava y bolos en matriz areno limosa de tonos versicolores (beige a marrones rojizos) con intercalaciones de tramos más arenosos y tramos más cohesivos más patentes en profundidad. Los materiales detectados a partir de los 6,30 m de profundidad se pueden corresponder con la formación Plio-

Cuaternaria de Conglomerados y limos rosados, según la información recogida por el IGME (Instituto Geológico y Minero de España) en la memoria de la hoja geológica de Vélez-Málaga nº 1.054, esta formación se caracteriza por tramos granulares con intercalaciones de capas arcillosas de tonos rojizos. En el sondeo geotécnico S-2, se detectan los depósitos aluviales hasta 17,00 m de profundidad. A continuación se reconocen unos esquistos de tonos grisáceos.

A continuación se muestra un extracto de la leyenda de la hoja de Vélez-Málaga, 1.054, del Mapa Geológico de España publicado por el Instituto Geológico y Minero de España, a fin de poder reconocer los materiales representados en el mapa:



NEOGENO Y CUATERNARIO



- 33 Arenas de playa
- 32 Derrubios y pie de ladera
- 31 Aluviales
- 30 Conos de deyección
- 29 Conglomerados y limos rosados
- 28 Areniscas, conglomerados, limos y arcillas
- 27 Conglomerados poco cementados, arenas amarillas y limos

2 GEOTECNIA

Para la realización del Proyecto, se han realizado dos estudios geotécnicos, consistente en:

- Sondeos mecánicos a rotación
- Prueba de penetración dinámica DSPH

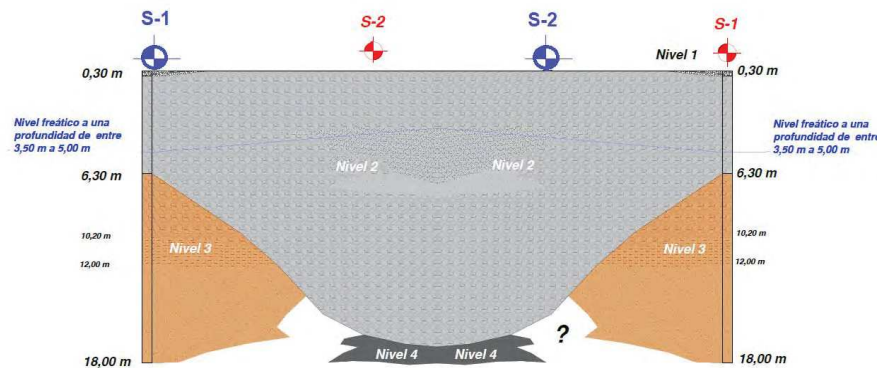


- Prueba de penetración estándar
- Calicatas

Los sondeos realizados son:



El perfil litológico obtenido es el siguiente



NIVEL 1. RELLENOS

Este nivel está compuesto por una mezcla de gravas y bolos poligénicos (mamóreos a techo y esquistos-cuarcíticos hacia la base) con arenas policrómicas (grises, gris claras y marrón grisáceas), alguna pasada arcillosa verdosa de alta plasticidad y algunos restos antrópicos (trozo de tubería de hierro y fragmentos cerámicos rojizos).

Este nivel geotécnico se ha reconocido de forma directa únicamente en el ensayo de sondeo S-1 realizado en la margen derecha e izquierda del río Torrox por estar en el borde de la elevación por urbanización en esta zona

ENSAYO	PROFUNDIDAD TECHO (m)	PROFUNDIDAD BASE (m)	ESPESOR (m)
S-1	De 0,00	a 0,30	0,30
S-2	De 0,00	a 0,00	0,00

*Fin del ensayo

**Fin del ensayo por rechazo

NIVEL 2. ALUVIAL CUATERNARIO: ARENAS, ARENAS CON GRAVAS Y GRAVAS ARENOSAS MARRONES Y GRISÁCEAS

Este nivel está compuesto por una serie aluvial de sedimentos compuesta por distintos tramos, capas o subniveles de composición granulométrica granular, dominados por arenas, pero con variaciones en las proporciones de gravas, tamaños de grano de las arenas y gravas, y presencia de limos no plásticos o de baja plasticidad minoritarios. El color dominante es gris (claro y oscuro) y algunos tonos de marrones.

Con la información proporcionada por el sondeo de reconocimiento se puede establecer que este nivel aparece desde una **profundidad de techo de entre 0,00-0,30 m hasta una profundidad de base de entre 6,30-17,00 m.**

ENSAYO	PROFUNDIDAD TECHO (m)	PROFUNDIDAD BASE (m)	ESPESOR (m)
S-1	De 0,30	a 6,30	6,00
S-2	De 0,00	a 17,00	17,00

*Fin del ensayo

**Fin del ensayo por rechazo

Del contraste entre los ensayos de resistencia realizados en campo se deduce que se trata de un nivel de **compacidad entre "Suelta-Compacta"**, valores indicativos de un nivel de naturaleza heterogénea en cuanto a su comportamiento geotécnico.

NIVEL 3. GRAVA Y ARENA LIMOSA VERSICOLOR CON INTERCALACIONES DE TRAMOS COHESIVOS

Con la información proporcionada por el sondeo de reconocimiento se puede establecer que este nivel aparece desde una **profundidad de techo de 6,30 m hasta una profundidad de 18,00 m, donde finaliza el sondeo.**

ENSAYO	PROFUNDIDAD TECHO (m)	PROFUNDIDAD BASE (m)	ESPESOR (m)
S-1	De 6,30	a 18,00*	11,70
S-2 (1)	De 0,00	a -	-

*Fin del ensayo

**Fin del ensayo por rechazo

En base al reconocimiento de la muestra sobtenida a este nivel se caracteriza en superficie por un predominio de grava y bolos en matriz areno limosa de tonos versicolores (beige a



marroñes rojizos) con intercalaciones de tramos más arenosos y tramos más cohesivos más patentes en profundidad.

En detalle se observa:

- o De 6,30 m a 7,50 m: se reconocen gravas, gravilla y bolos, éstos últimos de naturaleza carbonatada, envueltos en una matriz arcillo limo arenosa de tonos beige
- o De 7,50 m a 10,20 m: se observan gravas y bolos en matriz arcillo limosa marrón con subcapas limosas de tonos grisáceos e intercalaciones de tramos más cohesivos destacando el intervalo 7,50-8,20 m.
- o De 10,20 m a 12,00 m: tramo de aspecto más cohesivo caracterizado por unas arcillas limosas de tonos marrón rojizos con grava/gravilla redondeada y capas limo arenosas. Se observan vetas de tonos blanquecinos.
- o De 12,00 m a 18,00 m: se observa un predominio de arena limosa de tono marrón anaranjado con grava y gravilla redondeada. Se intercalan subcapas de carácter más limo arcilloso.

Del contraste entre los ensayos de resistencia realizados en campo se deduce que se trata de un nivel de compactación "**Compacta**", valores indicativos de un nivel de naturaleza resistente en cuanto a su comportamiento geotécnico.

NIVEL 4: ESQUISTOS TECTONIZADOS Y ALTERADOS DE TONOS GRISÁCEOS

Con la información proporcionada por los diferentes ensayos, se puede establecer que este nivel aparece desde una **profundidad de techo de 17,00 m hasta 18,00 m**, donde finalizan el sondeo.

ENSAYO	PROFUNDIDAD TECHO (m)	PROFUNDIDAD BASE (m)	ESPESOR (m)
S-1 ⁽¹⁾	De -	-	-
S-2	De 17,00	a 18,00*	1,00

*Fin del ensayo

**Fin del ensayo por rechazo

El nivel reconocido se describe como unos esquistos de tonos grisáceos, tectonizados y alterados.

Del contraste entre los ensayos de resistencia realizados en campo se deduce que se trata de un nivel de compactación "**Muy compacta**", valores indicativos de un nivel de naturaleza resistente en cuanto a su comportamiento geotécnico.

3 AGRESIVIDAD

De acuerdo con el capítulo 7 del Código Estructural, para definir la agresividad a la que va a estar sometido cada elemento estructural es necesario conocer el tipo de ambiente al que está sometido. Este ambiente viene definido por el conjunto de condiciones físicas y químicas que van a afectar al elemento estructural, que puede llegar a degradarlo como consecuencia de efectos diferentes a los de las cargas y solicitaciones consideradas en el análisis estructural. El tipo de ambiente viene definido por la combinación de una de las clases de exposición frente a la corrosión de las armaduras y por las clases específicas de exposición relativas a los procesos de degradación. Para definir la clase específica de exposición es necesario conocer varios parámetros

asociados a la agresividad que presenta el terreno (suelo y agua). A partir del tipo de ambiente definido se deberá comentar si es necesario el uso de cemento sulforresistente (SR) o resistente al mar (MR) en la elaboración del hormigón de los elementos de cimentación.

Muestra de agua del S-2.
CLASE DE EXPOSICIÓN RELATIVA AL HORMIGÓN ESTRUCTURAL
XA1*/XS2**

*en base al contenido en CO₂ y SO₄²⁻ en el agua.

** Dada la proximidad al mar y estimando que la cimentación entrará en contacto con el agua subterránea, la cual puede inducir corrosión por cloruros de origen marino

CEMENTO RECOMENDABLE PARA LOS HORMIGONES DE CIMENTACIÓN
MARINO-RESISTENTE

4 CIMENTACIÓN PROFUNDA MEDIANTE PILOTES

Para realizar el diseño de la cimentación de la estructura, se deberán tener en cuenta los siguientes factores:

1. La zona de estudio sitúa en el Río Torrox, próximo a la desembocadura. Por lo tanto la topografía presenta una suave pendiente hacia el mar, situado al sur.
2. La zona de estudio presenta un nivel 1 de suelo de alteración de carácter granular detectado en el sondeo S-1 con espesor de 0,30 m. Su origen es la alteración del nivel infrayacente de depósitos aluviales de carácter granular afectado por la vegetación de la zona. Este nivel es prácticamente despreciable.
3. Tras el nivel 1 en el sondeo S-2, o desde el inicio del S-2, se reconoce un nivel 2 de depósitos aluviales caracterizados por una continuada intercalación de tramos granulares de diferente tamaño y algunas capas de carácter limoso, detectados hasta una profundidad de base de entre 6,30-17,00 m.
4. El nivel 2 de Depósitos aluviales presentan un predominio de material granular representado por unas gravas y gravillas en matriz arenosa de tonos grises con intercalaciones de tramos más limosos o arenosos.
5. El nivel 2 presenta una compactación entre "Suelta-Compacta", detectándose en los ensayos de penetración intercalaciones de tramos de irregular resistencia, propios de los depósitos aluviales.
6. En el sondeo S-1, a continuación del nivel 2, a partir de 6,30 m de profundidad se reconoce un nivel 3 de Grava y arena limosa versicolor con intercalaciones de tramos cohesivos y con algunos bolos. Este nivel 3 presenta una compactación "Compacta".
7. Según la información recogida por el IGME (Instituto Geológico y Minero de España) en la memoria de la hoja geológica de Vélez-Málaga nº 1.054, el nivel 3 posiblemente se corresponde con la formación Plio-Cuaternaria de



- Conglomerados y limos rosados, caracteriza por tramos granulares con intercalaciones de capas arcillosas de tonos rojizos.
- En el sondeo S-2, se reconoce tras el nivel 2 de depósitos aluviales, a partir de 17,00 m de profundidad, un nivel 4 de Esquistos de tonos grisáceos tectonizados y alterados, con una compacidad "Muy compacta".
 - Según la información recogida por el IGME (Instituto Geológico y Minero de España) en la memoria de la hoja geológica de Vélez-Málaga nº 1.054, este nivel se continúa en profundidad.
 - Se prevé construir un puente sobre el Río Torrox.
 - En los sondeos, se ha detectado el nivel freático entre 3,50 m (S-2) y 5,00 m (S-1) de profundidad. No obstante, dado el carácter granular del terreno, la ubicación de la zona de estudio sobre el cauce del Río Torrox y la proximidad al mar, es recomendable realizar por parte de la dirección facultativa o la propiedad, una nueva medida mediante una calicata de los niveles antes de comenzar los trabajos de excavación para la posterior ejecución de la cimentación.

Teniendo en cuenta los factores expuestos en los párrafos superiores, se deberán considerar las siguientes recomendaciones para realizar la cimentación de la estructura:

- El nivel 1 de suelo de alteración deberá ser eliminado en su totalidad retirando cualquier resto que no haya sido identificado por los ensayos de campo y que pudiese aparecer durante el proceso de excavación.
- El nivel 2 de Depósitos aluviales presentan en superficie tramos de carácter suelto detectados hasta una profundidad de 6,00 m. En el sondeo S-2 se reconocen valores más compactos a partir de los 15,00 m de profundidad. Cabe tener en cuenta que este nivel 2 se caracteriza por unas características heterogéneas, donde se intercalan tramos granulares y cohesivos.
- La presencia de nivel freático a cotas muy superficiales dificultará cualquier excavación que se realice en la zona de estudio.
- Tanto el nivel 3 de Grava y arena limosa versicolor con intercalaciones de tramos cohesivos y con algunos bolos como el nivel 4 de Esquistos de tonos grisáceos tectonizados y alterados, presentan un carácter compacto.
- En base a su carácter resistente desde el punto de vista geotécnico se pueden diferenciar dos niveles: Nivel Suelto y Nivel Compacto.

El Nivel Suelto se considera un tramo superior de carácter suelto, correspondiente al tramo del nivel 2 reconocido desde la superficie hasta una profundidad intermedia de 12,00 m, en base a los resultados obtenidos en los ensayos de penetración.

El Nivel Compacto, está representado por los niveles de carácter compacto: el nivel 2 de Depósitos aluviales: gravas y gravillas en matriz arenosa de tonos grises con intercalaciones de tramos más limosos o arenosos en su tramo inferior de carácter compacto; nivel 3 de Grava y arena limosa versicolor con intercalaciones de tramos cohesivos y con algunos bolos, y nivel 4 de Esquistos de tonos grisáceos tectonizados y alterados.

- Se recomienda que cualquier cimentación que se realice en la zona de estudio deberá quedar empotrada en el Nivel Compacto.

Para el **cálculo de los pilotes** en la zona de estudio se considerará:

- El nivel 1 despreciable de cara a los cálculos, dada su similitud con el tramo superficial del nivel 2 y su escaso espesor detectado en la zona de estudio.
- Se considera un tramo superior de carácter suelto, que nombraremos Nivel Suelto, correspondiente al tramo del nivel 2 reconocido desde la superficie hasta una profundidad intermedia de 12,00 m, en base a los resultados obtenidos en los ensayos de penetración.
- Se considera como capa portante un Nivel Compacto, representado por: el nivel 2 de Depósitos aluviales: gravas y gravillas en matriz arenosa de tonos grises con intercalaciones de tramos más limosos o arenosos en su tramo inferior de carácter compacto; nivel 3 de Grava y arena limosa versicolor con intercalaciones de tramos cohesivos y con algunos bolos, y nivel 4 de Esquistos de tonos grisáceos tectonizados y alterados.
- El nivel freático se considera a una cota más desfavorable de 3,50 m.

Los parámetros geotécnicos a considerar:

NIVEL	U.G	PROF INIC.	PROF FINAL	Qp (MPa)	Tf (MPa)
NIVEL 1	SUELTO	0,0	12,0	3,12	28,16
NIVEL 2	COMPACTO	12,0	18,0	19,57	94,13

5 ACCIONES SÍSMICAS

En cumplimiento del Real Decreto 997/2002 de 27 de Septiembre, por el que se aprueba la Norma Sismorresistente: "Parte General y Edificación (NCSE-02)", se considera en el cálculo la posibilidad de aplicar Acciones Sísmicas.

Según el punto 1.2.3. Criterios de aplicación de la Norma, tenemos que la aplicación de esta Norma es obligatoria en las construcciones recogidas en el artículo 1.2.1, excepto:

- En las construcciones de importancia moderada.
- En las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica a_b sea inferior a 0,04 g, siendo g la aceleración de la gravedad.
- En las construcciones de importancia normal con pórticos bien armados entre sí.
- En todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica a_b (art. 2.1) sea inferior a 0,08 g. No obstante, la Norma será de aplicación en los edificios de más de siete plantas si la aceleración sísmica de cálculo, a_c , (art. 2.2) es igual o mayor de 0,08 g.

Por otro lado la **Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07)** indica que:

No será necesaria la consideración de las acciones sísmicas cuando la aceleración sísmica horizontal básica del emplazamiento a_b definida en el apartado 3.4 cumpla:

$$a_b < 0,04 g$$

, donde g es la aceleración de la gravedad.

Tampoco será necesaria la consideración de las acciones sísmicas en las situaciones en que la aceleración sísmica horizontal de cálculo a_c definida en el apartado 3.4 cumpla:

$$a_c < 0,04 g$$

Como no es nuestro caso, es necesaria la aplicación de las acciones sísmicas



LUGAR O ZONA MÁS PROXIMA	Aceleración básica (a _g)	Coefficiente contribución (K)	Coefficiente de riesgo ρ	C: Coeficiente de terreno de cálculo	$a_c = S \cdot \rho \cdot a_g$ Aceleración de Cálculo
Torrox	0,18	1,0	1,3 (p.100 años const. Especial importancia)	1,47	0,256
			1,0 (p.50 años const. Normal importancia)		0,203

SISMO

1. Datos generales

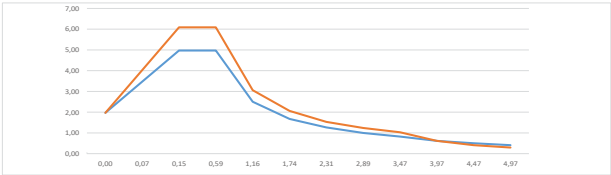
Autonomía	Andalucía
Provincia	Málaga
Municipio	Torrox
Aceleración Sísmica Básica (a _b)	0,18
Coefficiente de contribución (K)	1,00
Clasificación del puente, importancia	Normal
Factor de importancia (γ _i)	1
Definición del terreno (C)	1,47

Edificio	Tipo	Espeor (m)
1	IV	5,00
2	III	5,00
3	II	20,00
4	II	0,00

	SISMO		
	Último	Frecuente	Construcc.
Periodo de Retorno P _r	500	100	15
Factor de importancia (γ _i)	1,0	1,0	1,0
Factor de Periodo de Retorno (γ _{II})	1,0	0,5	0,2
Factor de Riesgo (ρ)	1	0,53	0,25
Coefficiente de Amplificación del Terreno (S)	1,13	1,18	1,21
Aceleración Sísmica de Cálculo (a _c)	0,203	0,111	0,053

Velocidad Máxima del Terreno (V _c)	0,23329	0,06396	0,03068	m/s
Desplazamiento Máximo del Terreno (d _c)	0,10109	0,01386	0,00665	m

Definición del Espectro de Respuesta Elástico	SISMO		
	Último	Frecuente	Construcc.
Periodos de Referencia	TA 0,147	0,073	0,073
	TB 0,587	0,293	0,293
	TC 3,467	1,733	1,733
Tipología del Puente	Homogén amado		
Índice de Amortiguamiento (g)	5	3	3
Factor de Corrección por Amortiguamiento (γ)	1,0000	1,2267	1,2267
Ordenada Espectral Máxima (S _{0,max})	0,5072	0,3412	0,1637



APENDICE 1. ESTUDIO GEOTECNICO



ESTUDIO GEOTÉCNICO

TURISMO Y PLANIFICACIÓN COSTA DEL SOL, S.L.U.

**PROYECTO: PASARELA
DIRECCIÓN: RÍO TORROX
T.M. DE TORROX (MÁLAGA)
FECHA: 1 DE DICIEMBRE DE 2015**



Ref. GT-1850/12/15

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	2
2.	CONTENIDO Y OBJETIVOS	6
3.	TRABAJOS DE CAMPO.....	7
3.1.	ENSAYO DE SONDEO A ROTACIÓN CON EXTRACCIÓN DE TESTIGO CONTINUO	9
3.2.	ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA (DPSH-B).....	13
4.	ENSAYOS DE LABORATORIO	15
5.	ENTORNO GEOLÓGICO	16
6.	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LA PARCELA	18
7.	RESULTADOS DE LABORATORIO	24
8.	NIVEL FREÁTICO Y PERMEABILIDAD	27
8.1.	NIVEL FREÁTICO	27
8.2.	PERMEABILIDAD DEL TERRENO	28
9.	SISMICIDAD	29
9.1.	PARÁMETROS SÍSMICOS DE CÁLCULO	34
10.	AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN DE CIMENTACIÓN	36
10.1.	DEFINICIÓN DE AMBIENTE DE EXPOSICIÓN	38
11.	ESTUDIO DE LA CIMENTACIÓN	40
11.1.	TIPOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN PREVISTA	40
11.2.	PRINCIPALES CONDICIONANTES	41
11.3.	RECOMENDACIÓN DE CIMENTACIÓN	43
11.4.	INTRODUCCIÓN TEÓRICA SOBRE EL CÁLCULO DE HUNDIMIENTO DE PILOTES IN SITU SEGÚN NTE-CPI	62
11.5.	RESISTENCIA ESTRUCTURAL DE PILOTES SEGÚN DB-SE-C (CTE)	82
11.6.	RESUMEN Y CONCLUSIONES	85
11.7.	CONSIDERACIONES GENERALES Y CONDICIONES CONSTRUCTIVAS	89
12.	ANEXOS	97
12.1.	PLANO DE SITUACIÓN DE ENSAYOS	98
12.2.	ACTAS DE CAMPO: ENSAYOS DE SONDEOS ROTATIVOS VERTICALES CON EXTRACCIÓN CONTINUA DE MUESTRAS Y ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (S.P.T.)	99
12.3.	ACTAS DE LABORATORIO: ENSAYOS DE MUESTRAS DE SUELOS Y AGUAS	100
12.4.	REPORTAJE FOTOGRÁFICO	101

Pl. Alh. de la Torre Fase IV - C/ Doña Carmen, H-11 - (T-6 B-160) C.P. 29130 - Alhaurín de la Torre (MÁLAGA)
Telf. 952 417065 - Fax. 952 426770 www.geosand.com geosand@geosand.com

Inscrito en el Registro Mercantil de Málaga, Tomo 3136, Libro 2049, Folio 170, Sección 8
CIF B-18606962



1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Peticionario y Situación

Peticionario	TURISMO Y PLANIFICACIÓN COSTA DEL SOL, S.L.U.
Localización	Río Torrox
Zona o sector	Torrox
Término municipal	Torrox
Provincia	Málaga
Coordenadas Geográficas (GPS - Datum WG S84)	Latitud: 36°43'36.35"N Longitud: 3°57'23.26"O

La zona estudiada se encuentra junto al faro de Torrox (→“Punta de Torrox”), en la desembocadura del Río Torrox.



Sondeo rotativo S-1
UTM 30 ED50
X: 414672
Y: 4065280

Sondeo rotativo S-2
UTM 30 ED50
X: 4147887
Y: 4065280

Antecedentes Geológicos

Presencia de rellenos	Se ha detectado la presencia de rellenos de espesor importante (hasta 4,60 metros) en el sondeo rotativo S-1 formados por mezclas de cantos líticos poligénicos, arenas policrómicas, alguna pasada arcillosa y restos antrópicos. No se ha reconocido la presencia de rellenos en el sondeo S-2 (margen izquierda)
Proximidad de cauce	Los ensayos se han realizado a ambas márgenes del río Torrox
Tipos de suelos (resumen)	El sustrato reconocido en los ensayos consta de un primer nivel (nivel 1) de rellenos de espesor importante en la margen derecha, por ser una zona elevada y urbanizada, cuyo espesor alcanza los 4,60 metros en S-1. En la margen izquierda no se detectan rellenos. El sustrato está fundamentalmente compuesta por una serie aluvial potente de arenas, arenas con gravas y gravas arenosas en distintas capas o tramos, que en conjunto se agrupan como nivel 2. La base de esta serie aluvial se reconoció a 23,00 metros en S-1 y 16,90 metros en S-2. Finalmente se reconoce un nivel de base (nivel 3) o sustrato plioceno formado por arenas finas limoarcillosas, arcillas limo-arenosas y limos arcillo-arenosos finos, de baja plasticidad, de aspecto homogéneo y coloración predominante verdosa a verdosa clara
Topografía	El ensayo realizado en la margen derecha está bastante elevado (unos 5 metros respecto al cauce, debido a la



	urbanización de esta zona), mientras que el ensayo S-2 se encuentra a una cota relativamente inferior, suponemos unos 1,5 metros aproximadamente sobre la cota del cauce
Existencia de nivel freático	Se ha detectado un nivel de agua freática bastante estable a una profundidad de 6,10 metros en S-1 y de 3,50 metros en S-2
Karstificaciones	No se producen en este tipo de terrenos
Suelos blandos	No se han reconocido en las pruebas realizadas
Expansividad	No se produce en este tipo de terrenos
Agresividad	No. Ambiente de exposición IIa para hormigones de cimentación

Documentación aportada

Archivo informático con extensión pdf denominado "INFOGRAFIA TORROX-1" que contiene una infografía montada sobre una fotografía panorámica realizada desde la margen izquierda

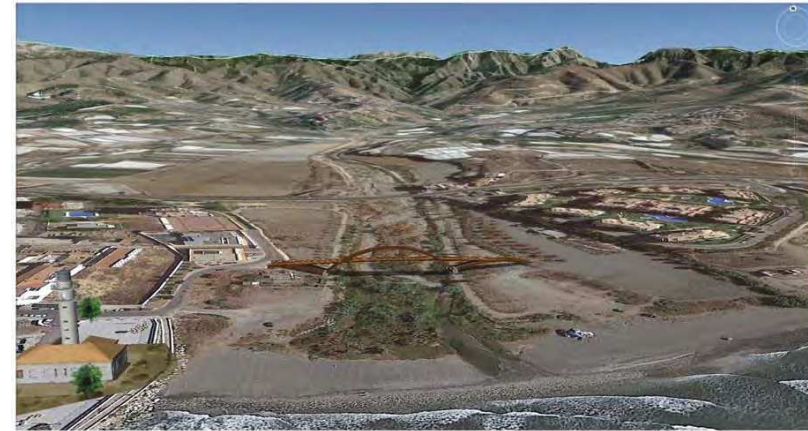
Archivo informático con extensión pdf denominado "INFOGRAFIA TORROX_2" que contiene cuatro infografías de la pasarela

Archivo informático con extensión pdf denominado "RioTorrox" que contiene un plano topográfico con indicación de emplazamiento de la futura pasarela

Archivo informático con extensión pdf denominado "RioTorrox_Ortofotos" que contiene un plano de emplazamiento de la futura pasarela sobre una ortofoto actual de la zona

Tipo de construcción

Se trata de una pasarela de estructura en madera con dos estribos y dos pilas intermedias (total cuatro apoyos), con dos apoyos por cada margen. La longitud total de la pasarela es de 112 metros y un ancho de 3 metros.



2. CONTENIDO Y OBJETIVOS

El reconocimiento geotécnico de la parcela trata de establecer las siguientes finalidades:

- Describir la **naturaleza geológica** de los materiales existentes en el solar, así como sus propiedades y características geotécnicas que sean de interés para el proyecto.
- Realizar una **propuesta de cimentación** conforme al tipo de estructura proyectada, tratando de establecer distintas opciones cuando esto sea posible, así como las posibles ventajas e inconvenientes de las propias recomendaciones.

3. TRABAJOS DE CAMPO

La elaboración de un reconocimiento o estudio geotécnico requiere de la ejecución de distintos ensayos “in situ” que permitan conocer los tipos de suelos presumiblemente afectados por la tipología de estructura prevista, así como sus principales características geotécnicas. Los objetivos de la esta fase de investigación *in situ* incluyen:

- Localización y espesor de los distintos niveles o tramos del suelo.
- Determinar la existencia y posición del nivel freático.
- La adquisición de muestras alteradas o inalteradas del suelo existente.

Los trabajos de campo pueden definirse fundamentalmente en tres tipos:

- 1) Visita de un técnico especializado para la **obtención de datos y observaciones** de las características de la parcela, de las construcciones anexas, definir los puntos de ensayo más adecuados, etc.
- 2) Realización de ensayos geotécnicos encaminados a reconocer la litología del suelo, tales como **sondeos o calicatas**. En dichos ensayos se toman muestras del suelo (alteradas o inalteradas) para su análisis en laboratorio. El número y cantidad de muestras depende de la complejidad o variabilidad del suelo y de las dimensiones de la parcela, así como los parámetros principales y geotécnicos del suelo requeridos en proyecto.
- 3) Realización de ensayos encaminados a tomar datos directos o indirectos que nos indiquen los parámetros geotécnicos del suelo. Algunos de estos ensayos son: **penetración dinámica continua** (Borros o DPSH), **penetración estándar** (S.P.T.), **perfiles sísmicos de refracción**, tomografías, etc.



Geosand se encuentra autorizada para la realización de estos ensayos conforme a Decreto 67/2011, de 5 de abril, por el que se regula el control de calidad de la construcción y obra pública en Andalucía. Para tal actividad se encuentra inscrita en el Registro de Laboratorios de Ensayos de Control de Calidad de la Junta de Andalucía con el número AND-L-070.

En el caso de la parcela que nos ocupa se han llevado a cabo los siguientes ensayos “in situ”:

ENSAYOS IN SITU	Nº de Ensayos	Profundidad (m)
Ensayos de sondeo	2	21,45-24,15
Ensayos de penetración normal o estándar (S.P.T.)	15	

A continuación nos ocupamos de explicar brevemente la tipología, forma de trabajo y fundamento de cada uno de los ensayos de campo:

3.1. ENSAYO DE SONDEO A ROTACIÓN CON EXTRACCIÓN DE TESTIGO CONTINUO

Son perforaciones de diámetros y profundidad variables que permiten reconocer la naturaleza y localización de las diferentes unidades geotécnicas del terreno, así como extraer muestras del mismo y, en su caso, realizar ensayos a diferentes profundidades. Deben utilizarse en los casos indicados y cuando el estudio geotécnico requiera:

- llegar a profundidades superiores a las alcanzables con catas
- reconocer el terreno bajo el nivel freático
- perforar capas rocosas, o de alta resistencia
- extraer muestras inalteradas profundas
- realizar pruebas de deformabilidad o resistencia de tipo presiométrico, molinete, penetración estándar, etc.
- tomar muestras de acuíferos profundos o realizar ensayos de permeabilidad in situ
- determinar valores índices de la roca en macizos rocosos
- detectar y controlar las variaciones del nivel freático, para lo cual se instalarán tubos piezométricos en un número de sondeos suficiente, como mínimo un 30% para que dicho control sea fiable.

Los sondeos a rotación, mediante baterías simples, dobles o especiales podrán utilizarse en cualquier tipo de terreno, siendo necesario utilizarlos cuando el terreno a reconocer sea un macizo rocoso o exista alternancia de capas cementadas duras con otras menos cementadas. También deben interpretarse con cuidado los testigos extraídos de rocas blandas que pueden fragmentarse excesivamente por efecto de la rotación.

Existen varios tipos de sondeos aunque los más aptos en geotecnia son los de rotación con coronas de widia y diamante, permitiendo recuperar un alto porcentaje de material con una alteración mínima.



El método se basa en una corona giratoria cortante con un hueco central, sobre la que va situada la batería, que es un tubo hueco de entre 1,5 a 3 metros de longitud donde se aloja el testigo de muestra.



A medida que se perfora sobre suelos sin cohesión pueden ocurrir desprendimientos de material de las paredes del sondeo. Para evitar este fenómeno se tiende revestir el pozo con una tubería de diámetro mayor a la batería de perforación. Otro método de revestimiento es la utilización de lodos o polímeros capaces de cementar las paredes. Éstos son aditivos que se añaden al agua de refrigeración y lubricación utilizada en los sondeos. La utilización de determinados químicos y aditivos en fluidos de perforación han de tomarse con precaución y conocimiento ya que pueden producir una alteración de los materiales y conducir a errores.

SPT (Ensayo de Penetración Estándar o Normal):

Este ensayo es uno de los más antiguos y comunes en geotecnia, y se encuentra normalizado según UNE 103-800-92.

Una vez perforado el sondeo a la profundidad deseada se inserta el tomamuestras, que es un tubo hueco de acero bipartido, el cual está conectado a través del varillaje a una maza de 63,5 Kg. El ensayo consiste en calcular el índice N_{30} (o N_{SPT}), que es el número de golpes necesarios para que dicho tomamuestras penetre 300 mm al dejar caer la maza desde una altura de 760 mm.

Para este ensayo es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- 1) Anotar el número de golpes necesario para penetrar 150 mm en 3 tramos, desechando el primer tramo (debido a la posible alteración en el fondo del sondeo por los procesos de perforación).
- 2) El final del ensayo por “rechazo” normalizado se produce cuando se alcanzan más de 50 golpes para un intervalo de 150 mm o 100 golpes en total (N_{30}).

Una vez hincados los primeros 3 tramos de 150 mm procedemos a la extracción de la muestra para su análisis. Después se perfora otra vez hasta llegar a una nueva profundidad de interés y repetir el ensayo de SPT. Cuando este ensayo esté previsto sobre una roca dura se utilizará una puntaza ciega cónica.

A continuación exponemos distintas tablas que representan distintas correlaciones del valor de N_{SPT} con parámetros tales como q_u (resistencia a compresión simple), E (módulo de elasticidad), ϕ (ángulo de rozamiento interno), q_c (resistencia por punta a la penetración con CPT), y compacidad/consistencia del terreno.

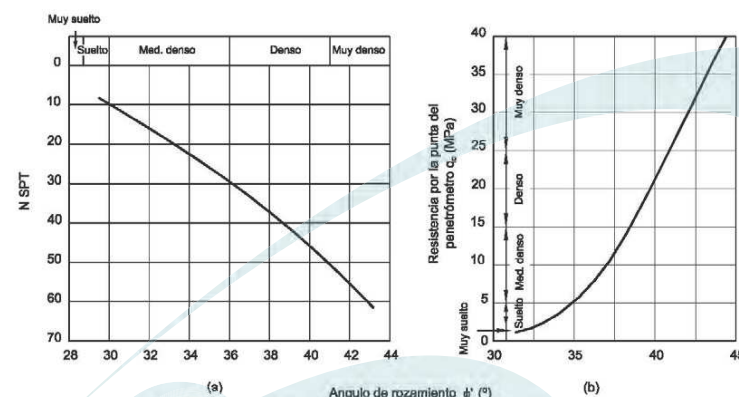


Figura D.1. Correlación entre los ensayos SPT y CPT con el ángulo de rozamiento interno efectivo en suelos granulares



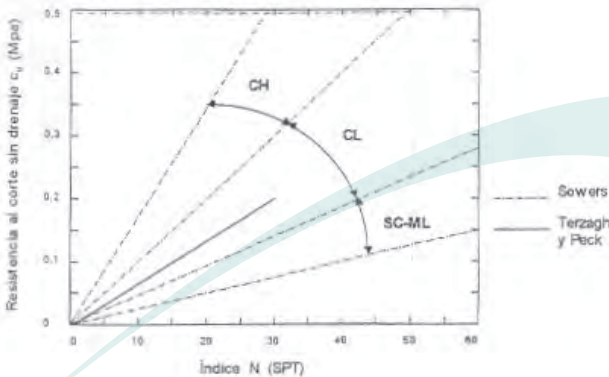
SUELO COHESIVO		SUELO GRANULAR	
N ₃₀	Consistencia	N ₃₀	Compacidad
0-2	Muy Blanda	0-3	Muy Suelta
3-5	Blanda	4-10	Suelta
6-15	Media	11-30	Media
16-25	Firme	31-50	Compacta o Densa
>25	Dura	50	Muy Compacta o Muy Densa

(Sanglerat, 1967, Manual de Taludes)

Tabla D.23. Valores orientativos de N_{SPT}, resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad de suelos

Tipo de suelo	N _{SPT}	q _u (kN/m ²)	E (MN/m ²)
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0 - 80	< 8
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	8 - 40
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	40 - 100
Suelos compactos o duros	50 - Rechazo	300 - 500	100 - 500
Rocas blandas	Rechazo	500 - 5.000	500 - 8.000
Rocas duras	Rechazo	5.000 - 40.000	8.000 - 15.000
Rocas muy duras	Rechazo	> 40.000	> 15.000

En el caso de Sowers y Terzagui & Peck, utilizan el valor de N_{SPT} para obtener mediante correlación la resistencia al corte sin drenaje Cu de terrenos cohesivos.



3.2. ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA CONTINUA (DPSH-B)

La prueba de penetración dinámica superpesada (DPSH-B) (UNE-EN ISO 22476-2) tiene como objetivo fundamental realizar una medida indirecta y continua de la resistencia o deformabilidad del suelo a distintas profundidades, mediante correlaciones empíricas habituales. Estos ensayos deben complementarse con otros ensayos de tipo directo (sondeos o calicatas), que reconozcan la naturaleza del suelo.

Físicamente consiste en la hincas de una punta o puntaza de forma cónica cilíndrica con un ángulo de 90°. El cono podrá ser perdido o recuperable. Este cono se inserta en el extremo de un varillaje de acero macizo que se utiliza para transmitir la energía de golpeo desde la cabeza del mismo. La energía es generada por la caída libre de una maza de cuerpo de acero de 63,5 kg de masa desde una altura de 750 mm.

Características del varillaje
d _r Diámetro exterior (máx.) = 33mm ± 2 mm
m Masa (máx.) = 8 kg/m
Desviación de la barra en los 5 m inf. = 0,1 %
Desviación de la barra en el resto = 0,2 %



Características del cono (tipo 2)	Características del dispositivo de golpeo
A Área nominal de la sección = 20 cm ²	Maza: Masa = 63,5 kg ± 0,5 kg
D Diámetro (nuevo) = 50,5 mm ± 0,5 mm	Relación altura L _m al diám. D _m = 1 ≤ L _m /D _m ≤ 2
Longitud punta cónica = 25,3 mm ± 0,4 mm	Altura de caída = 750 mm ± 10 mm
L Longitud camisa cilíndrica = 51 mm ± 2 mm	Cabeza: Diámetro d _c = 50 mm < d _c < 0,5 D _m
Desgaste máx. permisible de la punta = 5 mm	Masa máx (barra guía inc.) = 30 kg

Con el fin de que no haya habido perturbaciones en el punto de ensayo, éste debe distanciarse por lo menos metro y medio de cualquier otro punto ya ensayado, y



en el caso de existir sondeos previos, la separación deberá ser de al menos 25 diámetros. El golpeo se efectuará con una frecuencia comprendida entre 15 y 30 golpes por minuto, registrando el número de golpes necesarios para introducir en el terreno el cono cada intervalo de 20 centímetros. Este número de golpes se anotará como N_{20} .

En la siguiente tabla se muestran las clasificaciones de consistencia y compacidad para suelos basadas en el ensayo de penetración dinámica “superpesado”:

Nº de golpes por 20 cm (N_{20})	Consistencia de Suelos Cohesivos	Nº de golpes por 20 cm (N_{20})	Compacidad de Suelos Granulares
0-2	Muy Blanda	0-2	Muy Suelta
2-4	Blanda	2-5	Suelta
4-10	Media	5-15	Media
10-15	Firme	15-25	Compacta o Densa
>15	Dura	>25	Muy compacta

4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras son porciones representativas del terreno que conservan algunas o la totalidad de las propiedades del mismo y que se extraen para su identificación organoléptica y su posterior ensayo en laboratorio.

Las muestras inalteradas son aquellas que implican una metodología de toma que pretende guardar las características originarias de la misma. Normalmente se obtienen mediante maquinaria de sondeo, aunque de manera menos habitual pueden tomarse en ensayos de calicatas mediante la utilización de tubos de PVC hincados en el suelo y protegidos en sus extremos para evitar la pérdida de humedad.

Las muestras de suelo tomadas en la parcela que estudiamos en este informe han sido analizadas en laboratorio con la finalidad de realizar su caracterización.

Geosand se encuentra autorizada para la realización de estos ensayos conforme a Decreto 67/2011, de 5 de abril, por el que se regula el control de calidad de la construcción y obra pública en Andalucía. Para tal actividad se encuentra inscrita en el Registro de Laboratorios de Ensayos de Control de Calidad de la Junta de Andalucía con el número AND-L-070.

Los ensayos realizados sobre muestras han consistido en:

Ensayos Elementales	Nº de ensayos
Granulometría por Tamizado (UNE 103101:1995)	16
Límite Líquido del Suelo-Casagrande (UNE 103103: 1994)	16
Límite Plástico del Suelo-Casagrande (UNE 103104: 1993)	16
Ensayos Químicos	
Análisis químico de agua para agresividad (EHE)	1
Sulfatos Solubles en Suelos (UNE 83963: 2008)	5
Acidez de Baumann-Gully (UNE 83962: 2008)	5



5. ENTORNO GEOLOGICO

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1 : 50.000

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

VELEZ-MALAGA

1.054
18-44



NEOGENO Y CUATERNARIO

CUATER.	HOLOCENO	Qcd	QAI	QL	Qs
	PLEISTOCENO	T2-Q			
	PLIOCENO	T2-as			

Qs Arenas de playa
QL Derrubios y pie de ladera
QAI Aluviales
Qcd Conos de deyección
T2-Q Conglomerados y limos rosados
T2-as Areniscas conglomeradas, limos y arcillas
T2-vu Conglomerados poco cementados, arenas amarillas y limos

UNIDAD DE BENAMOCARRA (DE AFINIDAD ALPUJARRIDE)

PALEO.	ξ-a
--------	-----

ξ-a Esquistos oscuros con estaurolita, granate y andalucita
Fe Diques de diabasas

ALPUJARRIDES UNIDAD DE SAYALONGA (MANTO DE LOS GUAJARES)

PALEOZOICO	TRIASICO	Δ ^a	ξ ^a	ηξ ^{vu}	ηξ ^{vs}	ψ	Δ ^b	ξ ^v
	PALEOZOICO							

Δ^a Mármoles con biotita generalmente
ξ^a Esquistos biotíticos con andalucita y granate hacia la parte inferior
ηξ^{vu} Esquistos negros grafitosos con estaurolita y andalucita
ηξ^{vs} Esquistos negros grafitosos con sillimanita y muy raramente cianita.
ψ Migmatitas y gneises migmatíticos
Δ^b Mármoles intercalados
ξ^v Augengneiss de aspecto granitoide (Gneis de Torróx)

