

# INFORME TÉCNICO

VALORACIÓN DE LA CIMENTACIÓN DE UN EDIFICIO DE  
GRAN ALTURA DESTINADO A USO HOTELERO EN LA  
PLATAFORMA DEL DIQUE DE LEVANTE

PUERTO DE MÁLAGA



FEBRERO 2018



## INDICE

1. INTRODUCCIÓN
  - 1.1 OBJETO DEL INFORME
  
2. EMPLAZAMIENTO Y CONDICIONES URBANÍSTICAS
  - 2.1 EMPLAZAMIENTO
  - 2.2 CONDICIONES URBANÍSTICAS
  
3. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO
  - 3.1 GEOLOGÍA
  - 3.2 GEOTÉCNIA
  - 3.3 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO
  
4. CIMENTACIÓN
  
5. JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CIMENTACIÓN Y MUROS PROPUESTOS
  - 5.1 CERRAMIENTO PERIMETRAL. SOSTENIMIENTO DE RELLENOS EN PARKING Y LOSA DE CIMENTACIÓN. COSTES ESTIMADOS.
  - 5.2 CIMENTACIÓN TORRE. COSTES ESTIMADOS.
  
6. RESUMEN VALORACIÓN ECONÓMICA TOTAL CIMENTACIÓN.
  
7. CONCLUSIONES
  
8. ANEXOS.
  - PLANO PLANTA PARCELA
  - COMPROBACIÓN PANTALLA
  - COMPROBACIÓN LOSA PILOTADA



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. OBJETO DEL INFORME

Se redacta el siguiente informe, con fin de realizar una valoración aproximada del coste de ejecución de la cimentación necesaria que garantice una respuesta resistente frente a las acciones solicitantes sobre un terreno que soporte las cargas de un edificio de gran altura (max 150m) y área comercial destinado a uso hotelero en la Plataforma del dique de levante del Puerto de Málaga, como parte del documento de viabilidad exigido en los trámites urbanísticos requeridos por el Ayuntamiento.

Se ha recopilado documentación técnica y geológica de la zona en cuestión, así como de las infraestructuras realizadas en las proximidades de la misma y otras de similares características arquitectónicas que aportan veracidad y soporte a dicho informe.

## 2. EMPLAZAMIENTO Y CONDICIONES URBANÍSTICAS

### 2.1. EMPLAZAMIENTO

La parcela de referencia se encuentra dentro de los límites del Puerto de Málaga situado en la ciudad de Málaga resguardado por la bahía natural, a  $4^{\circ}25'$  O y  $36^{\circ}43'$  N. Tiene forma triangular y topografía suave, se sitúa en la plataforma del Dique de Levante en la prolongación del Andén de acceso a dicho Dique, justo frente a la Estación Marítima de Cruceros y tiene una superficie de  $17.610 \text{ m}^2$ . Limita al norte con el nuevo Puerto Deportivo del Club Mediterráneo, al oeste con el andén de acceso al Dique de Levante y finalmente al este con el espaldón del dique de abrigo de Levante.



Fig-1



## 2.2. CONDICIONES URBANÍSTICAS

La parcela se rige por la normativa urbanística aplicable recogida en el Plan General de Ordenación Urbana de la ciudad de Málaga (PGOU) y el Plan Especial del Sistema General del Puerto de Málaga aprobado en junio de 2010, donde queda enmarcada como Parcela E, en la ACTUACIÓN 2 dentro del SECTOR Nº2 DENOMINADA Plataforma del Morro.

El uso de la parcela está destinada a la construcción de un hotel, de altura máxima 150m, con una planta sótano -1, para aparcamientos, que ocupara el 100% de la huella del complejo.

## 3. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO.

### 3.1. GEOLOGÍA

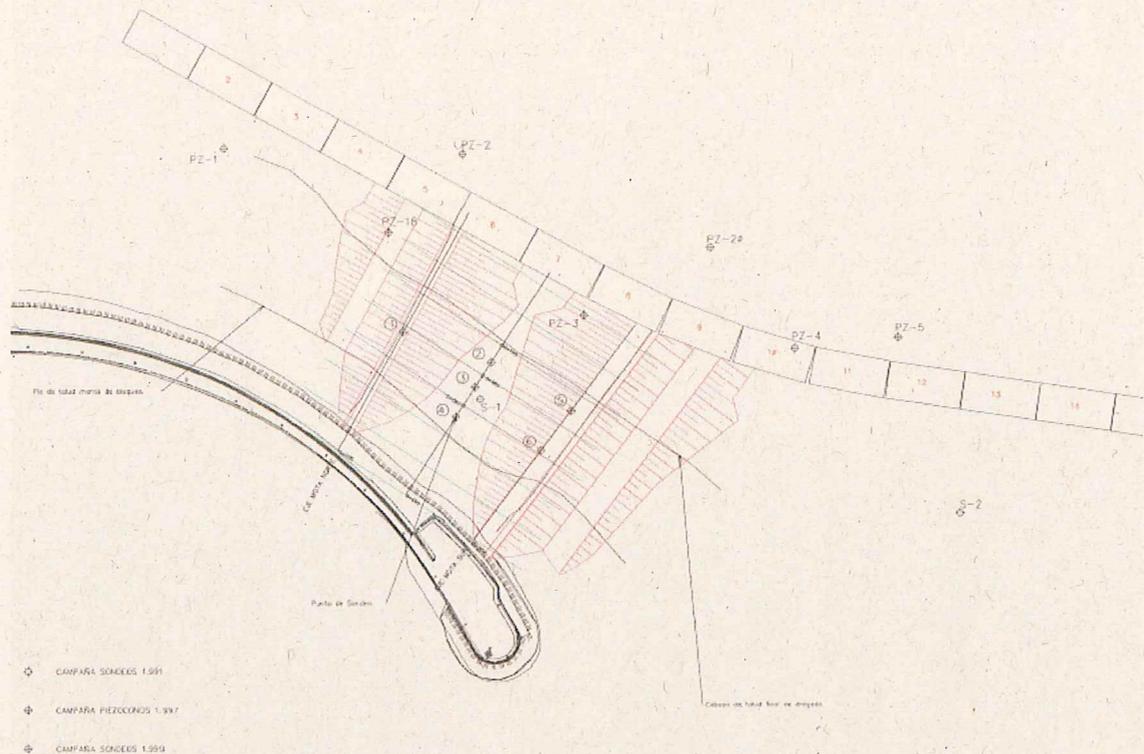
Los terrenos donde se prevé ejecutar el edificio, corresponden a un relleno realizado en el año 2002, entre el primitivo Dique de Levante del Puerto y el nuevo dique "Prolongación Dique de Levante", dando origen lo que hoy día se conoce como la Plataforma del Morro.

Estos rellenos se realizaron con material heterogéneo (procedente de vaciado de solares y excavaciones), vertido directamente sobre el fondo marino. Posteriormente se realizó una precarga sobre la explanada generada, con el objeto de acelerar la consolidación de la capa de fangos situada bajo el relleno, tal y como podemos observar en el plano de perfil geotécnico adjunto Fig-3.

### 3.2. GEOTECNIA

Se llevaron a cabo varias campañas geotécnicas en la zona, con el objetivo de obtener información sobre el terreno existente, como podemos observar en plano adjunto Fig-2, y que paso a enumerar:

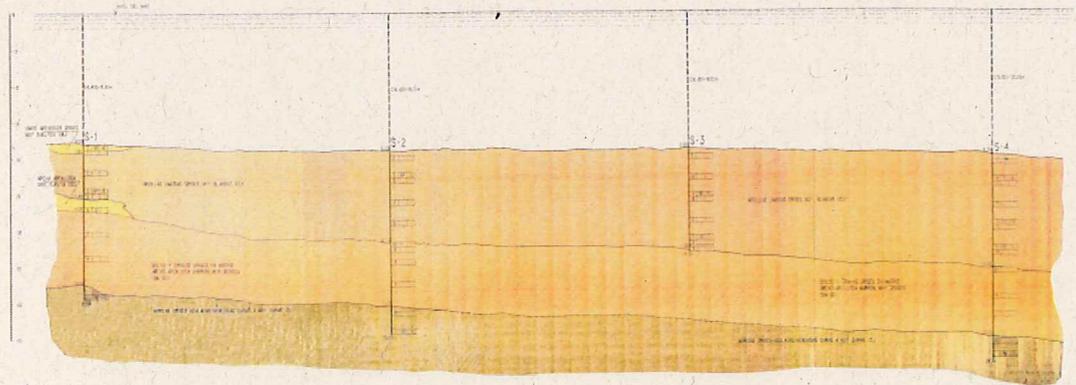
- 3 Sondeos rotativos en la campaña de 1991
- 6 Sondeos rotativos en la campaña de 1999
- 5 Piezoconos en la campaña de 1997



PLANO PLANTA SONDEOS fig2

### 3.3. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

Con el resultado obtenido en ensayos realizados en las diferentes campañas se pudo obtener un perfil geotécnico de la zona y emitir los informes geotécnicos en los que se basa este informe.



PLANO PERFIL GEOTÉCNICO fig3



Como podemos observar en el perfil geotécnico obtenido, salvo en el sondeo S1 se, que aparecen algo de arenas, en el resto se aprecian claramente tres niveles de estratos bien diferenciados:

- Nivel 1. Entre las cotas -18 y -27 (Limos arenosos grisáceos)
- Nivel 2. Entre las cotas - 27 y -37 (Bolos y gravas con arcillas y arenas heterogéneas)
- Nivel 3. A partir de la cota -37 (Arcillas margosas grises azuladas)

#### **4. CIMENTACIÓN.**

Las opciones de cimentación más comunes para edificios altos de estas características son las losas compensadas, las piloteadas o la combinación de ellas. Muchos rascacielos se construyen con losas peraltadas y también se utiliza la losa de cimentación en combinación con pilotes que, en conjunto, satisfacen los criterios de capacidad de carga y de asentamientos.

Como hemos podido observar anteriormente, los dos primeros estratos por su composición, presentan una baja capacidad portante que los hace incompatibles con la posibilidad de ejecutar un sistema de cimentación de tipo superficial, es el cuarto estrato el que presenta la suficiente capacidad portante para las cargas que a priori se van dar, lo que implica la realización de un sistema de cimentación de tipo profundo mediante la ejecución de pantallas y pilotes "in situ" con sus correspondientes encepados y arriostrados en dos direcciones ortogonales mediante una losa maciza enrasada superiormente con los encepados conforme a los criterios de diseño definidos en la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02.

Con las características de terreno anteriormente analizadas, los pilotes tendrán su principal capacidad portante frente al hundimiento en el terreno, en la resistencia por punta en el estrato de las margas azules que aparece en el fondo de los sondeos realizados a una profundidad aproximada de 37-40m; será importante disponer de una longitud de empotramiento tal que permita movilizar toda la resistencia por punta considerada en los cálculos, que se estima del orden de 8 veces el diámetro del pilote o el espesor de la pantalla.

Los elevados valores de las cargas verticales que un edificio de estas características transmite a la cimentación, hace necesario tener en cuenta posibles efectos locales de consolidación del terreno, así como la posible repercusión de los acortamientos de los pilotes, los cuales deberán de ser analizados y la presencia de asientos debidos al rozamiento negativo motivado por la consolidación de la capa de limos y arcillas fangosas.



La existencia del nivel freático próximo al nivel de la posible planta baja prevista y la reducida capacidad portante del terreno en superficie hace necesaria la ejecución de muro pantalla perimetral en toda la huella del edificio.

Con la ejecución de muros pantalla se garantiza evitar daños en los viales e infraestructuras existentes, motivados por los taludes consecuencia de la excavación de la planta o plantas sótano.

Dependiendo de las condiciones finales de ejecución de los muros pantalla, se deberá valorar la necesidad de colocación de anclajes activos provisionales para el arriostramiento frente a los empujes horizontales del terreno, teniendo en cuenta la interferencia con las estructuras existentes (Cajones Dique).

## 5. JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CIMENTACIÓN Y MUROS PROPUESTOS.

Como hemos determinado anteriormente la cimentación de la obra deberá ser del tipo profundo mediante encepados de pilotes o pantallas ejecutados "in situ" arriostrados en dos direcciones ortogonales mediante losa armada maciza enrasada superiormente con los encepados.

Dependiendo de las cargas transmitidas por la estructura, se definirá el diámetro de los pilotes y el número a poner en cada caso. Como no disponemos del dato correspondiente a las cargas totales tanto de la torre como del posible edificio comercial adjunto en cuestión, hemos tomado como referencia unos valores estimativos obtenidos a partir de edificios ya ejecutados de similares características al que nos compete.

### 5.1. CERRAMIENTO PERIMETRAL. SOSTENIMIENTO DE RELLENOS EN PARKING Y LOSA DE CIMENTACIÓN. COSTES ESTIMADOS.

Llevar a cabo la ejecución del muro pantalla perimetral de 1,00m de espesor, cimentada a la cota -48,00m en un perímetro de 524m, supondría un coste aproximado de:

Coste pantalla = $(48 \times 524) \times 225 \text{ €/m}^2 =$	5.659.200€
Coste acero pantalla = $(48 \times 524) \times 50\text{kg/m}^3 \times 0.9\text{€/kg} =$	1.131.840€
Arriostramiento Metálico= Alquiler 6meses=	<u>300.000€</u>
	<b>7.091.040€</b>



Debido a la profundidad de cimentación de los pilotes y a la esbeltez de los mismos, estos podrían ser de 1,5m de diámetro e irían cimentados a la cota -40,00m, profundidad a la que se encuentra el estrato competente de arcillas margas azuladas, a los que habría que sumar los 8 diámetros considerados de empotramiento, lo que supondría una cota final de cimentación -52,00m. Si tomamos una malla de reparto de cimentación de 9x9 m o 10x10m para la zona de la planta de sótano -1, sobre una superficie considerada de 12.870m<sup>2</sup> de la parcela, necesitaríamos aproximadamente 165 pilotes, de los cuales 40 irían unidos por encepados de dos elementos cada uno y que formarían parte del apoyo de la estructura la planta baja del edificio comercial adjunto a la torre.

#### Datos:

Cuadrícula de 10x10m

Nº de pilotes  $\varnothing$  1,5m=165ud

Nº de encepados de dos elementos= 20ud (Edificio Comercial)

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{pilotes}} &= 165\text{ud} \times 600\text{€/ud} \times 48\text{m} = & 4.752.000\text{€} \\ \text{Coste}_{\text{encepados}} &= 20\text{ud} \times 3000\text{€/ud} = & \underline{60.000\text{€}} \\ & & \mathbf{4.812.000\text{€}} \end{aligned}$$

Dada la necesidad de arriostrar los elementos de cimentación frente a la acción sísmica y la presencia del nivel freático próximo a la cota de rasante de la parcela el forjado de la planta sótano se podrá resolver con la ejecución de una losa maciza de hormigón armado, teniendo en cuenta para su dimensionamiento las cargas gravitatorias transmitidas por la estructura y la subpresión correspondiente al agua freática situada inferiormente de un espesor aproximado de 0,9m.

$$\text{Coste}_{\text{losa}} = 12.870 \times 0,9 \times 150\text{€/m}^3 = \mathbf{1.737.450\text{€}}$$

$$\mathbf{\text{COSTE TOTAL Pantalla, pilotes y losa} = 7.091.040 + 4.812.000 + 1.737.450 = 13.640.490\text{€}}$$

## 5.2. CIMENTACIÓN TORRE

Para la zona de cimentación correspondiente a la torre de gran altura, hemos optado por una planta de forma elíptica formada por dos anillos concéntricos y se ha considerado la posibilidad de ejecutar una cimentación profunda con pantallas de 1m de espesor, para cada uno de ellos, cimentadas a la cota - 52m, coincidente con el estrato de margas azuladas, arriostradas en su coronación, mediante una losa maciza de hormigón armado de un espesor de 2,0 m.

Coste Pantalla Anillo Exterior.-

$$\text{Pantalla}_{\text{ext}} = 113\text{m} \times 44\text{m} \times 225\text{€/m}^2 = 1.118.700,00\text{€}$$

$$\text{Acero}_{\text{Pantalla}} = 4.972\text{m}^2 \times 1\text{m} \times 50\text{Kg/m}^2 \times 0.9\text{€/Kg} = \underline{223.740,00\text{€}}$$

$$1.342.440,00\text{€}$$

Coste Pantalla Anillo Interior.-

$$\text{Pantalla}_{\text{int}} = 52,46\text{m} \times 44\text{m} \times 225\text{€/m}^2 = 519.354,00\text{€}$$

$$\text{Acero}_{\text{Pantalla}} = 2.308,41\text{m}^2 \times 1\text{m} \times 50\text{Kg/m}^2 \times 0.9\text{€/Kg} = \underline{103.870,80\text{€}}$$

$$623.224,80\text{€}$$

Coste Losa.-

$$\text{Losa} = 989\text{m}^2 \times 2\text{m} \times 300\text{€/m}^2 = 593.400,00\text{€}$$

$$\text{COSTE TOTAL Cimentación Torre} = 1.342.440 + 623.224,80 + 593.400 = 2.560.000\text{€}$$

**6. RESUMEN VALORACIÓN ECONÓMICA TOTAL CIMENTACIÓN.**

El coste estimado para la ejecución de la cimentación ascendería a la cantidad de diecinueve millones doscientos setenta y ocho mil quinientos ochenta y tres euros (19.278.583,00€), iva excluido

$$\text{COSTE TOTAL Pantalla, pilotes y losa} = 13.640.490,00\text{€}$$

$$\text{COSTE TOTAL Cimentación Torre} = \underline{2.560.000,00\text{€}}$$

$$\text{TOTAL PEM} = 16.200.490,00\text{€}$$

$$\text{BI(6\%)} + \text{G.G(13\%)} = \underline{3.078.093,00\text{€}}$$

$$\text{PRESUPUESTO LICITACIÓN} = 19.278.583,00\text{€}$$



## 7. CONCLUSIONES.

Con los medios y documentación disponibles entendemos que se ha realizado una valoración estimada del coste de ejecución de la cimentación necesaria para la construcción de un hotel de gran altura en unos terrenos ganados al mar que forman la plataforma del Dique de Levante.

Decir que para los cálculos estimativos del diseño de la cimentación realizados en este proceso se ha usado software geotécnico (GEO5), con el que sea podido comprobar la eficacia del diseño planteado.

Se han tenido en cuenta todas aquellas partidas presupuestarias de cierto peso para llevar a cabo una cimentación de las características que un edificio de este tipo requiere, sin entrar a valorar otras partidas de menor peso pero que afectarán al presupuesto final una vez redactado el proyecto de ejecución definitivo como son; el sistema de anclajes en caso de ser necesario, el armado de las armaduras de espera de la estructura y tal vez el más relevante, el movimiento de tierras asociado al vaciado de la planta sótano -1,

Por tanto, creemos haber conseguido un documento justificativo de las actuaciones a realizar, así como del coste estimativo en la ejecución.

Lo que pongo en conocimiento a los efectos oportunos.

Málaga, 07 de febrero de 2018

Por el Jefe de División de Proyectos y Obras

  
Fdo.: Francisco José Martín Pérez