



Anejo nº 6

ESTUDIO DE ALCANCE DE MAREAS



Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino

Dirección General de Sostenibilidad
de la Costa y del Mar

Demarcación de Costas en
Andalucía-Atlántico.Cádiz



TOMA DE DATOS SOBRE ALCANCE DE MAREAS
EN LA MARISMA DE BARBATE
T.M. DE BARBATE Y VEJER DE LA FRONTERA
(CADIZ)



Junio 2.008
PENTIA Ingenieros



**ESTUDIO SOBRE ALCANCE DE MAREAS EN LA MARISMA DE
BARBATE, T.T.M.M DE BARBATE Y VEJER DE LA FRONTERA
(CÁDIZ)**



1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	2
1.2. LAS MARISMAS EN EL DPMT.....	2
1.3. ORIGEN DE LAS MAREAS	4
1.4. PROPAGACIÓN DE LA ONDA DE MAREA.....	7
1.5. COTA DE INUNDACIÓN.....	8
1.6. INFORMACIÓN UTILIZADA	10
2. METODOLOGÍA.....	11
2.1. DINÁMICAS ACTUANTES EN LA MARISMA DE BARBATE	11
2.2. OBTENCIÓN DE COTA DE INUNDACIÓN EN LA MARISMA DE BARBATE.	16
2.2.1. <i>Datos de partida</i>	17
2.2.2. <i>Campaña de toma de datos</i>	22
2.2.3. <i>Contraste de datos de campo</i>	23
2.2.4. <i>Datos de puntos del terreno</i>	25
2.2.5. <i>Cota de inundación</i>	25
2.2.6. <i>Discusión de los resultados</i>	28
3. EQUIPO REDACTOR.....	29
4. FOTOGRAFÍAS.....	30
5. DATOS DE PUNTOS TOMADOS.....	38
6. PLANOS.....	39



1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Justificación del estudio.

Dentro de los tramos comprendidos en la Asistencia Técnica para la "Elaboración y tramitación de varios deslindes en la provincia de Cádiz, Fase V "de la que Pentia Ingenieros, S.A. es adjudicataria, se encuentra el "Deslinde del dominio público marítimo-terrestre del tramo de costa que comprende las marismas del río Barbate, T.T.M.M. de Vejer de la Frontera y Barbate (Cádiz)", actualmente en tramitación.

En el tramo objeto del deslinde reseñado, se encuentra la marisma de Barbate, en la desembocadura del río Barbate, aguas arriba de la localidad del mismo nombre.

Al tratarse de un ámbito de ría, para la determinación del dominio público marítimo-terrestre en la zona, resulta fundamental conocer el alcance mareal, determinado por la cota de inundación.

1.2. Las marismas en el DPMT

Con el decreto-Ley de 29 de abril de 1860, precedente inmediato de la Ley de Aguas de 1866, los humedales, pantanos, estanques, lagos, lagunas o albuferas se incorporaron por primera vez al derecho de aguas, constante que se ha venido manteniendo hasta la actualidad. Esta norma estudiaba sólo las aguas públicas, por lo que se contemplaban exclusivamente las zonas pantanosas en terrenos del estado, comunales o sin dueño conocido, o sea, sobre las que la Administración tenía facultades de disposición. Por lo tanto, se admitía la existencia de humedales de propiedad privada sobre las que sus dueños tendrían todos los poderes inherentes a tal derecho. Tras la publicación de las Leyes de Aguas de 1866 y 1879, y de Puertos de 1880, la evolución sobre la consideración jurídica de las zonas húmedas se movería con mayor virulencia. Estas Leyes supusieron una



división en el tratamiento jurídico entre las aguas marítimas y las continentales, por lo que se comenzó a distinguir entre las zonas húmedas: lagos, lagunas y charcas y marismas, admitiendo como dominio público los lagos y lagunas formados en terrenos del Estado, pero igualmente se admite sin restricciones la pertenencia a particulares de marismas y zonas pantanosas, dependiendo por ello su carácter público o privado y su titularidad de la propia naturaleza del terreno que ocupen.

La Ley de 27 de julio de 1918, de desecación y saneamiento de lagunas, marismas y terrenos pantanosos promovida por el entonces Ministro de Fomento, Francisco Cambó. Esta Ley surgió en un momento de desarrollo económico después de la Primera Guerra Mundial, que propició una intervención directa del Estado en la economía nacional de manos de una potenciación de las políticas regeneracionistas en el sector primario, constituyendo la transformación de los terrenos improductivos un apartado importante dentro del texto normativo. Además, este texto utilizaba definiciones de las zonas húmedas lo suficientemente amplias como para abarcar toda su tipología.

Ya avanzada la primera mitad del siglo XX, destacan la Ley de Puertos de 19 de enero de 1928 y su reglamento de igual fecha, que no aportaron novedad al esquema anterior.

Desde la década de los 70, los humedales tienen ya no interés económico destinado a la productividad sino un interés destinado a su conservación, sobre todo al ser considerados hábitats y especies de especial interés.

La Ley 22/1988 de Costas, es considerada como una Ley más ambiciosa que la anterior ya que considera DPMT las marismas, albuferas y marjales, y en general todos los terrenos bajos que se inundan como consecuencia del flujo y reflujo de las mareas, de las olas o por la filtración del agua del mar. Aunque son términos que se podrían deducir en la Ley del 69, cuando se habla de las mareas y del alcance de las olas, incorpora por primera vez la posibilidad de que la inundación se produzca como consecuencia de la filtración del agua del mar.



1.3. Origen de las mareas

A medida que la Tierra revoluciona alrededor del centro de gravedad del sistema Tierra/Sol, la orientación del eje de la Tierra en el espacio permanece igual. Esto se conoce como revolución sin rotación. La fuerza generadora de la marea es la suma de la fuerza gravitacional y la fuerza centrífuga. En un sistema con revolución pero sin rotación la fuerza centrífuga es la misma para cualquier punto sobre la superficie de la Tierra, pero la fuerza gravitacional sí varía. La fuerza generadora de marea, por tanto, varía en intensidad y dirección sobre la superficie de la Tierra. La componente vertical de esta fuerza es muy pequeña comparada con la gravedad y su efecto en el océano puede ser considerado nulo. La componente horizontal produce las corrientes de marea, lo cual da lugar a variaciones en el nivel del mar.

La fuerza gravitacional que ejerce un cuerpo celestial (Luna, Sol o estrellas) es proporcional a su masa pero inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. La distancia entre el Sol y la Tierra es mayor que la distancia entre la Luna y la Tierra, lo cual significa que la fuerza gravitacional del Sol (y por tanto, su fuerza generadora de marea) es alrededor del 46% de la fuerza de la Luna. Otros cuerpos celestiales no ejercen una fuerza de marea significativa. A este tipo de mareas se les denomina Mareas Astronómicas.

Las mareas son ondas largas, ya sean progresivas o estacionarias. El periodo dominante es usualmente de 12 horas 25 minutos, el cual es la mitad de un día lunar. Las mareas se forman por el potencial gravitacional de la luna y el sol. Su propagación y amplitud están influenciadas por fricción, la rotación de la Tierra (fuerza de Coriolis) y la resonancia que está determinada por las formas y profundidades de las cuencas oceánicas y los mares marginales.

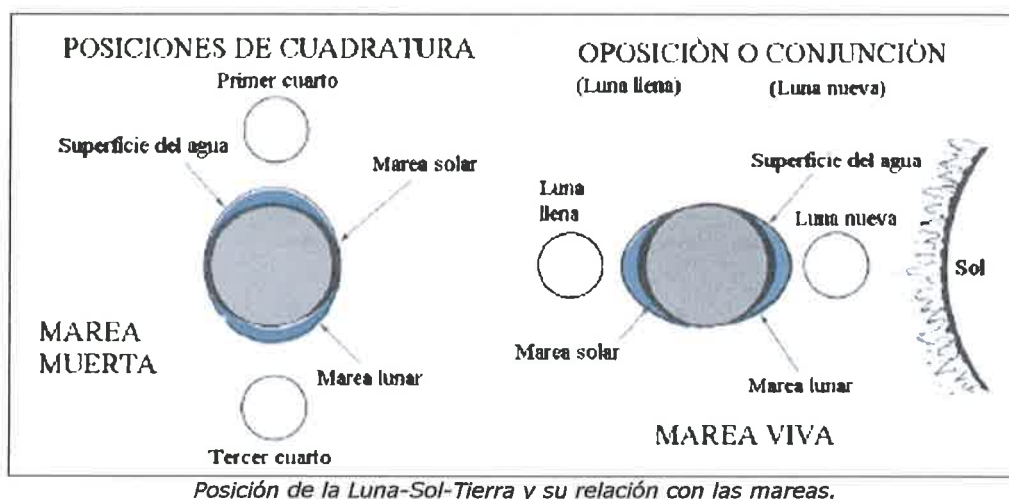
En la descripción de las mareas se utiliza habitualmente la siguiente terminología:

- Marea Alta: máximo en el nivel del agua.



- Marea Baja: mínimo en el nivel del agua.
- Nivel Medio de Marea (NMM): el nivel medio del agua, relativo al punto de referencia (nivel de referencia o “datum”) cuando el promedio se realiza sobre un periodo de tiempo largo.
- Rango de marea: diferencia entre marea alta y marea baja.
- Desigualdad diurna: la diferencia entre dos máximos o mínimos sucesivos de marea.
- Marea Viva: la marea que ocurre poco después de luna nueva o luna llena.
- Marea Muerta: la marea que ocurre poco después de la luna de cuarto menguante o cuarto creciente.

El que existan mareas vivas y mareas muertas alternas da como resultado una desigualdad quincenal en las alturas de la marea y las corrientes. Este periodo es de 14,77 días, el cual es la mitad de un mes sinódico (tiempo que transcurre entre fases sucesivas de la Luna). Dado que la Luna y la Tierra tienen órbitas elípticas, en ciertos momentos están más cerca de sus focos, y es cuando se producen las mareas más altas del año. Esto ocurre por ejemplo para la Tierra alrededor de los equinoccios de primavera y otoño, los cuales son alrededor del 21 de marzo y 23 de septiembre respectivamente.



Existen otras desigualdades con periodos similares o más largos.

Es el caso de la Pleamar Máxima Viva Equinoccial (PMVE) y la Bajamar Mínima Viva Equinoccial (BMVE).

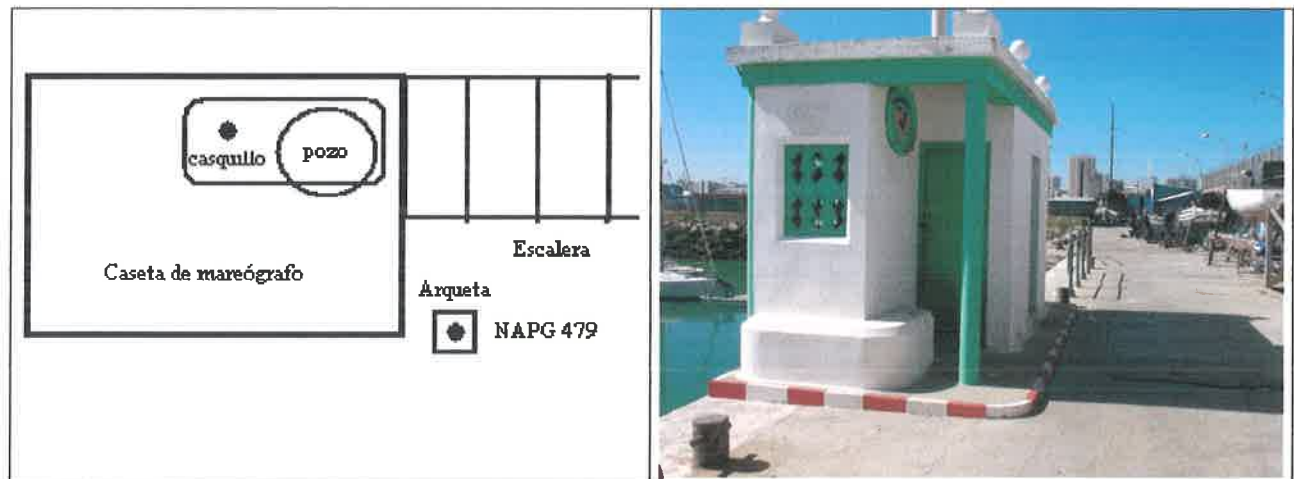
La PMVE es la suma de la Máxima Pleamar Astronómica y el residuo meteorológico máximo cuyo periodo de retorno sea 300 años.

La BMVE se obtiene restando a la Mínima Marea Astronómica el residuo meteorológico mínimo cuyo periodo de retorno sea 300 años.

Para obtener una fiabilidad aceptable para estos valores debe existir una observación de los valores del nivel de marea astronómica durante un periodo de 18,6 años. Estos datos son fáciles de obtener para los puertos de la red REDMAR de Puertos del Estado en los que se hayan instalados mareógrafos tomando datos desde 1992, sin embargo no ha sido colocado ninguno de estos mareógrafos en el puerto de Barbate, aunque sí en el puerto de Cádiz (IEO) y en Tarifa (IEO/IHM).

También hay que tener en cuenta la presión atmosférica de las fechas en las que se obtienen los datos ya que dan lugar a las llamadas Mareas Meteorológicas que se pueden definir como una sobreelevación del nivel medio del mar asociada al paso de una borrasca o una depresión del nivel del mar debido al paso de un frente de altas presiones. Además, la acción del viento sobre la superficie del agua marina puede provocar un ascenso o un descenso del nivel del mar junto a la costa, en

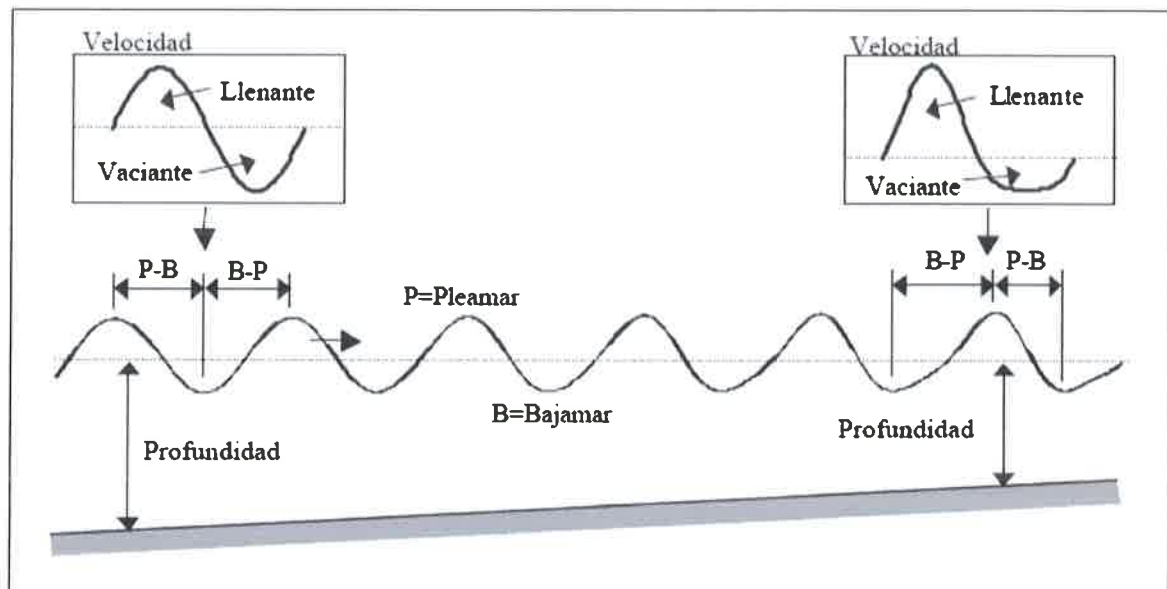
función de que el viento sople hacia tierra o hacia el mar respectivamente. Este desequilibrio genera corrientes de “upwelling” perpendiculares a la costa que pueden alcanzar velocidades elevadas.



Fuente: IEO. Caseta de mareógrafo en el puerto de Tarifa.

1.4. Propagación de la onda de marea.

La velocidad de propagación de la onda de marea, denominada celeridad, es proporcional a la profundidad total, e independiente del periodo. En el océano, la profundidad es mucho mayor a la amplitud, por lo que puede asumirse que la marea se propaga a la misma celeridad a lo largo de todo su ciclo. Sin embargo, conforme se aproxima a la costa y, en particular, al penetrar en un estuario somero, la diferencia entre la celeridad en pleamar y en bajamar se hace patente: en pleamar la celeridad es mayor, mientras que en bajamar sucede lo contrario.



Deformación de la onda de marea al propagarse en un estuario somero. Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas. Universidad de Cantabria.

El efecto de la amplitud finita de la onda es perceptible en las áreas menos profundas deformando la onda. Como resultado, el tiempo entre la bajamar y la pleamar (llenante) puede acortarse o alargarse de manera apreciable y, consecuentemente, se producirá una asimetría en las velocidades del fluido. La asimetría se representa por un intervalo más corto pero de mayor intensidad en una dirección, y un intervalo más largo pero de menor intensidad en la otra.

Esta asimetría define la tendencia evolutiva del estuario. El campo de velocidades definido por la marea es capaz de transportar el sedimento, y si las velocidades son asimétricas, existirá una tendencia a la sedimentación o erosión que modificará la morfología del estuario, local y globalmente. El cambio de morfología repercutirá, a su vez, en la deformación de la onda y, en un momento dado, se puede llegar a detener el proceso, alcanzando una situación de equilibrio dinámico.

1.5. Cota de inundación.

La cota de inundación o cota máxima alcanzada por la acción conjunta de la marea astronómica, marea meteorológica y ascenso del oleaje, es una variable



aleatoria que ha de obtenerse como suma de las variables deterministas y aleatorias anteriormente citadas.

En el "Atlas de Inundación del litoral peninsular español", realizado por la universidad de Cantabria para la Dirección General de Costas se utilizan distintos recursos (mareógrafos, boyas,...) para la zonificación del litoral español según las variables anteriormente expuestas. De este modo:

- Zonificación del litoral español a efectos de oleaje: Boyas REMRO
- Zonificación del litoral español a efectos de marea astronómica: Redes de Mareógrafos REDMAR y IEO
- Zonificación del litoral español a efectos de marea meteorológica: Red de mareógrafos REDMAR.

Sin embargo en el área que nos ocupa, correspondiente al Puerto de Barbate, no existen datos recogidos por ninguna de estas redes de mareógrafos y boyas.

La falta de datos y concretamente, la falta de una serie de datos temporalmente dilatada impide obtener las Constantes Armónicas (frecuencias y fases de oscilación) que permiten que una predicción de mareas obtenga una mayor fiabilidad. Cuanto más larga es la serie temporal de datos obtenidos, mayor número de constantes armónicas puede ser extraído de ella.

Se debe tener en cuenta que considerando las series históricas del nivel del mar en el litoral español, que datan desde 1943 existe una tendencia de un aumento de 0,9 mm/año en la zona del Estrecho. Si bien estos resultados tienen que ser considerados con precaución debido a la longitud de las series, lagunas y señales registradas en los mareógrafos que no han podido ser removidas por falta de información al respecto (movimientos verticales, asentamientos del terreno,...).



1.6. Información utilizada

Para la elaboración del presente estudio, se ha empleado la siguiente información:

- "Atlas de Inundación del litoral peninsular español", realizado por la universidad de Cantabria para la Dirección General de Costas.
- Anuario de mareas del 2007, publicado por el Instituto Hidrográfico de la Marina.
- Campaña de campo de medidas de mareas en las marismas de Barbate de septiembre de 2007.
- Mareógrafo de Barbate. Periodo de datos desde abril hasta mayo del 2006.
- Campaña de campo en las marismas de Barbate de abril de 2008.



2. METODOLOGÍA.

En este capítulo se describe el modelo que se ha desarrollado para conocer el régimen de niveles en las marismas de Barbate.

En primer lugar se analizan las dinámicas que condicionan la cota de inundación en una marisma y en segundo lugar se describe la metodología empleada para llevar a cabo este estudio.

2.1. Dinámicas actuantes en la marisma de Barbate

El régimen de inundación alcanzado en un punto de una marisma es un fenómeno especialmente complejo, tanto por el gran número de fenómenos que intervienen en el proceso de inundación, como por la interacción entre dichos elementos.

En una primera aproximación, el fenómeno de inundación de una marisma puede ser representado de acuerdo con el siguiente esquema o modelo simple de funcionamiento: En un instante determinado el nivel del mar exterior está caracterizado por una marea astronómica y una marea meteorológica. Estas mareas se propagan por el interior del estuario modificando sus características en función de la geometría de la marisma, rugosidad del lecho y la presencia de un caudal fluvial. Superpuesto a estas oscilaciones de muy largo período se encuentra el oleaje que, bajo determinadas condiciones, se propaga por el interior de la marisma provocando una nueva variación de la cota de inundación de las márgenes de la marisma, y de la velocidad del flujo.

En el modelo de funcionamiento anterior, se ha citado una serie de dinámicas que condicionan la cota de inundación y la velocidad del flujo en la marisma. Estas dinámicas son:



- Marea Astronómica.
- Marea Meteorológica.
- Caudal Fluvial.
- Oleaje.

Cada uno de los elementos anteriores depende, a su vez, de una serie de factores. Así, por ejemplo la marea meteorológica depende del viento, variaciones de presión. El caudal fluvial depende del régimen de precipitaciones.

Nótese, además, que algunas de las dinámicas anteriormente señaladas (oleaje, viento...) son variables aleatorias, y que, consecuentemente, la cota de inundación es una variable aleatoria y, por tanto, su presentación está sujeta a una determinada probabilidad de ocurrencia.

A continuación se analiza con detalle cada uno de los elementos que condicionan el régimen de inundación en las marismas de Barbate y se estiman valores típicos de cada uno de ellos al objeto de mostrar la importancia relativa de los mismos.

Es importante señalar en este punto, que la acción humana, con su capacidad de modificar la geometría de la marisma, es, también, una "dinámica" que condiciona la cota de inundación en el interior de la marisma. No obstante, el presente estudio no analiza la evolución histórica de la cota de inundación sino la existente con la geometría propuesta.

Por lo tanto, los elementos que se van a considerar son marea astronómica, marea meteorológica y caudal fluvial, despreciando el efecto del oleaje ya que el interior de la marisma de Barbate se encuentra protegido por el canal de entrada.

Marea astronómica

La marea astronómica se produce por la atracción que los astros (Sol y Luna, principalmente) ejercen sobre las aguas de los océanos y se observa como un movimiento regular de elevación del nivel del mar.

La teoría actual permite establecer un método práctico para la determinación de mareas en puntos a lo largo de la costa y estuarios, de modo que conozcamos la marea en un punto determinado con detalle.

Este método práctico, conocido como Análisis Armónico de Mareas, adopta las siguientes hipótesis de partida:

La marea resultante en cualquier punto es suma de un número finito de constituyentes, cada uno con su propia periodicidad, desfase y amplitud. Estos constituyentes son armónicos simples en tiempo y son independientes entre sí.

Con estas hipótesis puede expresarse:

$$\eta = a_0 + \sum_{i=1}^N a_i \sin\left(\frac{2\pi}{T_i} t + \beta_i\right) \quad (2.1)$$

donde η es la marea resultante en una localización particular, compuesta por N constituyentes. La amplitud, desfase y período de cada componente son a_i , β_i y T_i , respectivamente. El nivel medio del mar viene dado por a_0 .

Para llevar a cabo la predicción de la marea mediante el análisis armónico se sigue el proceso siguiente:

- Medida y análisis de la onda de marea en un punto para la obtención de las amplitudes, desfases y períodos de las componentes en ese punto.
- Empleo de esta información para predecir futuras variaciones.

En este estudio, para el establecimiento de la onda de marea en las marismas de Barbate, se han utilizado los datos del Anuario de mareas del 2007,



publicado por el Instituto Hidrográfico de la Marina y basado a su vez en los datos del programa RIMA (Red Integrada de Mareógrafos).

En el siguiente apartado se describe los datos de marea astronómica utilizados en este estudio.

Marea meteorológica. Viento

Los fenómenos de dinámica atmosférica que van a influir a la hora de producir sobreelevaciones del nivel del mar son el viento y las variaciones de presión.

La acción continua del viento sobre la lámina de agua del mar puede provocar el arrastre de la misma. Si este arrastre se produce en la dirección de la playa, el agua se acumula en ésta, produciendo un ascenso del nivel medio del mar.

Esta elevación del nivel medio depende de la intensidad del viento, trayectoria, duración, forma de la costa, configuración, rugosidad del fondo... Las ecuaciones que describen este proceso son la ecuación de continuidad, que expresa la conservación de la masa, y las ecuaciones de cantidad de movimiento, que representan la segunda ley de Newton.

Una forma simplificada de estas expresiones se obtiene promediando verticalmente todas las ecuaciones que gobiernan el proceso, resultando:

$$\frac{\partial \eta_v}{\partial x} = \frac{(\tau_s + \tau_b)}{\rho g H} \quad (2.2)$$

donde η_v es la sobreelevación debida al viento; τ_s es la tensión tangencial debida al viento; τ_b es la tensión tangencial debida a la fricción con el fondo; g es la gravedad y H es la profundidad.

La integración de la ecuación anterior en el supuesto de profundidad constante y expresando las tensiones tangenciales en función de la velocidad del viento arroja como resultado:

$$\eta = h \left[\sqrt{\frac{2kW^2x}{gh^2} + 1} - 1 \right] \quad (2.3)$$

donde η es la sobreelevación del nivel del mar en la línea de costa; k es el coeficiente ($= 3.3 \cdot 10^{-6}$); W es la velocidad del viento (m/s), h es el calado y x es la distancia horizontal en la que sopla el viento.

Como ejemplo, para un viento de 70 km/h, fijando $h = 5$ m y soplando sobre una lámina de agua de 3000 m la sobreelevación que se produce es de 8 cm. Este resultado apoya la idea de prescindir del efecto del viento a la hora de calcular el nivel de inundación, ya que, además de tener poca influencia, su eliminación va a facilitar en gran medida los cálculos.

Marea meteorológica. Presión atmosférica

Las oscilaciones de la presión atmosférica son uno de los factores constantes de variación del nivel del mar. Una disminución de la presión atmosférica sobre la superficie del mar se verá acompañada por un aumento en el nivel de éste.

Existen varios métodos para estimar la variación de nivel motivada por la presencia de una borrasca.

La expresión más sencilla consiste en adoptar un valor aproximado de un centímetro por cada milibar por debajo de la presión atmosférica estándar de 1013 milibares:

$$S_{vp} = 0,010 \cdot (1013 - P_a)$$

Este es el método considerado en el Anuario de Mareas del 2007 publicado por el Instituto Hidrográfico de la Marina y por consiguiente utilizado en el presente estudio.

Otros métodos más complejos estiman la mencionada variación mediante la expresión del efecto borrasca, su geometría, radio y distancia al punto de previsión. Como ejemplos de algunos de estos métodos tenemos:

$$S_{vp} = 10,26 \cdot (P_n - P_0) \cdot \left(1 - e^{-\frac{R}{r}} \right)$$

$$S_{vp} = 10,26 \cdot (P_n - P_0) \cdot \left(1 - e^{-\frac{-(R-r)}{r}} \right)$$

donde S_{vp} es la variación del nivel medio en metros; P_n es la presión en la periferia de la borrasca en bares; P_0 es la presión en el centro de la borrasca en bares; R es el radio de la borrasca y r es la distancia del punto de medida al centro de la borrasca.

Caudal fluvial

El caudal fluvial es, en general, un factor relevante en la cota de inundación. Hay que tener en cuenta que el caudal fluvial influye aumentando la pleamar en 0,6 mm y en 1 mm la bajamar por cada m³/s. En nuestro caso el río Barbate está regulado por la existencia del embalse de Barbate lo cual impide la existencia de grandes crecidas.

Teniendo en cuenta estos datos, para el cálculo de un régimen medio de niveles, el caudal del río es despreciable frente al caudal de la marea.

2.2. Obtención de cota de inundación en la Marisma de Barbate.

En el apartado anterior se ha indicado que la cota de inundación de un punto cualquiera del estuario es una variable aleatoria que depende funcionalmente de otras variables aleatorias (presión atmosférica, lluvia) y deterministas (marea astronómica). En el presente apartado se desarrolla el método de obtención de dicha cota.



2.2.1. Datos de partida

Para la comprobación de los datos de campo obtenidos en el presente estudio se ha calculado el nivel de marea exterior existente en el puerto de Barbate en las fechas de las mediciones. Para ello se ha utilizado el Anuario de mareas del 2007, publicado por el Instituto Hidrográfico de la Marina y basado a su vez en los datos del programa RIMA (Red Integrada de Mareógrafos)

Para el cálculo de la marea exterior en el puerto de Barbate partimos de su puerto patrón que es el de Cádiz.

Según el mencionado Anuario las previsiones para las máximas pleamares se darían en los días 27 y 28 de septiembre. En la tabla adjunta observamos dichos valores así como la hora en que se produce dicha máxima. Las alturas están referidas al cero hidrográfico y las horas al huso Z (GMT).

**Estudio sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)****AÑO 2007****CÁDIZ**

JULIO						AGOSTO						SEPTIEMBRE					
Día	Hora	Alt/m	Día	Hora	Alt/m	Día	Hora	Alt/m	Día	Hora	Alt/m	Día	Hora	Alt/m	Día	Hora	Alt/m
1	02 38 08 34 14 50 21 06	3.06 0.84 3.33 0.65	16	03 28 09 17 15 42 21 54	3.22 0.67 3.52 0.51	1	03 42 09 36 15 56 22 06	3.33 0.53 3.61 0.34	16	04 11 10 01 16 26 22 27	3.18 0.63 3.34 0.66	1	04 38 10 33 17 00 23 00	3.47 0.38 3.56 0.47	16	04 36 10 34 16 54 22 49	3.07 0.85 2.98 0.98
2	03 18 09 12 15 30 21 45	3.11 0.81 3.38 0.62	17	04 07 09 54 16 22 22 30	3.17 0.70 3.45 0.62	2	04 22 10 15 16 38 22 46	3.34 0.52 3.59 0.40	17	04 42 10 33 16 58 22 58	3.08 0.75 3.17 0.82	2	05 22 11 18 17 48 23 44	3.29 0.58 3.28 0.76	17	05 09 11 09 17 29 23 22	2.93 1.03 2.78 1.17
3	03 59 09 51 16 13 22 26	3.13 0.81 3.39 0.62	18	04 44 10 31 17 00 23 05	3.08 0.79 3.31 0.76	3	05 04 10 56 17 22 23 27	3.28 0.58 3.48 0.53	18	05 14 11 07 17 31 23 30	2.95 0.90 2.97 1.00	3	06 12 12 10 18 45	3.05 0.84 2.94	18	05 47 11 50 18 11	2.77 1.23 2.57
4	04 42 10 33 16 57 23 08	3.11 0.84 3.37 0.66	19	05 21 11 08 17 38 23 40	2.96 0.91 3.14 0.93	4	05 49 11 41 18 10	3.16 0.71 3.29	19	05 48 11 43 18 07	2.80 1.09 2.75	4	00 38 07 13 13 20 20 01	1.08 2.80 1.11 2.63	19	00 03 06 35 12 46 19 10	1.38 2.61 1.41 2.39
5	05 27 11 17 17 44 23 54	3.06 0.90 3.30 0.74	20	05 58 11 46 18 16	2.83 1.06 2.94	5	00 13 06 38 12 32 19 05	0.73 2.99 0.89 3.04	20	00 06 06 28 12 27 18 51	1.19 2.65 1.28 2.54	5	02 00 08 41 15 19 21 46	1.34 2.64 1.24 2.51	20	01 07 07 47 14 26 20 54	1.56 2.49 1.52 2.30
6	06 16 12 06 18 35	2.98 0.98 3.19	21	00 19 06 38 12 29 18 59	1.10 2.69 1.22 2.73	6	01 07 07 38 13 36 20 14	0.96 2.81 1.08 2.80	21	00 51 07 21 13 29 19 56	1.38 2.50 1.45 2.36	6	04 03 10 20 17 03 23 14	1.39 2.68 1.12 2.60	21	03 13 09 34 16 17 22 38	1.61 2.50 1.41 2.42
7	00 45 07 10 13 02 19 33	0.85 2.89 1.06 3.07	22	01 03 07 27 13 22 19 53	1.26 2.56 1.37 2.55	7	02 19 08 55 15 09 21 43	1.17 2.69 1.19 2.65	22	02 06 08 43 15 17 21 42	1.52 2.42 1.52 2.29	7	05 23 11 33 18 07	1.25 2.87 0.93	22	04 41 10 52 17 19 23 36	1.46 2.69 1.18 2.66
8	01 43 08 13 14 07 20 41	0.95 2.82 1.12 2.96	23	02 01 08 32 14 36 21 07	1.39 2.48 1.47 2.43	8	03 56 10 23 16 51 23 09	1.25 2.71 1.13 2.68	23	03 59 10 19 16 53 23 09	1.53 2.48 1.39 2.40	8	00 14 06 15 12 26 18 52	2.78 1.06 3.08 0.75	23	05 34 11 45 18 04	1.22 2.95 0.91
9	02 52 09 24 15 25 21 55	1.03 2.81 1.13 2.91	24	03 20 09 51 16 06 22 28	1.44 2.48 1.46 2.42	9	05 20 11 37 18 06	1.18 2.66 0.95	24	05 13 11 27 17 52	1.39 2.66 1.18	9	00 58 06 55 13 09 19 27	2.97 0.87 3.27 0.61	24	00 18 06 15 12 27 18 43	2.94 0.96 3.24 0.63
10	04 07 10 35 16 43 23 07	1.05 2.87 1.05 2.93	25	04 37 10 59 17 19 23 33	1.40 2.57 1.34 2.50	10	00 17 06 21 12 36 19 02	2.81 1.03 3.07 0.75	25	00 05 06 04 12 16 18 37	2.61 1.19 2.89 0.94	10	01 34 07 28 13 45 19 58	3.12 0.71 3.41 0.52	25	00 56 06 53 13 07 19 19	3.22 0.69 3.52 0.38
11	05 15 11 38 17 53	1.00 3.00 0.90	26	05 36 11 53 18 13	1.29 2.73 1.16	11	01 09 07 09 13 24 19 46	2.97 0.87 3.28 0.58	26	00 48 06 46 12 57 19 15	2.84 0.97 3.15 0.69	11	02 06 07 59 14 19 20 26	3.23 0.59 3.48 0.48	26	01 33 07 31 13 46 19 56	3.46 0.44 3.75 0.19
12	00 11 06 16 12 36 18 54	3.00 0.92 3.17 0.73	27	00 24 06 24 12 38 18 58	2.65 1.15 2.91 0.97	12	01 53 07 48 14 06 20 23	3.11 0.72 3.43 0.47	27	01 26 07 23 13 36 19 51	3.08 0.75 3.40 0.46	12	02 37 08 30 14 51 20 54	3.30 0.53 3.48 0.49	27	02 10 08 09 14 27 20 34	3.64 0.25 3.89 0.10
13	01 08 07 09 13 28 19 47	3.10 0.82 3.33 0.59	28	01 07 07 06 13 18 19 37	2.81 0.99 3.10 0.78	13	02 31 08 23 14 44 20 56	3.21 0.61 3.52 0.43	28	02 02 08 00 14 14 20 27	3.30 0.54 3.61 0.28	13	03 06 09 00 15 22 21 22	3.30 0.53 3.42 0.55	28	02 49 08 48 14 28 21 13	3.73 0.16 3.91 0.14
14	01 59 07 55 14 16 20 34	3.17 0.73 3.45 0.49	29	01 47 07 44 13 57 20 15	2.98 0.84 3.28 0.60	14	03 06 08 56 15 20 21 27	3.25 0.56 3.53 0.46	29	02 39 08 36 14 53 21 03	3.46 0.37 3.76 0.16	14	03 36 09 30 15 52 21 51	3.27 0.58 3.31 0.65	29	03 30 09 30 15 53 21 53	3.72 0.19 3.78 0.29
15	02 46 08 38 15 01 21 16	3.22 0.68 3.52 0.47	30	02 25 08 21 14 36 20 51	3.14 0.70 3.44 0.46	15	03 39 09 29 15 54 21 57	3.24 0.56 3.46 0.54	30	03 17 09 13 15 33 21 41	3.56 0.28 3.81 0.15	15	04 05 10 02 16 22 22 19	3.19 0.69 3.16 0.80	30	04 14 10 14 16 40 22 35	3.59 0.33 3.53 0.56
			31	03 03 08 58 15 15 21 28	3.26 0.59 3.56 0.37				31	03 57 09 52 16 15 22 19	3.56 0.28 3.75 0.26						

Las alturas expresadas se sumarán a las sondas de las cartas españolas para obtener la sonda en las horas de pleamar o bajamar.
Las horas corresponden al huso 0.- Para tener horas oficiales SÚMESE EL ADELANTO VIGENTE.



Este dato concuerda con el facilitado por el "Atlas de Inundación del litoral peninsular español", realizado por la universidad de Cantabria para la Dirección General de Costas, que marca una PMVE de 3,993 sobre el cero hidrográfico.

Para obtener el nivel de mareas en dicha fecha en el puerto de Barbate debemos corregir los datos del puerto patrón (Cádiz) en base a las diferencias horarias y de alturas con el puerto estudiado (Barbate). Estos datos son también recogidos en el Anuario obteniéndose la siguiente tabla:

27 de septiembre de 2007						
	HORAS (GMT)			ALTURAS (Cero Hidrográfico)		
	Puerto Patrón: Cádiz	Diferencia De hora	Mareas en Pto. Barbate	Puerto Patrón: Cádiz	Diferencia Altura	Mareas en Pto. Barbate
Pleamares	02:10	-0:19	01:51	3,64	-0,97	2,67
	14:27	-0:19	14:08	3,89	-0,97	2,92
Bajamares	08:09	-0,20	07:49	0,25	-0,31	-0,06
	20:34	-0,20	20:14	0,10	-0,31	-0,21

28 de septiembre de 2007						
	HORAS (GMT)			ALTURAS (Cero Hidrográfico)		
	Puerto Patrón: Cádiz	Diferencia De hora	Mareas en Pto. Barbate	Puerto Patrón: Cádiz	Diferencia Altura	Mareas en Pto. Barbate
Pleamares	02:49	-0:19	02:30	3,73	-0,97	2,76
	15:09	-0:19	14:50	3,90	-0,97	2,93
Bajamares	08:48	-0,20	08:28	0,16	-0,31	-0,15
	21:13	-0,20	20:53	0,14	-0,31	-0,17

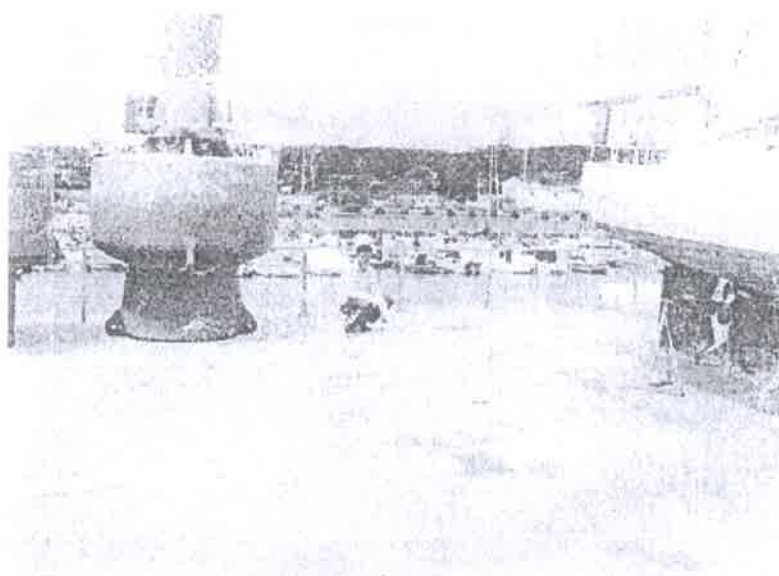
Como podemos observar, los valores obtenidos en la tabla anterior, procedentes del Instituto Hidrográfico de la Marina, representan datos referidos al cero hidrográfico del puerto de Cádiz (situado a -1,767m por debajo del Nivel Medio del Mar en Alicante) y al huso horario Z (GMT). Corrigiendo estos valores obtenemos las previsiones para el puerto de Barbate en dichas fechas:

Estudio sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)

Mareas en el Puerto de Barbate		
	Hora Local	Altura en metros sobre NMMA
27 septiembre	03:51	0,903
	9:49	-1,827
	16:08	1,153
	22:14	-1,977
28 septiembre	4:30	0,993
	10:28	-1,917
	16:50	1,163
	22:53	-1,937

Estos datos se refieren a la marea astronómica esperada en esos días en el puerto de Barbate.

Estas alturas son algo inferiores a los datos obtenidos por el mareógrafo instalado temporalmente en el puerto de Barbate desde abril hasta mayo del 2006:



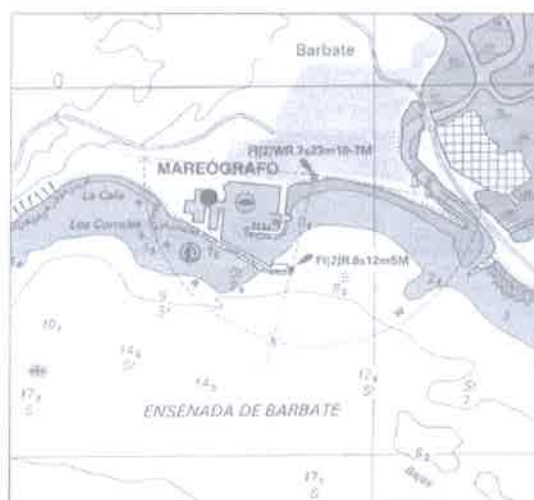
Mareógrafo de Barbate, instalado en el puerto deportivo.



Estudio sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)

Mareógrafo

Instalación temporal.



Cero Hidrográfico

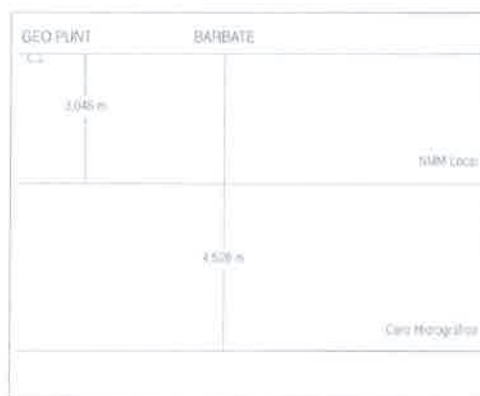
Calculado en 2006.

Periodo de Análisis Armónico desde Abril hasta Mayo del 2006.

Predicción para el cálculo de LAT de 1990 a 2009.

Error (al 96%) de las predicciones respecto a los datos para el periodo analizado: 5,6 cms.

El cero hidrográfico se encuentra a 4,528 metros por debajo del clavo geodésico GEO PUNT, situado en el pretil junto a una tapa de registro al sur de la toma de corriente que existe en el dique seco del puerto de Barbate.





Altura en metros sobre NMMA					
PMMA	PMVM	PMMM	BMMM	BMVM	BMMI
1,622	1,472	0,672	-0,118	-0,878	-1.008

PMMA: Pleamar Máxima
PMVM: Pleamar Viva Media
PMMM: Pleamar Muerta Media
BMMM: Bajamar Muerta Media
BMVM: Bajamar Viva Media
BMMI: Bajamar Mínima

2.2.2. Campaña de toma de datos.

En base a los datos de partida mencionados se propuso una campaña de toma de datos en campo con el fin de obtener datos reales de la cota de mareas en las marismas de Barbate.

Estos datos nos permitirán ver la influencia de las mareas en el interior de la marisma.

Durante las tardes de los días 27 y 28 de septiembre de 2007, los Vigilantes de Costas de la zona procedieron a marcar el alcance de la pleamar en cuatro puntos: el primero en el muelle del puerto de Barbate y los tres restantes en distintos puntos del cauce de la ría del Barbate: Lonja Antigua, compuerta bajo puente sobre el Canal de desagüe de la Laguna de la Janda, y compuerta en río Barbate.

Los equipos topográficos, a partir de las bases de la poligonal de apoyo preexistentes, dieron cota sobre el Nivel Medio del Mar en Alicante (N.M.M.A.) a dichos puntos de alcance mareal, obteniéndose los siguientes valores.



Base	X	Y	Z	27/09/2007		28/09/2007	
				Hora Local	Cota NMMA	Hora Local	Cota NMMA
Puerto (bm1)	236684,733	4008548,731	2,58	16:59	0,662	17:09	0,667
Lonja Antigua (bm2)	238137,213	4008731,399	2,61	17:16	0,570	17:25	0,575
Compuerta Puente Zahara (bm3)	237740,157	4011511,847	1,53	16:47	0,453	17:40	0,453
Compuerta Puente Retin (bm4)	241207,011	4011633,662	4,33	16:31	0,616	17:57	0,626

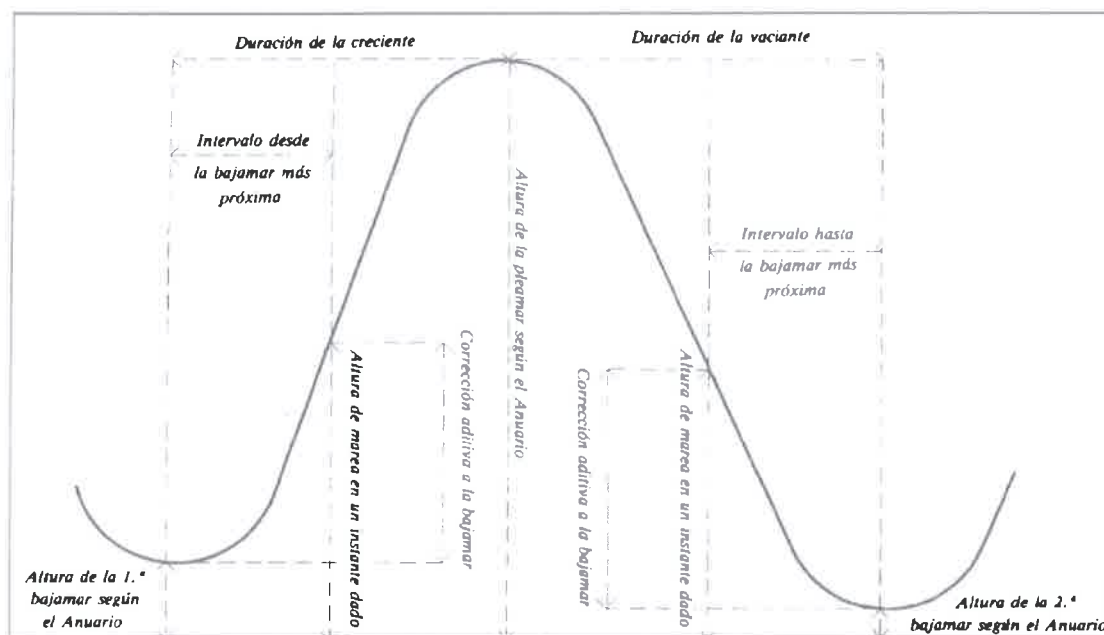
2.2.3. Contraste de datos de campo.

Para asegurar la fiabilidad de los datos de campo los comparamos con los resultados esperados según el Anuario de mareas del 2007, publicado por el Instituto Hidrográfico de la Marina.

En apartados anteriores hemos obtenido el nivel de marea astronómica esperado en Barbate en las fechas de la toma de datos de campo. A partir de estos datos y teniendo en cuenta que la muestra no se ha realizado a la hora exacta de la pleamar, calculamos el nivel esperado en dicha hora.

Para el cálculo de la altura de marea esperada en un instante cualquiera nos basamos en la siguiente figura:

Estudio sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)”



Según dicha figura podemos calcular la marea en instante cualquiera a partir de la duración de la creciente/vaciante, la carrera de marea y el intervalo hasta la bajamar más próxima.

Obtenemos de esta forma los datos esperados en el puerto de Barbate, para los días 27 y 28 de septiembre a la hora en que se realizaron las medidas de campo, 16:59 y 17:09 respectivamente.

Altura esperada de mareas en el Puerto de Barbate		
	Hora Local	Altura en metros sobre NMMA
27 septiembre	16:59	0,893
28 septiembre	17:09	1,033



2.2.4. Datos de puntos del terreno.

La segunda fase de trabajos de campo ha consistido en la toma de datos de puntos singulares del terreno, con referencia a la base de medición de mareas más próxima.

Durante la última semana de enero y en los primeros días de abril, la empresa Paralelo 37 Topografía, S.L.U., procedió a realizar dicha campaña de campo.

La dificultad de acceso, al existir caños, esteros y balsas, ha determinado que en algunas zonas haya sido prácticamente imposible el referenciar su cota. No obstante se ha logrado obtener una visión casi global de la zona de estudio, y puede considerarse que las zonas no cubiertas tienen cotas muy similares al promedio de los puntos tomados. Como se observa en las fotografías tomadas, que se acompañan, el estado de algunas zonas de la marisma del Río Barbate hacen casi imposible su acceso.

Se han tomado datos de 608 puntos en la zona de estudio, que han quedado reflejados en los planos de situación de puntos de observación. Asimismo se acompaña listado con los datos de los puntos tomados.

Se ha procurado tomar datos en los muros de vuelta afuera, caballones internos, caminos fondos de tajos y balsas, y de aquellos puntos que, por su configuración y aspecto, se suponen menos alterados y por ello se indican como marisma. También se ha tomado cota de borde de caños y marisma natural.

2.2.5. Cota de inundación.

A partir de los datos obtenidos en la campaña de campo se ha obtenido el nivel de inundación existente en los días 27 y 28 de septiembre del 2007. Estos datos nos permiten la caracterización de la onda de marea en el interior de la marisma de Barbate.



La obtención de la superficie de inundación se realiza mediante un Modelo Digital del Terreno con los datos topográficos obtenidos tanto de la cartografía oficial de la Junta de Andalucía como de datos topográficos obtenidos para la realización del presente estudio y las bases de marea del estudio de campo. Cabe tener en cuenta que para la obtención del modelo no se han considerado todas las elevaciones de terreno creadas por las piscifactorías (muros de vuelta afuera) considerando estas a cota de sus lagunas o esteros, lo cual representa considerar la forma natural de la marisma.

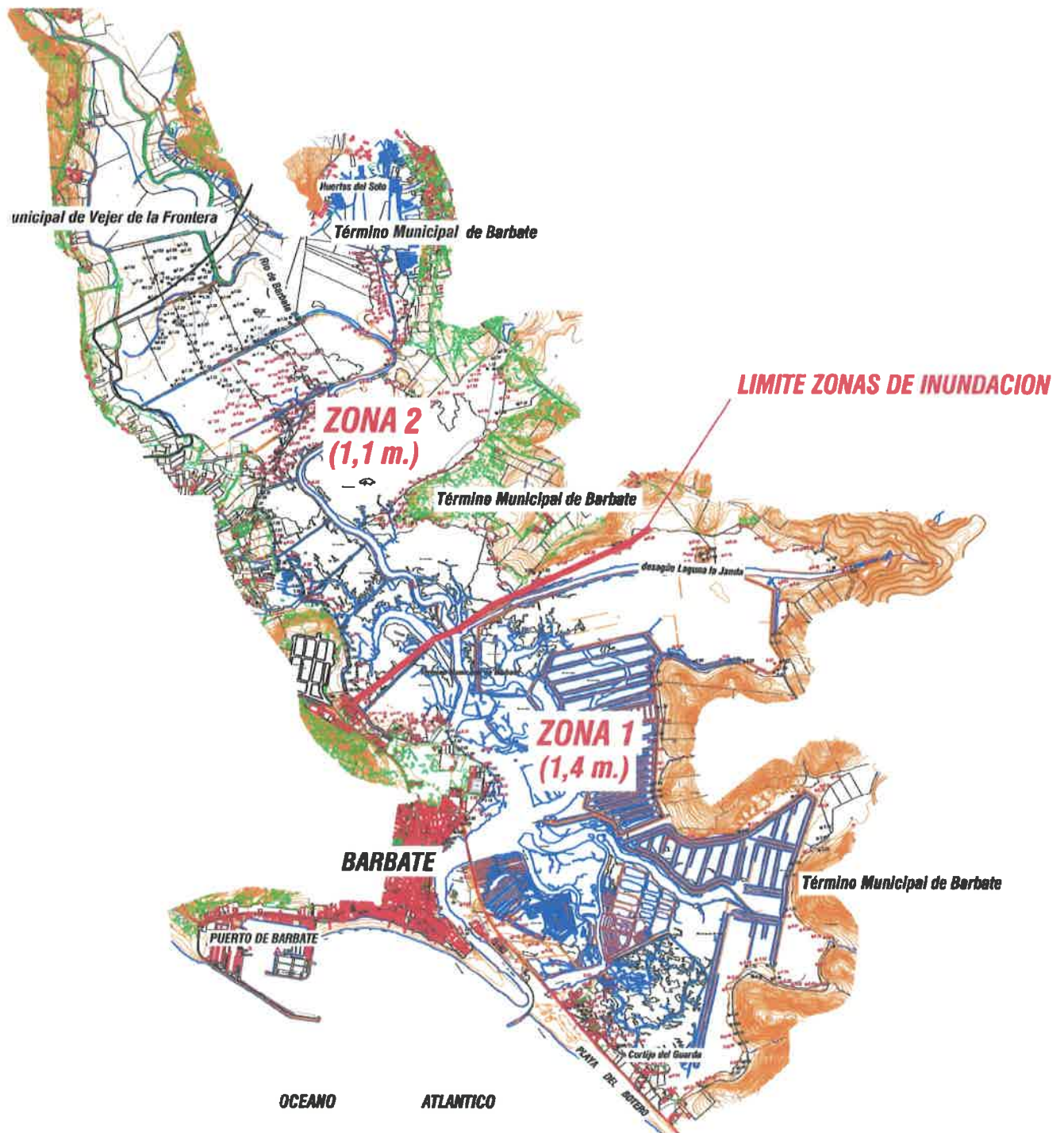
Como hemos visto anteriormente el nivel de mareas esperado para esas fechas, que debería coincidir con el máximo anual, es mayor que el observado realmente. Dicha desviación puede ser debida a la existencia de altas presiones y vientos existentes que desvían el resultado esperado.

Sin embargo los datos reales nos permiten caracterizar el comportamiento de las mareas en las referidas marismas de Barbate, lo cual nos permite realizar una estimación de la cota de inundación esperada en base a los datos disponibles para la marea exterior.

Como consecuencia de la disminución de la influencia de las mareas al adentrarse en el interior de la marisma, se ha dividido la misma en dos zonas, asignando una cota de inundación para cada zona. La primera zona abarca desde la desembocadura del río Barbate, hacia aguas arriba, hasta una línea delimitada por el canal colector desagüe de la Laguna de La Janda y siguiendo al oeste hasta las proximidades del Polígono Industrial existente. La segunda zona partiría de dicha línea, hacia aguas arriba, para terminar al norte de la marisma.

Según todo lo indicado anteriormente, se establece una cota de inundación de +1,4 metros (S.N.M.M.A.) para la primera zona; correspondiendo a la segunda zona una cota de inundación de +1,1 metros (S.N.M.M.A.).

Estudio sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)



Límite de Zonas de Inundación.



En el plano de situación de puntos de observación se reflejan los datos topográficos de los diversos puntos, tomados en las campañas de campo; reflejando en negro los puntos que se encuentran por encima de la cota de inundación (no inundables) y en rojo los puntos que se encuentran por debajo de dicha cota (inundables); teniendo en cuenta la cota de inundación de cada zona.

2.2.6. Discusión de los resultados.

Si eliminamos los muros de vuelta afuera gran parte de la marisma es inundada de forma natural. Inclusive con los muros de vuelta afuera estos quedarían como pequeños islotes dentro de la marisma. Esto se comprueba con las diferentes fotos aéreas obtenidas de la zona. Cabe destacar que en algunas zonas de la marisma los datos topográficos no permiten una mayor definición de la superficie de inundación, siendo no obstante suficiente aproximación la obtenida en el presente estudio para la definición del Dominio Público Marítimo-Terrestre.

Podemos por tanto concluir que la marisma esta gran parte por debajo de la cota de la pleamar y es naturalmente inundable y por ello incluible en el Dominio Público Marítimo-Terrestre.



3. EQUIPO REDACTOR.

Los trabajos de campo han sido realizados por las empresas Gades Gestión, S.L., y Paralelo 37 Topografía, S.L.U. El presente documento ha sido confeccionado por José Manuel Álvarez Fernández, Ingeniero Técnico Industrial, con el apoyo Técnico en oficina de los ingenieros de PENTIA Ingenieros, S.A.

Oviedo, Junio de 2008

PENTIA Ingenieros, S.A.

Fdo: José Manuel Álvarez Fernández
Ingeniero Técnico Industrial

Fdo: Francisco Piña Trujillano
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



4. FOTOGRAFÍAS



Altura de la marea 9/03/2008 en el cantil muelle fluvial



Vista de la zona del Soto junto al río con el encharcamiento que dejó la pleamar. Se aprecia el caballón de tierras por donde discurría el camino a Zahara.



Detalle de la compuerta que controla la entrada de mareas en la zona de El Soto.



Detalle del punto hasta el que llegó la marea sobre la compuerta



Punto en el que se marcó cota con GPS para control de mareas



Chabolas en la zona de Montano



Marea en la zona de Ribera de La Oliva



Aguas arriba del Río Barbate



Encharcamiento en camino que dejó la pleamar



Zona de marisma con la mancha de la marea



Estudio sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)



Marea en la margen izquierda del Río Barbate



Encharcamiento que dejó la pleamar en la marisma de Barbate



Estudio sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)



Marea en la zona de El Caño del Pajar



Final del tramo a la entrada de El Cañillo



5. DATOS DE PUNTOS TOMADOS

LISTADO DE COORDENADAS

ESTUDIO SOBRE ALCANCE DE MAREAS EN LA MARISMA DE BARBATE TT.MM. DE BARBATE Y VEJER DE LA FRONTERA (CADIZ)

Nº/CODIGO	X	Y	Z
1	237587,540	4012177,790	0,81
2	239124,370	4011766,650	0,58
3	235841,071	4013148,905	1,10
4	240769,270	4011514,670	0,68
5	235806,482	4013107,651	1,19
6	236445,149	4013108,353	1,01
7	236915,448	4013360,667	1,05
8	239641,280	4007409,050	1,33
9	239821,660	4007311,000	1,41
10	239481,470	4007575,290	1,52
11	239475,200	4007623,780	1,37
12	239402,200	4007692,880	1,47
13	239265,880	4007844,240	1,78
14	239985,180	4007346,630	4,65
15	240195,590	4007526,300	5,56
16	237868,700	4013859,220	4,71
17	237839,340	4013582,650	4,67
18	238555,060	4013491,510	5,57
19	238066,790	4013418,180	5,60
20	238621,890	4013316,240	6,52
21	238598,000	4013193,480	6,61
22	238306,100	4013474,480	7,60
23	235434,382	4014048,156	1,93
24	235582,990	4014124,676	1,54
25	235664,392	4014180,316	1,60
26	235767,819	4014184,071	1,50
27	235768,643	4014118,970	1,46
28	235857,053	4014229,513	1,25
29	235887,176	4014186,023	1,47
30	235500,060	4013924,706	2,47
31	235651,682	4013929,789	1,49
32	235578,205	4013892,278	1,57
33	235674,388	4013991,996	1,46
34	235723,846	4013940,573	1,49
35	235775,784	4013926,370	1,49
36	235623,875	4013810,998	1,28
37	235825,767	4014026,236	1,37
38	235803,526	4013957,721	1,47
39	235905,741	4013952,050	1,38
40	235922,914	4013995,967	1,40
41	235961,437	4014066,183	1,40
42	236082,826	4014076,170	1,62
43	236122,184	4014054,738	1,70
44	236052,933	4014036,705	1,58
45	236021,417	4013966,316	1,52

LISTADO DE COORDENADAS

ESTUDIO SOBRE ALCANCE DE MAREAS EN LA MARISMA DE BARBATE TT.MM. DE BARBATE Y VEJER DE LA FRONTERA (CADIZ)

Nº/CODIGO	X	Y	Z
46	235672,928	4013723,699	1,53
47	235751,040	4013675,061	1,44
48	235837,098	4013718,031	1,22
49	235889,217	4013794,685	1,33
50	235854,035	4013655,225	1,31
51	235749,494	4013620,567	1,27
52	235816,373	4013614,830	1,35
53	235827,702	4013626,840	1,49
54	235952,337	4013681,524	1,22
55	235962,077	4013765,663	1,49
56	235981,875	4013822,165	1,59
57	236032,350	4013822,175	1,70
58	236110,256	4013852,476	1,63
59	236182,553	4013909,294	1,81
60	236201,935	4013810,594	1,56
61	236093,217	4013738,081	1,40
62	236022,708	4013588,920	1,20
63	235896,779	4013583,784	1,14
64	236286,425	4013855,123	1,60
65	236306,815	4013747,404	1,45
66	236200,016	4013644,856	1,35
67	235790,436	4013530,607	1,58
68	235729,291	4013521,295	1,71
69	235702,480	4013489,029	1,67
70	235680,548	4013450,992	1,61
71	235644,697	4013404,817	1,58
72	235919,647	4013504,864	1,18
73	235937,785	4013442,053	1,20
74	235955,300	4013380,344	1,24
75	236066,258	4013436,652	1,19
76	235982,445	4013287,161	1,16
77	236042,455	4013250,341	1,14
78	235894,781	4013220,669	1,10
79	236009,660	4013194,047	1,23
80	236095,182	4013160,399	1,35
81	236216,901	4013232,449	1,09
82	236185,048	4013300,590	1,06
83	236121,178	4013339,999	1,22
84	236213,225	4013405,680	1,23
85	236260,188	4013516,401	1,30
86	236271,459	4013388,791	1,15
87	236365,893	4013404,738	1,21
88	236397,319	4013463,855	1,19
89	236342,548	4013286,422	1,08
90	236335,009	4013134,543	1,10

LISTADO DE COORDENADAS

ESTUDIO SOBRE ALCANCE DE MAREAS EN LA MARISMA DE BARBATE TT.MM. DE BARBATE Y VEJER DE LA FRONTERA (CADIZ)

Nº/CODIGO	X	Y	Z
91	236180,941	4013127,077	1,18
92	236218,094	4013104,217	1,32
93	236283,024	4013064,388	1,32
94	236359,906	4013017,272	1,02
95	236247,766	4012933,244	0,82
96	236329,922	4012941,716	1,16
97	236437,448	4012939,037	1,02
98	236486,404	4012981,421	0,94
99	236584,662	4013018,919	1,00
100	236156,679	4012892,232	0,75
101	236311,662	4012878,229	1,00
102	236629,785	4013108,354	0,90
103	236668,106	4013169,257	1,03
104	236669,806	4013221,609	0,99
105	236587,981	4013190,138	1,06
106	236484,529	4013229,938	1,07
107	236558,875	4013295,687	1,00
108	236635,010	4013320,645	0,90
109	236609,389	4012911,878	0,88
110	236463,384	4013354,682	1,10
111	236571,440	4013413,676	1,10
112	236466,186	4013464,193	1,17
113	236555,190	4013516,443	1,11
114	236635,669	4013553,167	1,12
115	236695,831	4013468,905	1,09
116	236734,296	4013353,707	1,07
117	236730,632	4013277,947	0,99
118	236823,334	4013350,507	1,02
119	236807,656	4013510,327	1,05
120	236750,020	4013609,996	1,37
121	236803,765	4013636,976	1,67
122	236812,561	4013641,303	1,74
123	236754,235	4013653,393	1,62
124	236658,431	4013632,751	1,26
125	236448,039	4013555,809	1,11
126	236383,544	4013624,139	1,20
127	236820,939	4013231,629	1,01
128	236473,796	4013701,737	1,30
129	236110,877	4012813,559	1,07
130	236167,243	4012743,129	1,07
131	236294,259	4012790,973	0,97
132	236409,815	4012823,597	0,91
133	236561,327	4012861,498	0,75
134	236536,938	4012736,575	1,04
135	236613,907	4012776,632	1,08

LISTADO DE COORDENADAS

ESTUDIO SOBRE ALCANCE DE MAREAS EN LA MARISMA DE BARBATE TT.MM. DE BARBATE Y VEJER DE LA FRONTERA (CADIZ)

Nº/CODIGO	X	Y	Z
136	236642,835	4012760,278	1,04
137	236637,196	4012820,349	1,01
138	236715,327	4012844,028	0,88
139	236744,365	4012889,624	0,99
140	236810,693	4012924,572	0,99
141	236767,365	4012973,633	1,00
142	236697,306	4013060,089	0,94
143	236748,133	4013142,428	1,01
144	236889,624	4013142,428	1,00
145	236985,784	4013211,044	1,04
146	236959,683	4013075,184	0,96
147	236837,424	4013034,015	0,99
148	236851,326	4012924,494	0,78
149	236898,522	4012923,222	1,01
150	236930,951	4012974,517	1,03
151	236994,458	4013012,313	0,94
152	237064,568	4013019,927	0,96
153	237048,507	4012997,465	1,06
154	237020,218	4012942,178	1,00
155	237058,604	4012865,854	1,05
156	237061,653	4012759,265	1,07
157	236926,503	4012750,129	1,03
158	236821,165	4012764,431	1,03
159	236833,093	4012814,220	1,09
160	236891,380	4012853,785	1,05
161	236935,349	4012884,489	1,05
162	236843,409	4012685,472	0,99
163	236912,277	4012631,358	1,00
164	236787,443	4012584,524	0,95
165	236758,776	4012639,374	0,96
166	236645,605	4012594,455	0,98
167	236723,706	4012543,688	0,88
168	236594,909	4012535,651	0,98
169	236719,041	4012477,364	0,83
170	236648,655	4012492,912	0,85
171	236544,099	4012476,791	1,05
172	236559,326	4012445,021	0,86
173	236616,436	4012436,985	0,85
174	236678,621	4012429,220	0,88
175	236637,348	4012366,874	0,88
176	236572,362	4012406,747	0,93
177	236541,937	4012417,161	1,08
178	236548,066	4012360,391	1,26
179	236581,663	4012348,154	0,90
180	236540,419	4012302,649	1,30

LISTADO DE COORDENADAS

ESTUDIO SOBRE ALCANCE DE MAREAS EN LA MARISMA DE BARBATE TT.MM. DE BARBATE Y VEJER DE LA FRONTERA (CADIZ)

Nº/CODIGO	X	Y	Z
181	236907,520	4012328,719	0,60
182	236533,133	4012249,867	1,26
183	236498,585	4012213,537	1,50
184	236475,845	4012145,078	1,27
185	236480,229	4012128,848	1,35
186	236539,491	4012097,118	1,18
187	237317,179	4013135,001	0,82
188	237465,780	4013193,670	1,22
189	237518,170	4013276,850	1,18
190	237533,820	4013314,320	0,60
191	237514,490	4013382,720	0,94
192	237605,082	4013453,186	0,98
193	237601,951	4013485,639	0,97
194	237629,242	4013511,964	1,01
195	237610,161	4013554,575	1,03
196	237673,987	4013567,717	1,05
197	237311,680	4013519,970	1,02
198	237271,350	4013548,100	0,99
199	237172,770	4013565,510	0,87
200	237398,437	4013623,511	1,06
201	237432,595	4013651,757	1,06
202	237416,366	4013690,451	1,07
203	237473,497	4013691,560	1,09
204	237537,044	4013689,239	1,07
205	237616,861	4013697,643	1,04
206	237654,376	4013655,271	1,10
207	237523,360	4013129,570	0,99
208	237586,940	4013095,520	1,05
209	237680,700	4013007,440	0,98
210	237689,060	4013039,590	1,53
211	237729,450	4013019,470	1,41
212	237828,460	4012943,260	0,96
213	237861,520	4012980,730	0,97
214	237951,410	4013055,030	1,03
215	238074,410	4013040,720	0,94
216	237462,720	4013726,514	1,06
217	237459,471	4013768,011	1,06
218	237455,916	4013794,529	1,05
219	237404,753	4013817,009	1,07
220	237434,801	4013855,671	1,07
221	237498,886	4013831,238	1,05
222	237611,098	4013779,754	1,08
223	237640,862	4013724,998	1,03
224	237670,769	4013754,625	1,10
225	237558,443	4013901,024	1,04

LISTADO DE COORDENADAS

ESTUDIO SOBRE ALCANCE DE MAREAS EN LA MARISMA DE BARBATE TT.MM. DE BARBATE Y VEJER DE LA FRONTERA (CADIZ)

Nº/CODIGO	X	Y	Z
226	237613,647	4013976,711	1,10
227	237544,550	4013970,422	1,03
228	237476,269	4013982,051	1,04
229	237407,167	4013944,732	1,07
230	237428,852	4013893,165	1,08
231	237398,182	4013880,905	1,07
232	237401,256	4014003,548	1,07
233	237371,243	4014045,154	1,07
234	237338,666	4014084,407	1,00
235	237312,870	4014091,281	1,10
236	237290,487	4014117,582	1,08
237	237288,832	4014156,869	1,03
238	237325,446	4014172,313	1,05
239	237392,020	4014139,317	1,00
240	237445,895	4014070,476	1,00
241	238377,634	4013327,793	1,22
242	238430,125	4013382,282	1,35
243	238386,311	4013245,539	1,10
244	238334,859	4013247,649	1,12
245	238266,248	4013237,989	1,05
246	238211,800	4013197,569	1,02
247	238191,447	4013149,425	1,00
248	238182,841	4013103,162	1,06
249	238387,381	4013165,410	1,07
250	238394,599	4013198,908	1,04
251	238437,522	4013133,066	1,06
252	238511,217	4013069,168	1,08
253	238579,350	4012964,988	1,12
254	238443,084	4013008,049	1,05
255	238408,323	4012894,146	1,10
256	238274,837	4012906,647	1,00
257	238341,580	4012816,358	1,03
258	238243,360	4012662,080	0,94
259	238155,130	4012525,040	0,75
260	238089,770	4012484,150	0,64
261	237952,720	4012426,100	0,61
262	237861,430	4012389,570	0,50
263	237792,930	4012361,620	0,41
264	237718,960	4012338,090	0,35
265	237642,000	4012253,840	0,50
266	237696,688	4012237,626	0,84
267	237593,692	4012196,771	0,82
268	237637,440	4012157,800	0,70
269	237616,180	4012100,260	0,58
270	237549,000	4012078,840	0,73

LISTADO DE COORDENADAS

ESTUDIO SOBRE ALCANCE DE MAREAS EN LA MARISMA DE BARBATE TT.MM. DE BARBATE Y VEJER DE LA FRONTERA (CADIZ)

Nº/CODIGO	X	Y	Z
271	237497,400	4012053,950	0,60
272	237555,120	4012018,610	0,52
273	237595,240	4012030,600	1,65
274	237607,463	4012000,134	0,00
275	237668,250	4012039,020	2,22
276	237675,040	4012008,710	1,06
277	237736,900	4012008,440	1,17
278	237818,200	4012029,170	0,58
279	237911,690	4012012,110	0,58
280	237961,870	4011995,770	0,75
281	238200,390	4011965,550	0,77
282	238322,700	4011964,920	0,88
283	238345,530	4011866,850	0,82
284	238352,750	4011717,470	0,42
285	238412,910	4011641,480	0,58
286	238431,650	4011516,850	0,58
287	238567,470	4011447,490	0,44
288	238607,750	4011467,190	0,72
289	238706,230	4011547,540	0,95
290	238713,380	4011611,170	2,26
291	238760,250	4011615,950	1,83
292	238811,170	4011576,530	0,58
293	238903,750	4011682,730	0,89
294	239346,850	4011835,840	1,56
295	239339,330	4011786,310	0,23
296	239417,320	4011805,810	0,29
297	239604,740	4011882,890	0,60
298	239963,110	4011854,870	0,53
299	239984,600	4011802,690	0,73
300	239916,670	4011767,240	0,62
301	239985,150	4011686,580	0,75
302	240042,030	4011770,480	3,47
303	240095,390	4011791,030	6,98
304	240100,590	4011730,610	3,69
305	240063,180	4011719,090	7,28
306	240007,590	4011665,620	2,71
307	240083,340	4011660,250	2,69
308	239992,330	4011601,540	0,96
309	240140,880	4011589,940	0,96
310	240221,910	4011752,580	0,75
311	240258,120	4011855,880	0,75
312	240362,250	4011980,150	0,91
313	240486,330	4011887,000	0,82
314	240635,300	4011785,300	0,67
315	240790,850	4011795,240	0,78

LISTADO DE COORDENADAS

ESTUDIO SOBRE ALCANCE DE MAREAS EN LA MARISMA DE BARBATE TT.MM. DE BARBATE Y VEJER DE LA FRONTERA (CADIZ)

Nº/CODIGO	X	Y	Z
316	240675,520	4011530,340	0,61
317	240680,190	4011383,830	0,68
318	240707,350	4011253,810	0,71
319	240881,630	4011809,840	0,82
320	240962,930	4011775,800	1,47
321	241070,710	4011716,760	1,51
322	241111,630	4011656,460	1,69
323	240926,030	4011649,420	0,98
324	240619,570	4011119,290	2,55
325	240617,170	4011051,230	2,37
326	240686,790	4010898,440	2,27
327	240640,310	4010887,080	0,67
328	240663,800	4010837,380	2,89
329	240635,090	4010818,080	2,55
330	240493,110	4010826,190	0,74
331	240396,670	4010896,400	2,03
332	240288,070	4010912,870	1,88
333	240209,180	4010918,250	0,89
334	239998,780	4010902,430	1,60
335	239834,830	4011019,550	0,44
336	239809,120	4010954,100	1,79
337	239742,380	4010917,440	0,73
338	239617,790	4010856,760	0,16
339	239656,530	4010816,500	1,62
340	239629,490	4010771,610	0,10
341	239671,100	4010709,470	1,62
342	239630,840	4010679,040	0,20
343	239709,550	4010534,590	1,70
344	239736,530	4010424,020	0,45
345	239690,210	4010317,210	1,75
346	239637,070	4010257,980	0,05
347	239676,390	4010194,810	0,30
348	239668,300	4010081,050	0,20
349	239674,550	4010035,770	1,26
350	239669,050	4009918,430	1,60
351	239665,240	4009861,800	1,68
352	239677,950	4009810,800	1,63
353	239734,850	4009660,430	1,69
354	239788,350	4009475,150	0,69
355	239937,290	4009490,910	0,63
356	240018,890	4009480,360	0,80
357	240245,290	4009512,160	0,91
358	240361,560	4009541,440	1,48
359	240444,260	4009598,940	1,32
360	240574,500	4009687,650	1,17

LISTADO DE COORDENADAS

ESTUDIO SOBRE ALCANCE DE MAREAS EN LA MARISMA DE BARBATE TT.MM. DE BARBATE Y VEJER DE LA FRONTERA (CADIZ)

Nº/CODIGO	X	Y	Z
361	240789,300	4009817,560	1,48
362	240832,420	4009858,670	1,28
363	240978,030	4009871,000	0,78
364	241022,910	4009905,370	0,92
365	241105,680	4009973,990	1,00
366	241008,020	4009747,260	0,94
367	241021,510	4009571,210	1,45
368	240991,420	4009482,350	1,47
369	241006,880	4009391,033	2,59
370	240886,930	4009378,510	1,16
371	240784,250	4009278,030	1,53
372	240744,890	4009175,070	1,47
373	240743,530	4008907,490	1,92
374	240706,490	4008847,630	0,48
375	240768,200	4008769,290	0,61
376	240862,330	4008745,560	0,39
377	240954,600	4008692,090	0,76
378	241049,850	4008683,880	0,91
379	241011,890	4008584,960	0,72
380	240987,280	4008470,770	0,57
381	240994,770	4008307,720	0,60
382	240907,070	4008310,460	0,43
383	240795,050	4008303,920	0,02
384	240708,330	4008328,110	0,29
385	240685,250	4008400,040	0,50
386	240630,870	4008352,290	3,15
387	240593,630	4008461,130	1,70
388	240475,255	4008371,008	3,23
389	240502,000	4008504,850	0,52
390	240426,420	4008455,810	1,79
391	240380,480	4008476,830	0,43
392	240287,000	4008363,960	0,44
393	240243,520	4008268,040	0,41
394	240289,550	4008060,910	2,35
395	240302,080	4007984,090	3,03
396	240337,720	4007913,620	3,55
397	240294,790	4007899,180	0,21
398	240318,020	4007822,010	0,08
399	240373,150	4007833,790	3,21
400	240401,530	4007684,270	1,84
401	240374,570	4007692,820	0,86
402	240360,400	4007637,130	1,61
403	240311,190	4007592,520	1,58
404	240113,100	4007552,520	0,48
405	240055,140	4007497,440	2,97

LISTADO DE COORDENADAS

ESTUDIO SOBRE ALCANCE DE MAREAS EN LA MARISMA DE BARBATE TT.MM. DE BARBATE Y VEJER DE LA FRONTERA (CADIZ)

Nº/CODIGO	X	Y	Z
406	240036,080	4007516,540	0,48
407	239398,550	4007808,050	1,97
408	239541,630	4007845,540	0,44
409	239628,660	4007681,000	0,16
410	239683,000	4007670,910	0,16
411	239790,410	4007769,290	0,52
412	239824,060	4007567,850	0,24
413	239805,030	4007466,220	0,31
414	239941,320	4007476,310	0,21
415	239455,540	4007892,960	0,36
416	239396,030	4007895,110	0,32
417	239356,320	4007934,300	0,27
418	239291,060	4007981,950	0,27
419	239276,270	4008030,410	0,43
420	239207,320	4008022,570	1,21
421	239221,400	4008074,510	0,22
422	239183,290	4008055,030	2,74
423	239175,610	4008086,520	2,82
424	239147,140	4008101,410	2,69
425	239123,070	4008131,100	1,62
426	239155,280	4008161,280	0,64
427	239174,240	4008142,520	0,24
428	239246,190	4008199,890	0,40
429	239287,600	4008265,370	0,40
430	239327,340	4008282,000	0,55
431	239287,530	4008333,470	0,61
432	239224,350	4008363,050	1,00
433	239182,380	4008353,440	0,37
434	239126,490	4008302,770	0,65
435	239024,250	4008248,950	0,67
436	238970,580	4008269,570	0,47
437	238904,240	4008238,020	0,75
438	238901,930	4008385,250	1,39
439	238876,070	4008461,140	0,38
440	238801,570	4008565,450	0,38
441	238787,240	4008657,760	1,34
442	238693,650	4008623,530	0,48
443	238650,360	4008695,600	0,55
444	238549,930	4008679,140	1,13
445	238360,810	4008657,500	1,30
446	238423,420	4008778,640	0,93
447	238610,090	4008774,720	0,81
448	238551,600	4008822,890	0,73
449	238480,020	4008824,660	0,76
450	238365,690	4008859,400	0,54

LISTADO DE COORDENADAS

ESTUDIO SOBRE ALCANCE DE MAREAS EN LA MARISMA DE BARBATE
TT.MM. DE BARBATE Y VEJER DE LA FRONTERA (CADIZ)

Nº/CODIGO	X	Y	Z
451	238220,940	4008794,580	0,50
452	238144,030	4008943,150	1,18
453	238147,690	4009155,790	0,53
454	237997,554	4009433,929	1,74
455	238016,910	4009450,670	1,57
456	238032,939	4009471,143	1,53
457	238093,910	4009530,807	2,04
458	238148,401	4009594,497	3,29
459	238181,449	4009633,932	2,02
460	238228,025	4009707,168	1,39
461	238303,360	4009670,050	0,16
462	238274,567	4009777,245	1,36
463	238310,730	4009791,289	2,15
464	238334,590	4009821,657	1,75
465	238339,875	4009849,368	1,43
466	238437,580	4009829,220	0,10
467	238437,490	4009897,110	0,21
468	238374,936	4009923,702	1,70
469	238408,230	4009953,500	0,01
470	238372,669	4009991,091	1,60
471	238351,923	4010047,989	1,61
472	238316,890	4010061,730	0,35
473	238314,710	4010189,420	0,03
474	238173,086	4010153,905	1,62
475	238121,776	4010200,223	1,58
476	238068,382	4010250,394	1,40
477	238039,857	4010285,793	1,69
478	238123,890	4010332,920	0,16
479	238022,257	4010337,932	1,47
480	238001,760	4010402,241	1,36
481	237981,280	4010415,520	0,06
482	237970,552	4010410,522	1,23
483	237921,630	4010441,410	0,39
484	237904,395	4010415,529	1,43
485	237909,540	4010395,560	0,58
486	237859,430	4010356,140	0,29
487	237828,650	4010396,110	0,26
488	237837,799	4010420,581	1,14
489	237842,730	4010435,550	0,26
490	237676,940	4010461,020	0,35
491	237781,160	4010430,190	0,29
492	237778,558	4010402,755	1,20
493	237719,936	4010385,267	1,36
494	237656,262	4010381,845	1,45
495	237598,366	4010419,646	1,25

LISTADO DE COORDENADAS

ESTUDIO SOBRE ALCANCE DE MAREAS EN LA MARISMA DE BARBATE TT.MM. DE BARBATE Y VEJER DE LA FRONTERA (CADIZ)

Nº/CODIGO	X	Y	Z
496	237578,100	4010475,430	0,41
497	237526,098	4010454,572	1,38
498	237452,787	4010440,233	1,12
499	237388,667	4010452,383	1,34
500	237372,470	4010564,860	0,68
501	237315,514	4010578,189	1,24
502	237352,730	4010625,240	0,55
503	237207,515	4010662,790	1,68
504	237284,170	4010737,230	0,60
505	237195,585	4010732,106	1,53
506	237187,112	4010798,133	1,25
507	237240,102	4010859,020	1,15
508	237310,370	4010867,730	0,27
509	237230,260	4010921,569	1,23
510	237220,160	4010984,509	1,70
511	237210,843	4011043,128	1,46
512	237254,050	4011102,750	0,21
513	237173,978	4011118,200	1,14
514	237162,249	4011167,782	1,39
515	237126,440	4011245,044	1,18
516	237111,390	4011315,950	0,22
517	237070,761	4011300,939	1,74
518	237045,070	4011379,370	0,29
519	237014,254	4011372,320	1,16
520	236963,360	4011394,150	0,30
521	236936,595	4011382,283	1,12
522	236860,733	4011381,695	1,03
523	236892,650	4011416,800	0,49
524	236866,282	4011440,817	1,19
525	236867,345	4011458,478	1,49
526	236905,560	4011481,910	0,68
527	236879,110	4011538,170	0,47
528	236856,714	4011511,099	1,31
529	236830,629	4011556,670	1,15
530	236801,461	4011601,611	1,24
531	236860,280	4011656,180	0,38
532	236743,224	4011626,476	1,42
533	236657,086	4011631,238	1,56
534	236660,737	4011678,572	1,30
535	236750,180	4011743,510	0,16
536	236628,311	4011773,132	0,96
537	236719,900	4011845,190	0,21
538	236631,704	4011842,239	1,42
539	236635,751	4011898,226	1,07
540	236622,777	4011942,317	1,31

LISTADO DE COORDENADAS

ESTUDIO SOBRE ALCANCE DE MAREAS EN LA MARISMA DE BARBATE TT.MM. DE BARBATE Y VEJER DE LA FRONTERA (CADIZ)

Nº/CODIGO	X	Y	Z
541	236606,163	4011997,727	1,26
542	236575,544	4012048,729	1,23
543	237292,888	4014250,015	0,92
544	237287,528	4014280,284	0,99
545	237297,730	4014334,352	0,90
546	237359,216	4014332,259	0,89
547	237395,689	4014366,610	1,04
548	237298,484	4014411,455	0,95
549	237351,121	4014425,755	0,83
550	237369,724	4014404,577	0,99
551	237340,354	4014448,897	1,00
552	237316,354	4014469,064	0,93
553	237395,218	4014278,205	1,00
554	237486,998	4014323,469	1,01
555	237493,918	4014397,987	0,90
556	237293,662	4014488,800	0,88
557	237378,497	4014505,055	0,04
558	237281,314	4014537,148	0,92
559	237312,455	4014568,560	0,90
560	237339,178	4014573,414	0,68
561	237363,516	4014575,515	0,99
562	237386,709	4014578,326	1,03
563	237407,441	4014587,671	1,01
564	237436,853	4014597,449	0,91
565	237473,646	4014618,317	0,85
566	237508,233	4014613,683	0,90
567	237504,114	4014624,914	0,78
568	237506,406	4014640,891	0,78
569	237508,737	4014586,315	0,89
570	237525,891	4014557,803	0,92
571	237542,711	4014540,786	0,39
572	237554,346	4014530,210	0,96
573	237567,807	4014497,439	0,87
574	237587,849	4014451,326	0,85
575	237623,550	4014439,134	0,88
576	237351,573	4014648,829	0,96
577	237467,048	4014662,673	0,87
578	237490,540	4014667,096	0,75
579	237470,764	4014695,637	0,84
580	237504,487	4014687,797	0,72
581	237503,755	4014693,593	0,81
582	237499,029	4014709,742	0,83
583	237500,294	4014722,960	0,79
584	237480,088	4014736,306	0,87
585	237454,703	4014746,406	0,99

LISTADO DE COORDENADAS

ESTUDIO SOBRE ALCANCE DE MAREAS EN LA MARISMA DE BARBATE TT.MM. DE BARBATE Y VEJER DE LA FRONTERA (CADIZ)

Nº/CODIGO	X	Y	Z
586	237509,606	4014664,237	0,88
587	237427,646	4014701,024	0,82
588	237396,387	4014705,623	0,92
589	237355,536	4014721,231	0,94
590	237314,454	4014711,752	0,81
591	237316,743	4014758,858	0,59
592	237237,120	4014781,476	0,85
593	237233,273	4014794,471	0,40
594	237654,882	4014403,956	0,78
595	237666,694	4014361,765	0,83
596	237571,807	4014354,805	0,93
597	237669,605	4014304,061	0,84
598	237638,711	4014244,864	0,84
599	237596,258	4014215,659	0,87
600	237566,448	4014179,835	0,96
601	237589,093	4014104,406	0,84
602	237597,088	4014067,556	0,88
603	237603,912	4014015,631	1,05
604	237490,384	4014510,938	0,95
605	236270,206	4008677,507	3,32
606	236269,594	4008673,034	3,32
607	236367,806	4008600,806	3,35
608	236386,501	4008593,715	3,33



Toma de datos sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)"

**TOMA DE DATOS SOBRE ALCANCE DE MAREAS EN LA MARISMA
DE BARBATE, T.T.M.M DE BARBATE Y VEJER DE LA FRONTERA
(CÁDIZ)**



Toma de datos sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)"

1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	2
1.2. LAS MARISMAS EN EL DPMT.....	2
1.3. ORIGEN DE LAS MAREAS.....	4
1.4. PROPAGACIÓN DE LA ONDA DE MAREA.....	7
1.5. COTA DE INUNDACIÓN.....	8
1.6. INFORMACIÓN UTILIZADA.....	10
2. METODOLOGÍA.....	10
2.1. DINÁMICAS ACTUANTES EN LA MARISMA DE BARBATE.....	10
2.2. OBTENCIÓN DE COTA DE INUNDACIÓN EN LA MARISMA DE BARBATE.....	15
2.2.1. <i>Datos de partida</i>	16
2.2.2. <i>Campaña de toma de datos</i>	21
2.2.3. <i>Contraste de datos de campo</i>	22
2.2.4. <i>Cota de inundación</i>	23
2.2.5. <i>Discusión de los resultados</i>	24
3. EQUIPO REDACTOR.....	25



1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Justificación del estudio.

Dentro de los tramos comprendidos en la Asistencia Técnica para la "Elaboración y tramitación de varios deslindes en la provincia de Cádiz, Fase V "de la que Pentia Ingenieros, S.A. es adjudicataria, se encuentra el "Deslinde del dominio público marítimo-terrestre del tramo de costa que comprende las marismas del río Barbate, T.T.M.M. de Vejer de la Frontera y Barbate (Cádiz)", actualmente en tramitación.

En el tramo objeto del deslinde reseñado, se encuentra la marisma de Barbate, en la desembocadura del río Barbate, aguas arriba de la localidad del mismo nombre.

Al tratarse de un ámbito de ría, para la determinación del dominio público marítimo-terrestre en la zona, resulta fundamental conocer el alcance mareal, determinado por la cota de inundación.

1.2. Las marismas en el DPMT

Con el decreto-Ley de 29 de abril de 1860, precedente inmediato de la Ley de Aguas de 1866, los humedales, pantanos, estanques, lagos, lagunas o albuferas se incorporaron por primera vez al derecho de aguas, constante que se ha venido manteniendo hasta la actualidad. Esta norma estudiaba sólo las aguas públicas, por lo que se contemplaban exclusivamente las zonas pantanosas en terrenos del estado, comunales o sin dueño conocido, o sea, sobre las que la Administración tenía facultades de disposición. Por lo tanto, se admitía la existencia de humedales de propiedad privada sobre las que sus dueños tendrían todos los poderes inherentes a tal derecho. Tras la publicación de las Leyes de Aguas de 1866 y 1879, y de Puertos de 1880, la evolución sobre la consideración jurídica de las zonas húmedas se movería con mayor virulencia. Estas Leyes supusieron una división en el tratamiento jurídico entre las aguas marítimas y las continentales,



por lo que se comenzó a distinguir entre las zonas húmedas: lagos, lagunas y charcas y marismas, admitiendo como dominio público los lagos y lagunas formados en terrenos del Estado, pero igualmente se admite sin restricciones la pertenencia a particulares de marismas y zonas pantanosas, dependiendo por ello su carácter público o privado y su titularidad de la propia naturaleza del terreno que ocupen.

La Ley de 27 de julio de 1918, de desecación y saneamiento de lagunas, marismas y terrenos pantanosos promovida por el entonces Ministro de Fomento, Francisco Cambó. Esta Ley surgió en un momento de desarrollo económico después de la Primera Guerra Mundial, que propició una intervención directa del Estado en la economía nacional de manos de una potenciación de las políticas regeneracionistas en el sector primario, constituyendo la transformación de los terrenos improductivos un apartado importante dentro del texto normativo. Además, este texto utilizaba definiciones de las zonas húmedas lo suficientemente amplias como para abarcar toda su tipología.

Ya avanzada la primera mitad del siglo XX, destacan la Ley de Puertos de 19 de enero de 1928 y su reglamento de igual fecha, que no aportaron novedad al esquema anterior.

Desde la década de los 70, los humedales tienen ya no interés económico destinado a la productividad sino un interés destinado a su conservación, sobre todo al ser considerados hábitats y especies de especial interés.

La Ley 22/1988 de Costas, es considerada como una Ley más ambiciosa que la anterior ya que considera DPMT las marismas, albuferas y marjales, y en general todos los terrenos bajos que se inundan como consecuencia del flujo y reflujo de las mareas, de las olas o por la filtración del agua del mar. Aunque son términos que se podrían deducir en la Ley del 69, cuando se habla de las mareas y del alcance de las olas, incorpora por primera vez la posibilidad de que la inundación se produzca como consecuencia de la filtración del agua del mar.



1.3. Origen de las mareas

A medida que la Tierra revoluciona alrededor del centro de gravedad del sistema Tierra/Sol, la orientación del eje de la Tierra en el espacio permanece igual. Esto se conoce como revolución sin rotación. La fuerza generadora de la marea es la suma de la fuerza gravitacional y la fuerza centrífuga. En un sistema con revolución pero sin rotación la fuerza centrífuga es la misma para cualquier punto sobre la superficie de la Tierra, pero la fuerza gravitacional sí varía. La fuerza generadora de marea, por tanto, varía en intensidad y dirección sobre la superficie de la Tierra. La componente vertical de esta fuerza es muy pequeña comparada con la gravedad y su efecto en el océano puede ser considerado nulo. La componente horizontal produce las corrientes de marea, lo cual da lugar a variaciones en el nivel del mar.

La fuerza gravitacional que ejerce un cuerpo celestial (Luna, Sol o estrellas) es proporcional a su masa pero inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. La distancia entre el Sol y la Tierra es mayor que la distancia entre la Luna y la Tierra, lo cual significa que la fuerza gravitacional del Sol (y por tanto, su fuerza generadora de marea) es alrededor del 46% de la fuerza de la Luna. Otros cuerpos celestiales no ejercen una fuerza de marea significativa. A este tipo de mareas se les denomina Mareas Astronómicas.

Las mareas son ondas largas, ya sean progresivas o estacionarias. El periodo dominante es usualmente de 12 horas 25 minutos, el cual es la mitad de un día lunar. Las mareas se forman por el potencial gravitacional de la luna y el sol. Su propagación y amplitud están influenciadas por fricción, la rotación de la Tierra (fuerza de Coriolis) y la resonancia que está determinada por las formas y profundidades de las cuencas oceánicas y los mares marginales.

En la descripción de las mareas se utiliza habitualmente la siguiente terminología:

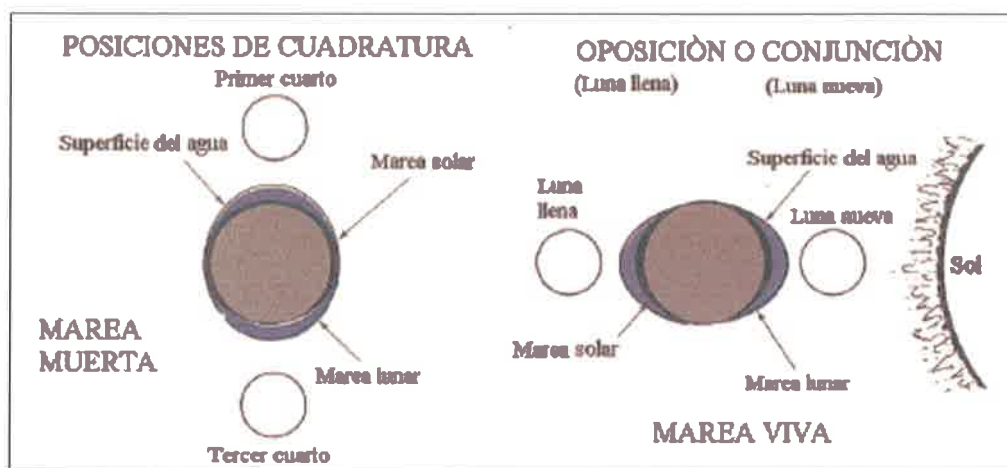
- Marea Alta: máximo en el nivel del agua.



- Marea Baja: mínimo en el nivel del agua.
- Nivel Medio de Marea (NMM): el nivel medio del agua, relativo al punto de referencia (nivel de referencia o "datum") cuando el promedio se realiza sobre un periodo de tiempo largo.
- Rango de marea: diferencia entre marea alta y marea baja.
- Desigualdad diurna: la diferencia entre dos máximos o mínimos sucesivos de marea.
- Marea Viva: la marea que ocurre poco después de luna nueva o luna llena.
- Marea Muerta: la marea que ocurre poco después de la luna de cuarto menguante o cuarto creciente.

El que existan mareas vivas y mareas muertas alternas da como resultado una desigualdad quincenal en las alturas de la marea y las corrientes. Este periodo es de 14,77 días, el cual es la mitad de un mes sinódico (tiempo que transcurre entre fases sucesivas de la Luna). Dado que la Luna y la Tierra tienen órbitas elípticas, en ciertos momentos están más cerca de sus focos, y es cuando se producen las mareas más altas del año. Esto ocurre por ejemplo para la Tierra alrededor de los equinoccios de primavera y otoño, los cuales son alrededor del 21 de marzo y 23 de septiembre respectivamente.

Toma de datos sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)''



Posición de la Luna-Sol-Tierra y su relación con las mareas.

Existen otras desigualdades con periodos similares o más largos.

Es el caso de la Pleamar Máxima Viva Equinoccial (PMVE) y la Bajamar Mínima Viva Equinoccial (BMVE).

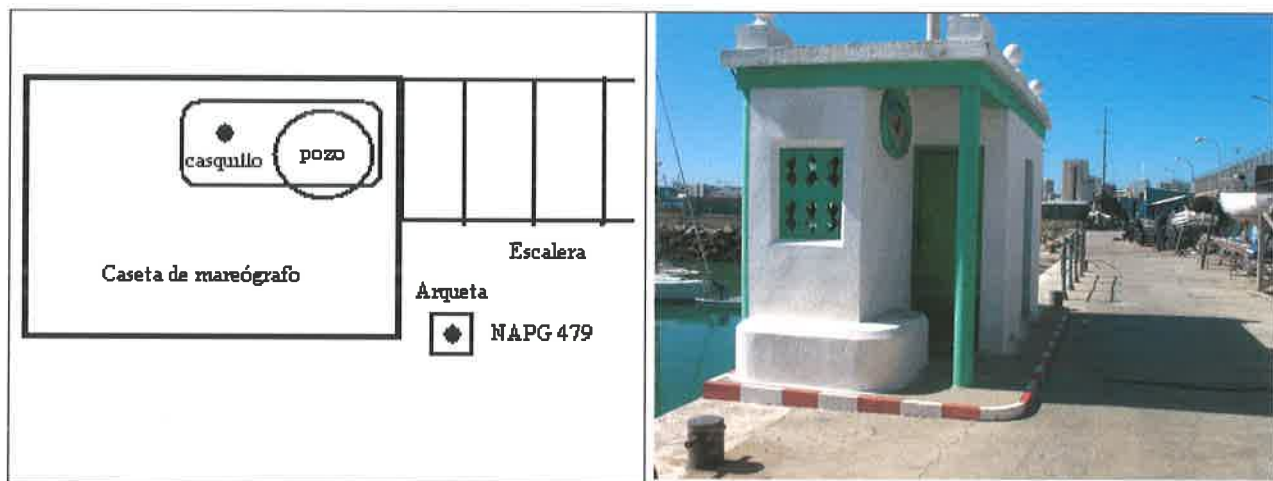
La PMVE es la suma de la Máxima Pleamar Astronómica y el residuo meteorológico máximo cuyo periodo de retorno sea 300 años.

La BMVE se obtiene restando a la Mínima Marea Astronómica el residuo meteorológico mínimo cuyo periodo de retorno sea 300 años.

Para obtener una fiabilidad aceptable para estos valores debe existir una observación de los valores del nivel de marea astronómica durante un periodo de 18,6 años. Estos datos son fáciles de obtener para los puertos de la red REDMAR de Puertos del Estado en los que se hayan instalados mareógrafos tomando datos desde 1992, sin embargo no ha sido colocado ninguno de estos mareógrafos en el puerto de Barbate, aunque sí en el puerto de Cádiz (IEO) y en Tarifa (IEO/IHM).

También hay que tener en cuenta la presión atmosférica de las fechas en las que se obtienen los datos ya que dan lugar a las llamadas Mareas Meteorológicas que se pueden definir como una sobreelevación del nivel medio del mar asociada al paso de una borrasca o una depresión del nivel del mar debido al paso de un frente de altas presiones. Además, la acción del viento sobre la superficie del agua marina puede provocar un ascenso o un descenso del nivel del mar junto a la costa, en

función de que el viento sopla hacia tierra o hacia el mar respectivamente. Este desequilibrio genera corrientes de “upwelling” perpendiculares a la costa que pueden alcanzar velocidades elevadas.

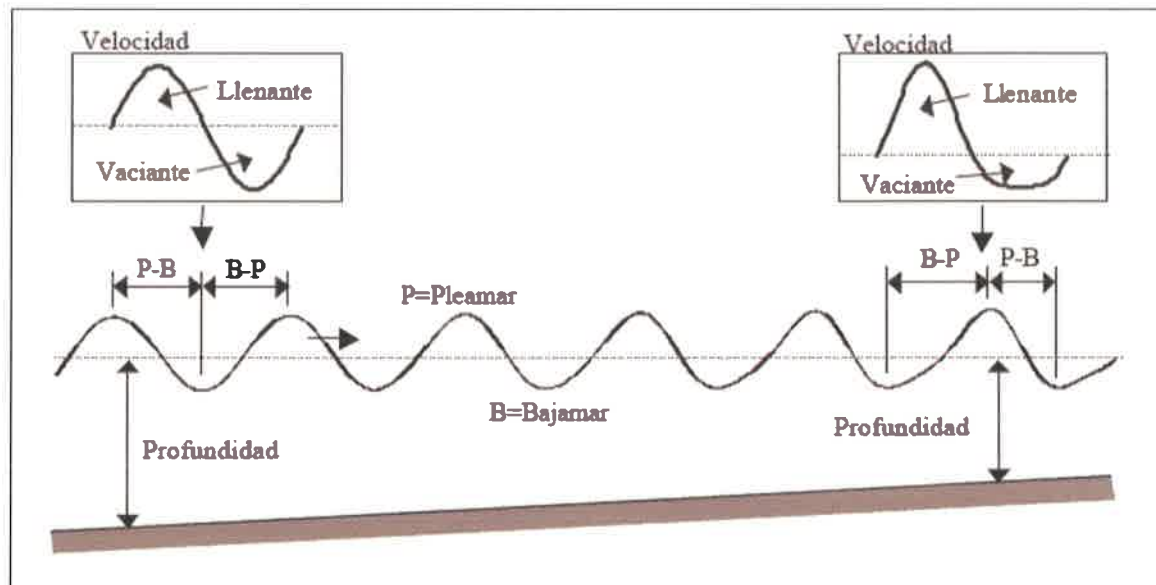


Fuente: IEO. Caseta de mareógrafo en el puerto de Tarifa.

1.4. Propagación de la onda de marea.

La velocidad de propagación de la onda de marea, denominada celeridad, es proporcional a la profundidad total, e independiente del periodo. En el océano, la profundidad es mucho mayor a la amplitud, por lo que puede asumirse que la marea se propaga a la misma celeridad a lo largo de todo su ciclo. Sin embargo, conforme se aproxima a la costa y, en particular, al penetrar en un estuario somero, la diferencia entre la celeridad en pleamar y en bajamar se hace patente: en pleamar la celeridad es mayor, mientras que en bajamar sucede lo contrario.

Toma de datos sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)''



Deformación de la onda de marea al propagarse en un estuario somero. Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas. Universidad de Cantabria.

El efecto de la amplitud finita de la onda es perceptible en la áreas menos profundas deformando la onda. Como resultado, el tiempo entre la bajamar y la pleamar (llenante) puede acortarse o alargarse de manera apreciable y, consecuentemente, se producirá una asimetría en las velocidades del fluido. La asimetría se representa por un intervalo más corto pero de mayor intensidad en una dirección, y un intervalo más largo pero de menor intensidad en la otra.

Esta asimetría define la tendencia evolutiva del estuario. El campo de velocidades definido por la marea es capaz de transportar el sedimento, y si las velocidades son asimétricas, existirá una tendencia a la sedimentación o erosión que modificará la morfología del estuario, local y globalmente. El cambio de morfología repercutirá, a su vez, en la deformación de la onda y, en un momento dado, se puede llegar a detener el proceso, alcanzando una situación de equilibrio dinámico.

1.5. Cota de inundación.

La cota de inundación o cota máxima alcanzada por la acción conjunta de la marea astronómica, marea meteorológica y ascenso del oleaje, es una variable



aleatoria que ha de obtenerse como suma de las variables deterministas y aleatorias anteriormente citadas.

En el “Atlas de Inundación del litoral peninsular español”, realizado por la universidad de Cantabria para la Dirección General de Costas se utilizan distintos recursos (mareógrafos, boyas,...) para la zonificación del litoral español según las variables anteriormente expuestas. De este modo:

- Zonificación del litoral español a efectos de oleaje: Boyas REMRO
- Zonificación del litoral español a efectos de marea astronómica: Redes de Mareógrafos REDMAR y IEO
- Zonificación del litoral español a efectos de marea meteorológica: Red de mareógrafos REDMAR.

Sin embargo en el área que nos ocupa, correspondiente al Puerto de Barbate, no existen datos recogidos por ninguna de estas redes de mareógrafos y boyas.

La falta de datos y concretamente, la falta de una serie de datos temporalmente dilatada impide obtener las Constantes Armónicas (frecuencias y fases de oscilación) que permiten que una predicción de mareas obtenga una mayor fiabilidad. Cuanto más larga es la serie temporal de datos obtenidos, mayor número de constantes armónicas puede ser extraído de ella.

Se debe tener en cuenta que considerando las series históricas del nivel del mar en el litoral español, que datan desde 1943 existe una tendencia de un aumento de 0,9 mm/año en la zona del Estrecho. Si bien estos resultados tienen que ser considerados con precaución debido a la longitud de las series, lagunas y señales registradas en los mareógrafos que no han podido ser removidas por falta de información al respecto (movimientos verticales, asentamientos del terreno,...).



1.6. Información utilizada

Para la elaboración del presente estudio, se ha empleado la siguiente información:

- "Atlas de Inundación del litoral peninsular español", realizado por la universidad de Cantabria para la Dirección General de Costas.
- Anuario de mareas del 2007, publicado por el Instituto Hidrográfico de la Marina.
- Campaña de campo de medidas de mareas en las marismas de Barbate de septiembre de 2007.
- Mareógrafo de Barbate. Periodo de datos desde abril hasta mayo del 2006.
- Campaña de campo en las marismas de Barbate de abril de 2008.

2. METODOLOGÍA.

En este capítulo se describe el modelo que se ha desarrollado para conocer el régimen de niveles en las marismas de Barbate.

En primer lugar se analizan las dinámicas que condicionan la cota de inundación en una marisma y en segundo lugar se describe la metodología empleada para llevar a cabo este estudio.

2.1. Dinámicas actuantes en la marisma de Barbate

El régimen de inundación alcanzado en un punto de una marisma es un fenómeno especialmente complejo, tanto por el gran número de fenómenos que intervienen en el proceso de inundación, como por la interacción entre dichos elementos.



En una primera aproximación, el fenómeno de inundación de una marisma puede ser representado de acuerdo con el siguiente esquema o modelo simple de funcionamiento: En un instante determinado el nivel del mar exterior está caracterizado por una marea astronómica y una marea meteorológica. Estas mareas se propagan por el interior del estuario modificando sus características en función de la geometría de la marisma, rugosidad del lecho y la presencia de un caudal fluvial. Superpuesto a estas oscilaciones de muy largo período se encuentra el oleaje que, bajo determinadas condiciones, se propaga por el interior de la marisma provocando una nueva variación de la cota de inundación de las márgenes de la marisma, y de la velocidad del flujo.

En el modelo de funcionamiento anterior, se ha citado una serie de dinámicas que condicionan la cota de inundación y la velocidad del flujo en la marisma. Estas dinámicas son:

- Marea Astronómica.
- Marea Meteorológica.
- Caudal Fluvial.
- Oleaje.

Cada uno de los elementos anteriores depende, a su vez, de una serie de factores. Así, por ejemplo la marea meteorológica depende del viento, variaciones de presión. El caudal fluvial depende del régimen de precipitaciones.

Nótese, además, que algunas de las dinámicas anteriormente señaladas (oleaje, viento...) son variables aleatorias, y que, consecuentemente, la cota de inundación es una variable aleatoria y, por tanto, su presentación está sujeta a una determinada probabilidad de ocurrencia.

A continuación se analiza con detalle cada uno de los elementos que condicionan el régimen de inundación en las marismas de Barbate y se estiman valores típicos de cada uno de ellos al objeto de mostrar la importancia relativa de los mismos.



Es importante señalar en este punto, que la acción humana, con su capacidad de modificar la geometría de la marisma, es, también, una "dinámica" que condiciona la cota de inundación en el interior de la marisma. No obstante, el presente estudio no analiza la evolución histórica de la cota de inundación sino la existente con la geometría propuesta.

Por lo tanto, los elementos que se van a considerar son marea astronómica, marea meteorológica y caudal fluvial, despreciando el efecto del oleaje ya que el interior de la marisma de Barbate se encuentra protegido por el canal de entrada.

Marea astronómica

La marea astronómica se produce por la atracción que los astros (Sol y Luna, principalmente) ejercen sobre las aguas de los océanos y se observa como un movimiento regular de elevación del nivel del mar.

La teoría actual permite establecer un método práctico para la determinación de mareas en puntos a lo largo de la costa y estuarios, de modo que conozcamos la marea en un punto determinado con detalle.

Este método práctico, conocido como Análisis Armónico de Mareas, adopta las siguientes hipótesis de partida:

La marea resultante en cualquier punto es suma de un número finito de constituyentes, cada uno con su propia periodicidad, desfase y amplitud. Estos constituyentes son armónicos simples en tiempo y son independientes entre sí.

Con estas hipótesis puede expresarse:

$$\eta = a_0 + \sum_{i=1}^N a_i \sin\left(\frac{2\pi}{T_i} t + \beta_i\right) \quad (2.1)$$

donde η es la marea resultante en una localización particular, compuesta por N constituyentes. La amplitud, desfase y período de cada componente son a_i , β_i y T_i , respectivamente. El nivel medio del mar viene dado por a_0 .



Para llevar a cabo la predicción de la marea mediante el análisis armónico se sigue el proceso siguiente:

- Medida y análisis de la onda de marea en un punto para la obtención de las amplitudes, desfases y períodos de las componentes en ese punto.
- Empleo de esta información para predecir futuras variaciones.

En este estudio, para el establecimiento de la onda de marea en las marismas de Barbate, se han utilizado los datos del Anuario de mareas del 2007, publicado por el Instituto Hidrográfico de la Marina y basado a su vez en los datos del programa RIMA (Red Integrada de Mareógrafos).

En el siguiente apartado se describe los datos de marea astronómica utilizados en este estudio.

Marea meteorológica. Viento

Los fenómenos de dinámica atmosférica que van a influir a la hora de producir sobreelevaciones del nivel del mar son el viento y las variaciones de presión.

La acción continua del viento sobre la lámina de agua del mar puede provocar el arrastre de la misma. Si este arrastre se produce en la dirección de la playa, el agua se acumula en ésta, produciendo un ascenso del nivel medio del mar.

Esta elevación del nivel medio depende de la intensidad del viento, trayectoria, duración, forma de la costa, configuración, rugosidad del fondo... Las ecuaciones que describen este proceso son la ecuación de continuidad, que expresa la conservación de la masa, y las ecuaciones de cantidad de movimiento, que representan la segunda ley de Newton.

Una forma simplificada de estas expresiones se obtiene promediando verticalmente todas las ecuaciones que gobiernan el proceso, resultando:

$$\frac{\partial \eta_v}{\partial x} = \frac{(\tau_s + \tau_b)}{\rho g H} \quad (2.2)$$

donde η_v es la sobreelevación debida al viento; τ_s es la tensión tangencial debida al viento; τ_b es la tensión tangencial debida a la fricción con el fondo; g es la gravedad y H es la profundidad.

La integración de la ecuación anterior en el supuesto de profundidad constante y expresando las tensiones tangenciales en función de la velocidad del viento arroja como resultado:

$$\eta = h \left[\sqrt{\frac{2kW^2x}{gh^2} + 1} - 1 \right] \quad (2.3)$$

donde η es la sobreelevación del nivel del mar en la línea de costa; k es el coeficiente ($= 3.3 \cdot 10^{-6}$); W es la velocidad del viento (m/s), h es el calado y x es la distancia horizontal en la que sopla el viento.

Como ejemplo, para un viento de 70 km/h, fijando $h = 5$ m y soplando sobre una lámina de agua de 3000 m la sobreelevación que se produce es de 8 cm. Este resultado apoya la idea de prescindir del efecto del viento a la hora de calcular el nivel de inundación, ya que, además de tener poca influencia, su eliminación va a facilitar en gran medida los cálculos.

Marea meteorológica. Presión atmosférica

Las oscilaciones de la presión atmosférica son uno de los factores constantes de variación del nivel del mar. Una disminución de la presión atmosférica sobre la superficie del mar se verá acompañada por un aumento en el nivel de éste.

Existen varios métodos para estimar la variación de nivel motivada por la presencia de una borrasca.

La expresión más sencilla consiste en adoptar un valor aproximado de un centímetro por cada milibar por debajo de la presión atmosférica estándar de 1013 milibares:



$$S_{vp} = 0,010 \cdot (1013 - P_a)$$

Este es el método considerado en el Anuario de Mareas del 2007 publicado por el Instituto Hidrográfico de la Marina y por consiguiente utilizado en el presente estudio.

Otros métodos más complejos estiman la mencionada variación mediante la expresión del efecto borrasca, su geometría, radio y distancia al punto de previsión. Como ejemplos de algunos de estos métodos tenemos:

$$S_{vp} = 10,26 \cdot (P_n - P_0) \cdot \left(1 - e^{-\frac{R}{r}} \right)$$

$$S_{vp} = 10,26 \cdot (P_n - P_0) \cdot \left(1 - e^{-\frac{R-r}{r}} \right)$$

donde S_{vp} es la variación del nivel medio en metros; P_n es la presión en la periferia de la borrasca en bares; P_0 es la presión en el centro de la borrasca en bares; R es el radio de la borrasca y r es la distancia del punto de medida al centro de la borrasca.

Caudal fluvial

El caudal fluvial es, en general, un factor relevante en la cota de inundación. Hay que tener en cuenta que el caudal fluvial influye aumentando la pleamar en 0,6 mm y en 1 mm la bajamar por cada m³/s. En nuestro caso el río Barbate está regulado por la existencia del embalse de Barbate lo cual impide la existencia de grandes crecidas.

Teniendo en cuenta estos datos, para el cálculo de un régimen medio de niveles, el caudal del río es despreciable frente al caudal de la marea.

2.2. Obtención de cota de inundación en la Marisma de Barbate.

En el apartado anterior se ha indicado que la cota de inundación de un punto cualquiera del estuario es una variable aleatoria que depende funcionalmente de

otras variables aleatorias (presión atmosférica, lluvia) y deterministas (marea astronómica). En el presente apartado se desarrolla el método de obtención de dicha cota.

2.2.1. Datos de partida

Para la comprobación de los datos de campo obtenidos en el presente estudio se ha calculado el nivel de marea exterior existente en el puerto de Barbate en las fechas de las mediciones. Para ello se ha utilizado el Anuario de mareas del 2007, publicado por el Instituto Hidrográfico de la Marina y basado a su vez en los datos del programa RIMA (Red Integrada de Mareógrafos)

Para el cálculo de la marea exterior en el puerto de Barbate partimos de su puerto patrón que es el de Cádiz.

Según el mencionado Anuario las previsiones para las máximas pleamares se darían en los días 27 y 28 de septiembre. En la tabla adjunta observamos dichos valores así como la hora en que se produce dicha máxima. Las alturas están referidas al cero hidrográfico y las horas al huso Z (GMT).



Toma de datos sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)

AÑO 2007**CÁDIZ**

JULIO						AGOSTO						SEPTIEMBRE					
Día	Hora	Alt/m	Día	Hora	Alt/m	Día	Hora	Alt/m	Día	Hora	Alt/m	Día	Hora	Alt/m	Día	Hora	Alt/m
1	02 38	3.06	16	03 28	3.22	1	03 42	3.33	16	04 11	3.18	1	04 38	3.47	16	04 36	3.07
D	08 34	0.84	L	09 17	0.67	X	09 36	0.53	J	10 01	0.63	S	10 33	0.38	D	10 34	0.85
	14 50	3.33		15 42	3.52		15 56	3.61		16 26	3.34		17 00	3.56		16 54	2.98
	21 06	0.65		21 54	0.51		22 06	0.34		22 27	0.66		23 00	0.47		22 49	0.98
2	03 18	3.11	17	04 07	3.17	2	04 22	3.34	17	04 42	3.08	2	05 22	3.29	17	05 09	2.93
L	09 12	0.81	M	09 54	0.70	J	10 15	0.52	V	10 33	0.75	D	11 18	0.58	L	11 09	1.03
	15 30	3.38		16 22	3.45		16 38	3.59		16 58	3.17		17 48	3.28		17 29	2.78
	21 45	0.62		22 30	0.62		22 46	0.40		22 58	0.82		23 44	0.76		23 22	1.17
3	03 59	3.13	18	04 44	3.08	3	05 04	3.28	18	05 14	2.95	3	06 12	3.05	18	05 47	2.77
M	09 51	0.81	X	10 31	0.79	V	10 56	0.58	S	11 07	0.90	L	12 10	0.84	M	11 50	1.23
	16 13	3.39		17 00	3.31		17 22	3.48		17 31	2.97		18 45	2.94		18 11	2.57
	22 26	0.62		23 05	0.76		23 27	0.53		23 30	1.00						
4	04 42	3.11	19	05 21	2.96	4	05 49	3.16	19	05 48	2.80	4	06 38	1.08	19	06 03	1.38
X	11 17	0.90	J	11 08	0.91	S	11 41	0.71	D	11 43	1.09	●	07 13	2.80	●	06 35	2.61
	16 57	3.37		17 38	3.14		18 10	3.29		18 07	2.75		13 20	1.11		12 46	1.41
	23 08	0.66		23 40	0.93								20 01	2.63		19 10	2.39
5	05 27	3.06	20	05 58	2.83	5	06 13	0.73	20	06 06	1.19	5	07 00	1.34	20	07 07	1.56
J	11 17	0.90	V	11 46	1.06	●	06 38	2.99	●	06 28	2.65	X	08 41	2.64	J	07 47	2.49
	17 44	3.30		18 16	2.94		12 32	0.89		12 27	1.28		15 19	1.24		14 26	1.52
	23 54	0.74					19 05	3.04		18 51	2.54		21 46	2.51		20 54	2.30
6	06 16	2.98	21	06 38	2.69	6	07 07	0.96	21	07 21	2.50	6	08 03	1.39	21	08 13	1.61
V	12 06	0.98	S	12 29	1.22	L	07 38	2.81	M	07 21	2.50	J	10 20	2.68	V	09 34	2.50
	18 35	3.19		18 59	2.73		13 36	1.08		13 29	1.45		17 03	1.12		16 17	1.41
							20 14	2.80		19 56	2.36		23 14	2.60		22 38	2.42
7	07 10	2.89	22	07 27	2.56	7	08 55	2.69	22	08 43	2.42	7	09 23	1.25	22	09 41	1.46
●	13 02	1.06	●	13 22	1.37	M	15 09	1.19	X	15 17	1.52	V	11 33	2.87	S	10 52	2.69
	19 33	3.07		19 53	2.55		21 43	2.65		21 42	2.29		18 07	0.93		17 19	1.18
8	08 13	2.82	23	08 32	2.48	8	03 56	1.25	23	03 59	1.53	8	00 14	2.78	23	05 34	1.22
D	14 07	1.12	L	14 36	1.47	X	10 23	2.71	J	10 19	2.48	S	06 15	1.06	D	11 45	2.95
	20 41	2.96		21 07	2.43		16 51	1.13		16 53	1.39		12 26	3.08		18 04	0.91
							23 09	2.68		23 09	2.40		18 52	0.75			
9	09 24	2.81	24	09 51	2.48	9	05 20	1.18	24	05 13	1.39	9	00 58	2.97	24	00 18	2.94
L	15 25	1.13	M	16 06	1.46	J	11 37	2.86	V	11 27	2.66	D	06 55	0.87	L	06 15	0.96
	21 55	2.91		22 28	2.42		18 06	0.95		17 52	1.18		13 09	3.27		12 27	3.24
													19 27	0.61		18 43	0.63
10	10 35	2.87	25	10 59	2.57	10	06 21	1.03	25	06 04	1.19	10	01 34	3.12	25	00 56	3.22
M	16 43	1.05	X	17 19	1.34	V	12 36	3.07	S	12 16	2.89	L	07 28	0.71	M	06 53	0.69
	23 07	2.93		23 33	2.50		19 02	0.75		18 37	0.94		13 45	3.41		13 07	3.52
													19 58	0.52		19 19	0.38
11	11 38	3.00	26	11 53	2.73	11	07 09	0.87	26	06 46	0.97	11	02 06	3.23	26	01 33	3.46
X	17 53	0.90	J	18 13	1.16	S	13 24	3.28	D	12 57	3.15	●	07 59	0.59	○	07 31	0.44
							19 46	0.58		19 15	0.69		14 19	3.48		13 46	3.75
													20 26	0.48		19 56	0.19
12	12 36	3.17	27	12 38	2.91	12	08 48	0.72	27	07 23	0.75	12	02 37	3.30	27	02 10	3.64
J	18 54	0.73	V	18 58	0.97	●	14 06	3.43	L	13 36	3.40	X	08 30	0.53	J	08 09	0.25
							20 23	0.47		19 51	0.46		14 51	3.48		14 27	3.89
													20 54	0.49		20 34	0.10
13	13 28	3.33	28	13 18	3.10	13	02 31	3.21	28	02 02	3.30	13	03 06	3.30	28	02 49	3.73
V	19 47	0.59	S	19 37	0.78	L	08 23	0.61	○	08 00	0.54	J	09 00	0.53	V	08 48	0.16
							14 44	3.52		14 14	3.61		15 22	3.42		15 09	3.90
							20 56	0.43		20 27	0.28		21 22	0.55		21 13	0.14
14	14 16	3.45	29	14 57	3.28	14	03 06	3.25	29	02 39	3.46	14	03 36	3.27	29	03 30	3.72
●	20 34	0.49	D	20 15	0.60	M	08 56	0.56	X	08 36	0.37	V	09 30	0.58	S	09 30	0.19
							15 20	3.53		14 53	3.76		15 52	3.31		15 53	3.78
							21 27	0.46		21 03	0.16		21 51	0.65		21 53	0.29
15	15 01	3.52	30	15 36	3.44	15	03 39	3.24	30	03 17	3.56	15	04 05	3.19	30	04 14	3.59
D	21 16	0.47	○	20 51	0.46	X	09 29	0.56	J	09 13	0.28	S	10 02	0.69	D	10 14	0.33
							15 54	3.46		15 33	3.81		16 22	3.16		16 40	3.53
							21 57	0.54		21 41	0.15		22 19	0.80		22 35	0.56
			31	03 03	3.26				31	03 57	3.56						
			M	08 58	0.59				V	09 52	0.28						
				15 15	3.56					16 15	3.75						
				21 28	0.37					22 19	0.26						

Las alturas expresadas se sumarán a las sondas de las cartas españolas para obtener la sonda en las horas de pleamar o bajamar. Las horas corresponden al huso 0.- Para tener horas oficiales SÚMESE EL ADELANTO VIGENTE.



Toma de datos sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)"

Esta dato concuerda con el facilitado por el "Atlas de Inundación del litoral peninsular español", realizado por la universidad de Cantabria para la Dirección General de Costas, que marca una PMVE de 3,993 sobre el cero hidrográfico.

Para obtener el nivel de mareas en dicha fecha en el puerto de Barbate debemos corregir los datos del puerto patrón (Cádiz) en base a las diferencias horarias y de alturas con el puerto estudiado (Barbate). Estos datos son también recogidos en el Anuario obteniéndose la siguiente tabla:

27 de septiembre de 2007						
	HORAS (GMT)			ALTURAS (Cero Hidrográfico)		
	Puerto Patrón: Cádiz	Diferencia De hora	Mareas en Pto. Barbate	Puerto Patrón: Cádiz	Diferencia Altura	Mareas en Pto. Barbate
Pleamares	02:10	-0:19	01:51	3,64	-0,97	2,67
	14:27	-0:19	14:08	3,89	-0,97	2,92
Bajamares	08:09	-0,20	07:49	0,25	-0,31	-0,06
	20:34	-0,20	20:14	0,10	-0,31	-0,21

28 de septiembre de 2007						
	HORAS (GMT)			ALTURAS (Cero Hidrográfico)		
	Puerto Patrón: Cádiz	Diferencia De hora	Mareas en Pto. Barbate	Puerto Patrón: Cádiz	Diferencia Altura	Mareas en Pto. Barbate
Pleamares	02:49	-0:19	02:30	3,73	-0,97	2,76
	15:09	-0:19	14:50	3,90	-0,97	2,93
Bajamares	08:48	-0,20	08:28	0,16	-0,31	-0,15
	21:13	-0,20	20:53	0,14	-0,31	-0,17

Como podemos observar, los valores obtenidos en la tabla anterior, procedentes del Instituto Hidrográfico de la Marina, representan datos referidos al cero hidrográfico del puerto de Cádiz (situado a -1,767m por debajo del Nivel Medio del Mar en Alicante) y al huso horario Z (GMT). Corrigiendo estos valores obtenemos las previsiones para el puerto de Barbate en dichas fechas:



Toma de datos sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)

Mareas en el Puerto de Barbate		
	Hora Local	Altura en metros sobre NMMA
27 septiembre	03:51	0,903
	9:49	-1,827
	16:08	1,153
	22:14	-1,977
28 septiembre	4:30	0,993
	10:28	-1,917
	16:50	1,163
	22:53	-1,937

Estos datos se refieren a la marea astronómica esperada en esos días en el puerto de Barbate.

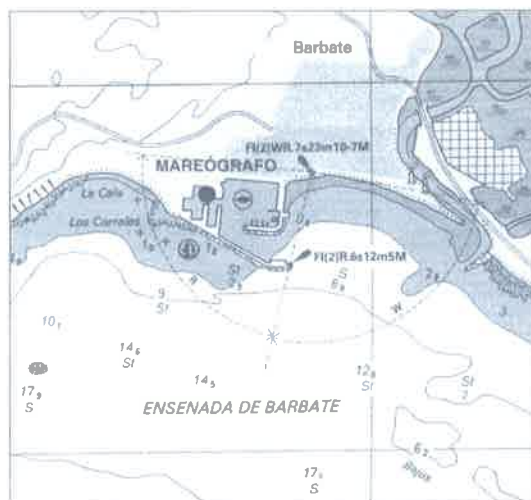
Estas alturas son algo inferiores a los datos obtenidos por el mareógrafo instalado temporalmente en el puerto de Barbate desde abril hasta mayo del 2006:



Toma de datos sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)

Mareógrafo

Instalación temporal.



Cero Hidrográfico

Calculado en 2006.

Periodo de Análisis Armónico desde Abril hasta Mayo del 2006.

Predicción para el cálculo de LAT de 1990 a 2009.

Error (al 96%) de las predicciones respecto a los datos para el periodo analizado: 5.6 cms.

El cero hidrográfico se encuentra a 4,528 metros por debajo del clavo geodésico GEO PUNT, situado en el pretil junto a una tapa de registro al sur de la toma de corriente que existe en el dique seco del puerto de Barbate.

GEO PUNT	BARBATE
3,046 m	NMM Local
4,528 m	Cero Hidrográfico



Toma de datos sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)

Altura en metros sobre NMMA					
PMMA	PMVM	PMMM	BMMM	BMVM	BMMI
1,622	1,472	0,672	-0,118	-0,878	-1.008

PMMA: Pleamar Máxima

PMVM: Pleamar Viva Media

PMMM: Pleamar Muerta Media

BMMM: Bajamar Muerta Media

BMVM: Bajamar Viva Media

BMMI: Bajamar Mínima

2.2.2. Campaña de toma de datos.

En base a los datos de partida mencionados se propuso una campaña de toma de datos en campo con el fin de obtener datos reales de la cota de mareas en las marismas de Barbate.

Estos datos nos permitirán ver la influencia de las mareas en el interior de la marisma.

Durante las tardes de los días 27 y 28 de septiembre de 2007, los Vigilantes de Costas de la zona procedieron a marcar el alcance de la pleamar en cuatro puntos: el primero en el muelle del puerto de Barbate y los tres restantes en distintos puntos del cauce de la ría del Barbate: Lonja Antigua, compuerta bajo puente sobre el Canal de desagüe de la Laguna de la Janda, y compuerta en río Barbate.

Los equipos topográficos, a partir de las bases de la poligonal de apoyo preexistentes, dieron cota sobre el Nivel Medio del Mar en Alicante (N.M.M.A.) a dichos puntos de alcance mareal, obteniéndose los siguientes valores.



Toma de datos sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)

Base	X	Y	Z	27/09/2007		28/09/2007	
				Hora Local	Cota NMMA	Hora Local	Cota NMMA
Puerto (bm1)	236684,733	4008548,731	2,58	16:59	0,662	17:09	0,667
Lonja Antigua (bm2)	238137,213	4008731,399	2,61	17:16	0,570	17:25	0,575
Compuerta Puente Zahara (bm3)	237740,157	4011511,847	1,53	16:47	0,453	17:40	0,453
Compuerta Puente Retin (bm4)	241207,011	4011633,662	4,33	16:31	0,616	17:57	0,626

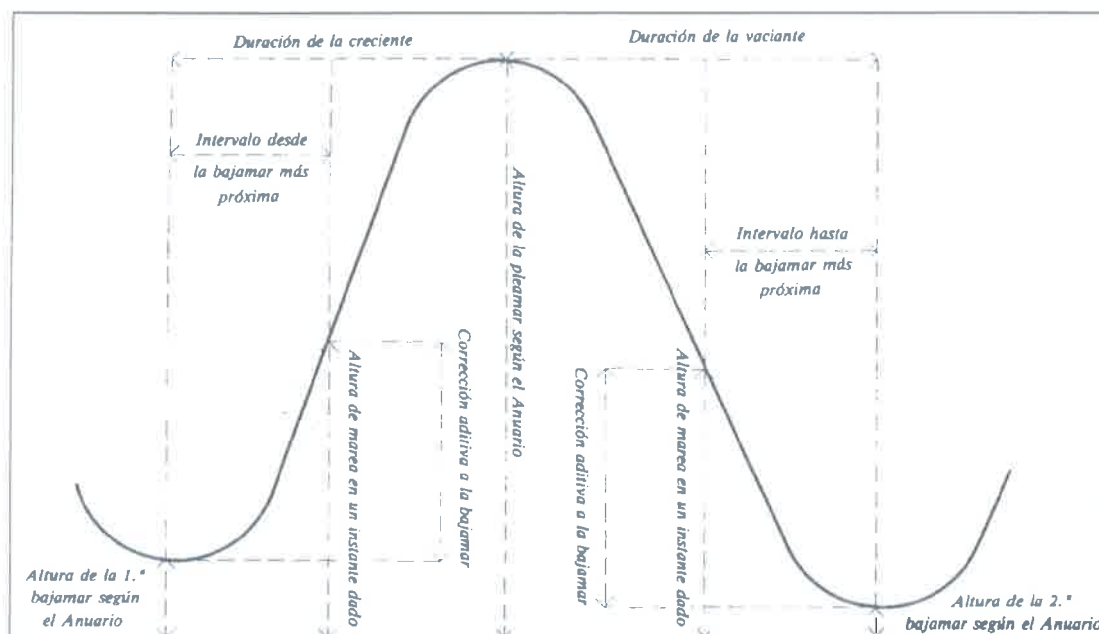
2.2.3. Contraste de datos de campo.

Para asegurar la fiabilidad de los datos de campo los comparamos con los resultados esperados según el Anuario de mareas del 2007, publicado por el Instituto Hidrográfico de la Marina.

En apartados anteriores hemos obtenido el nivel de marea astronómica esperado en Barbate en las fechas de la toma de datos de campo. A partir de estos datos y teniendo en cuenta que la muestra no se ha realizado a la hora exacta de la pleamar, calculamos el nivel esperado en dicha hora.

Para el cálculo de la altura de marea esperada en un instante cualquiera nos basamos en la siguiente figura:

Toma de datos sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)"



Según dicha figura podemos calcular la marea en instante cualquiera a partir de la duración de la creciente/vaciante, la carrera de marea y el intervalo hasta la bajamar más próxima.

Obtenemos de esta forma los datos esperados en el puerto de Barbate, para los días 27 y 28 de septiembre a la hora en que se realizaron las medidas de campo, 16:59 y 17:09 respectivamente.

Altura esperada de mareas en el Puerto de Barbate		
	Hora Local	Altura en metros sobre NMMA
27 septiembre	16:59	0,893
28 septiembre	17:09	1,033

2.2.4. Cota de inundación.

A partir de los datos obtenidos en la campaña de campo se ha obtenido el nivel de inundación existente en los días 27 y 28 de septiembre del 2007. Estos datos nos permiten la caracterización de la onda de marea en el interior de la marisma de Barbate.



La obtención de la superficie de inundación se realiza mediante un Modelo Digital del Terreno con los datos topográficos obtenidos tanto de la cartografía oficial de la Junta de Andalucía como de datos topográficos obtenidos para la realización del presente estudio y las bases de marea del estudio de campo. Cabe tener en cuenta que para la obtención del modelo no se han considerado todas las elevaciones de terreno creadas por las piscifactorías (muros de vuelta afuera) considerando estas a cota de sus lagunas o esteros, lo cual representa considerar la forma natural de la marisma.

Como hemos visto anteriormente el nivel de mareas esperado para esas fechas, que debería coincidir con el máximo anual, es mayor que el observado realmente. Dicha desviación puede ser debida a la existencia de altas presiones y vientos existentes que desvían el resultado esperado.

Sin embargo los datos reales nos permiten caracterizar el comportamiento de las mareas en las referidas marismas de Barbate, lo cual nos permite realizar una estimación de la cota de inundación esperada en base a los datos disponibles para la marea exterior.

En el plano de situación de puntos de observación se reflejan los datos topográficos de los diversos puntos, tomados en las campañas de campo; reflejando en negro los puntos que se encuentran por encima de la cota de inundación (no inundables) y en rojo los puntos que se encuentran por debajo de dicha cota (inundables).

2.2.5. Discusión de los resultados.

Si eliminamos los muros de vuelta afuera gran parte de la marisma es inundada de forma natural. Inclusive con los muros de vuelta afuera estos quedarían como pequeños islotes dentro de la marisma. Esto se comprueba con las diferentes fotos aéreas obtenidas de la zona. Cabe destacar que en algunas zonas de la marisma los datos topográficos no permiten una mayor definición de la superficie de inundación, siendo no obstante suficiente aproximación la obtenida en el presente estudio para la definición del Dominio Público Marítimo-Terrestre.



Podemos por tanto concluir que la marisma esta gran parte por debajo de la cota de la pleamar y es naturalmente inundable y por ello incluible en el Dominio Público Marítimo-Terrestre.

3. EQUIPO REDACTOR.


Los trabajos de campo han sido realizados por las empresas Gades Gestión, S.L., y Paralelo 37 Topografía, S.L.U. El presente documento ha sido confeccionado por José Manuel Álvarez Fernández Ingeniero Técnico Industrial, con el apoyo Técnico en oficina de los ingenieros de PENTIA Ingenieros, S.A.

Oviedo, Junio de 2008

PENTIA Ingenieros, S.A.



Fdo: José Manuel Álvarez Fernández
Ingeniero Técnico Industrial



Fdo: Francisco Piña Trujillano
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Toma de datos sobre alcance de mareas en la marisma de Barbate, T.T.M.M. de Barbate y Vejer de la Frontera (Cádiz)"

PLANO



6. PLANOS