

AIRIS II - SYNCHRO. SYNCHROMODAL TRAFFIC & TRANSPORT INFORMATION SERVICES

2018-ES-TM-0025



DELIVERABLE 2.2: Report on the tidal behavior in the Guadalquivir Euroway at selected locations

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

Control de firmas / Signature Control

Realizado Written	Aprobado Approved
Simone Sammartino Jesús García Lafuente Javier Delgado Cabello Irene Nadal Arizo	Jesús García Lafuente Javier Delgado Cabello
Universidad de Málaga (UMA)	Universidad de Málaga (UMA)
Fecha y Firma 15/10/2019	Fecha y Firma 15/10/2019

Aprobación del documento / Document Approval

Pedro Sebastian Vila Aguiló	Rodrigo García Orera
Quality Leader (QL)	Action Coordination Leader (AcL)
SENER Ingeniería y Sistemas	Autoridad Portuaria de Sevilla
Fecha y Firma 29/10/2019	Fecha y Firma 29/10/2019

No precisa firma si está aprobado electrónicamente mediante ruta / Signature not needed if electronically approved by route

CONFIDENCIAL



Cofinanciado por la Unión Europea
 Mecanismo «Conectar Europa»

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

Información del Documento Document Information	
Realización del Documento	UMA
Código Documento	D0210057-SR-PL-0001
Revisión	3
Nombre del documento	D2-2_Report_AIRIS_II

CONFIDENCIAL



Cofinanciado por la Unión Europea
Mecanismo «Conectar Europa»

"La presente publicación sólo refleja las opiniones del autor. La Comisión Europea no es responsable de ningún uso que pudiera hacerse de la información que contiene."

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

INDICE / TABLE OF CONTENTS

1	MOTIVACIÓN Y OBJETIVO DEL PRESENTE DOCUMENTO.....	6
2	BREVE INTRODUCCIÓN Y ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO	7
3	LOCALIDADES SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO	8
4	CARACTERÍSTICAS MAREALES ASTRONÓMICAS.....	9
5	MAREA METEOROLÓGICA Y DESCARGAS DE AGUA DULCE	11
5.1	Marea meteorológica.....	11
5.2	Descargas de agua dulce	11
6	ESPESOR MÍNIMO DE LA LÁMINA DE AGUA.....	13
7	ANÁLISIS DE EVENTOS.....	14
7.1	Navegación de entrada versus navegación de salida.....	14
7.2	Tiempo de ocurrencia relativo al ciclo mareal.....	14
7.3	Amplitud mareal (ciclo quincenal mareas vivas-muertas)	15
7.4	Marea meteorológica (residuo meteorológico).....	16
7.5	Margen de seguridad	16
8	IMPORTANCIA DE LA GEOLOCALIZACIÓN PRECISA	17
9	RESUMEN Y CONCLUSIONES	19
10	REFERENCIAS CITADAS EN EL DOCUMENTO	20

CONFIDENCIAL



Cofinanciado por la Unión Europea
 Mecanismo «Conectar Europa»

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

1 MOTIVACIÓN Y OBJETIVO DEL PRESENTE DOCUMENTO

Este documento constituye el entregable "Report on the tidal behavior in Guadalquivir Euoway at selected locations" codificado como D2.2 en el organigrama del Proyecto, enmarcado en la Actividad 2 "Estudios preliminares". Desde esta perspectiva de estudio preliminar debe entenderse su contenido.

La navegación por el estuario del Guadalquivir está totalmente condicionada por la marea que, en sentido amplio, se identifica con las oscilaciones, periódicas o no, de la superficie del agua. Incluye una parte astronómica periódica (con pluralidad de periodicidades), que es la mayor contribución a la oscilación. Dada la pequeña dimensión del estuario comparada con la escala espacial de las fuerzas generadoras de marea, la generada por acción directa de las fuerzas astronómicas es irrelevante y la oscilación mareal observada es la forzada desde el océano transmitida por su desembocadura. En el Golfo de Cádiz donde ésta se ubica, la marea oceánica es semidiurna con rango de 2.5-3 m, características que se transmiten al estuario. La interacción océano atmósfera origina la marea meteorológica, aperiódica, cuya importancia sigue (de lejos) a la astronómica y que debe ser considerada en estudios avanzados del comportamiento mareal en el estuario. Un tercer factor con influencia puntual en el tiempo e inhomogeneidad espacial es la descarga de agua dulce en su cabecera (presa de Alcalá del Río) regida por protocolos y normativas socio-económicas no fácilmente predecibles a corto-medio plazo.

El estudio detallado de estos fenómenos mediante modelado numérico es el objetivo principal de la Universidad de Málaga (UMA) como socio del proyecto. El núcleo de tal estudio se lleva a cabo en la Actividad 3 (tarea 3.2). Como paso previo que motiva este documento se ha juzgado conveniente hacer una evaluación preliminar de la importancia que tienen estos aspectos en base a información histórica disponible, centrándose en aquella relacionada con la seguridad de la navegación por el estuario, propósito básico implícito del proyecto. Para ello se ha hecho uso de series históricas documentadas de contactos o encallamientos de buques con el fondo proporcionada por la Autoridad Portuaria de Sevilla (APS), que permite identificar los puntos históricamente más conflictivos de la vía de navegación (localidades seleccionadas) e investigar las características mareales en los momentos de ocurrencia. Estas últimas han sido determinadas mediante el uso directo o indirecto de observaciones disponibles junto con el modelo del estuario que ha implementado la UMA, con el doble objetivo de identificar las situaciones de riesgo de incidencias (valor añadido del documento) y de validación adicional del propio modelo.

CONFIDENCIAL



Cofinanciado por la Unión Europea
Mecanismo «Conectar Europa»

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

2 BREVE INTRODUCCIÓN Y ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

Denominado como Eurovía Guadalquivir E 60.02 dentro de la red europea de vías navegables, el aspecto más relevante del estuario del Guadalquivir concierne a la navegación fluvial hacia o desde el Puerto de Sevilla, puerto marítimo de interior situado cerca de la cabecera del estuario (Figura 1). A él se accede tras un recorrido de 82 kilómetros o unas cinco horas de navegación. El mayor condicionante para esta navegación es el espesor de la lámina de agua a lo largo del canal, que varía con el tiempo. Su conocimiento y correcto pronóstico es esencial para la planificación del movimiento de buques y otras operaciones portuarias.

El canal de navegación no tiene profundidad homogénea, existiendo zonas más someras sometidas a procesos de sedimentación importantes que requieren actuaciones de dragado de mantenimiento periódicas para mantener la cota batimétrica autorizada [1]. Éstas son las zonas de mayor riesgo para la navegación, puesto que en ellas se producen los menores espesores de lámina de agua y por ello un peligro real de contacto con el fondo o embarrancamiento ocasional de buques. Es pues una decisión lógica identificar estas zonas de riesgo con las "localizaciones seleccionadas" a la que alude el título de este documento, que en su Sección 3 indica cómo se ha llevado a término esta selección.

El espesor de la lámina de agua fluctúa en función de los distintos procesos que intervienen en la oscilación de la superficie libre. El primero y dominante es la marea astronómica, de la que se habla en la Sección 4. El siguiente en importancia tanto por amplitud como por su recurrencia es la marea meteorológica, que se examina en la Sección 5. En esta misma Sección se ha incluido un apartado sobre descargas de agua dulce, de escaso contenido por las razones que allí se indican, para subrayar la intención de analizar en detalle su contribución en los sucesivos estudios de modelación a realizar por la UMA.

A efectos prácticos la variable más condicionante es el Mínimo Espesor de la Lámina de Agua (MELA de aquí en adelante) en cada punto e instante, puesto que este espesor es el que determina la viabilidad del tránsito de un buque por un determinado punto a una determinada hora. El estudio de esta variable en función de las distintas causas que la modifican es el objetivo de la Sección 6. La Sección 7 se dedica a analizar las incidencias que han servido de punto de partida de este documento. A título ilustrativo y como colofón de este análisis, en la Sección 8 se revisa un evento de embarrancamiento bien documentado de un buque con el fin de subrayar la importancia de una buena geolocalización. La Sección 9 hace un resumen del estudio realizado y muestra sus conclusiones. Se concluye con la Sección 10 con las referencias citadas en el texto y un apéndice que lista el conjunto de eventos facilitados por la APS y las circunstancias en que acaecieron.

CONFIDENCIAL



Cofinanciado por la Unión Europea
Mecanismo «Conectar Europa»

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

3 LOCALIDADES SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO

La APS posee un registro histórico de eventos de contactos con el fondo y encallamiento de buques que mantiene desde el año 2012 (ANEXO 1). A partir de este documento se han podido identificar las zonas donde ocurren estas incidencias con mayor frecuencia que, a su vez, son las localizaciones seleccionadas para llevar adelante el presente estudio centrado en los aspectos mareales.

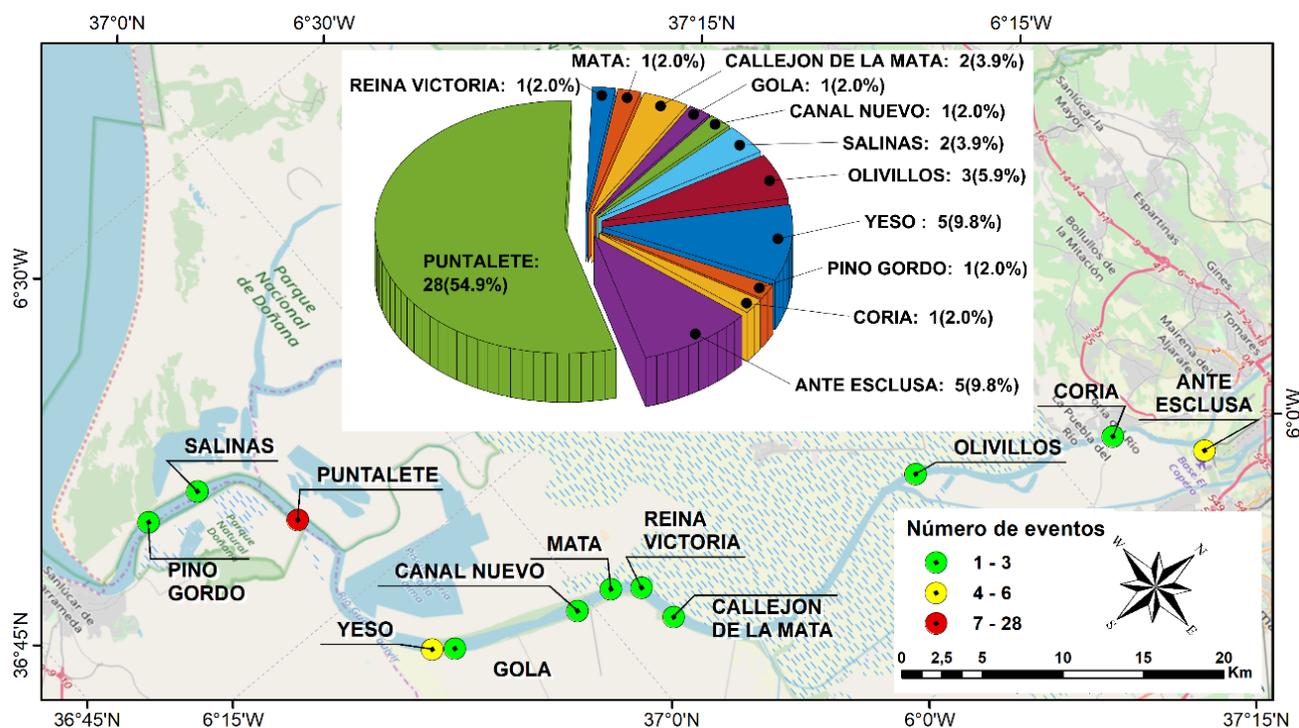


Figura 1 - Mapa de ubicación de las zonas de ocurrencia de incidencias (ver leyenda para la interpretación de los símbolos), y diagrama de sectores con el número de eventos y su porcentaje correspondiente.

El registro facilita la identificación del lugar donde ha ocurrido un evento por su topónimo (Figura 1, ver también listado de los mismos en Tabla 1). Usualmente este topónimo abarca una extensión geográfica considerable como, por ejemplo, el caso de "Puntalete" que hace referencia a un tramo de estuario de más de 5 km de río. Esta ambigüedad en la ubicación puede inducir a confusión a la hora de evaluar una incidencia, como así lo ilustra el caso examinado en la Sección 8, caso para el cual la trayectoria detallada (AIS) del buque está disponible y, de ahí, el lugar preciso donde sufrió el percarce.

CONFIDENCIAL

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

4 CARACTERÍSTICAS MAREALES ASTRONÓMICAS

El ente público Puertos del Estado mantiene estaciones mareográficas en dos puntos del estuario [2], Bonanza en las inmediaciones de la desembocadura y Sevilla en la zona de Antesclusa (Figura 1). La cobertura temporal de ambos incluye el periodo de registro histórico de incidencias facilitado por la APS. Aunque existe alguna otra estación que puede actuar como mareográfica (i.e., sensor de nivel ubicado en la presa de Alcalá del Río [3]), las dos anteriores son las únicas estables con datos contrastados y sujetos a control de calidad ubicadas en el canal de navegación, lo que las convierte en la referencia obligada. Más recientemente, el Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM) ha llevado a cabo campañas de levantamiento batimétrico del canal de navegación, las cuales se han completado con el despliegue temporal de mareógrafos en diversos lugares del río [4].

El conjunto de estas observaciones permite determinar el comportamiento mareal del estuario en esas localidades. La forma en que se ha caracterizado es mediante el cálculo de las constantes armónicas (amplitud y fase) de las constituyentes en que puede descomponerse la señal total de marea, procedimiento generalizado en estudios de mareas oceánicas [5] para el que existen métodos estándar bien desarrollados [6]. Estas constantes para las constituyentes más importantes de periodicidad semidiurna, M2 (lunar principal) y S2 (solar principal), diurna, K1 (declinación lunar/solar), y cuartidiurna, M4 (la mayor de las conocidas como “overtides” en literatura sajona, generadas por interacción no lineal), calculadas en diversos puntos del estuario, se muestran en la Figura 2. Para más detalles sobre el significado y alcance de esta nomenclatura convencional ampliamente difundida, consultar [5].

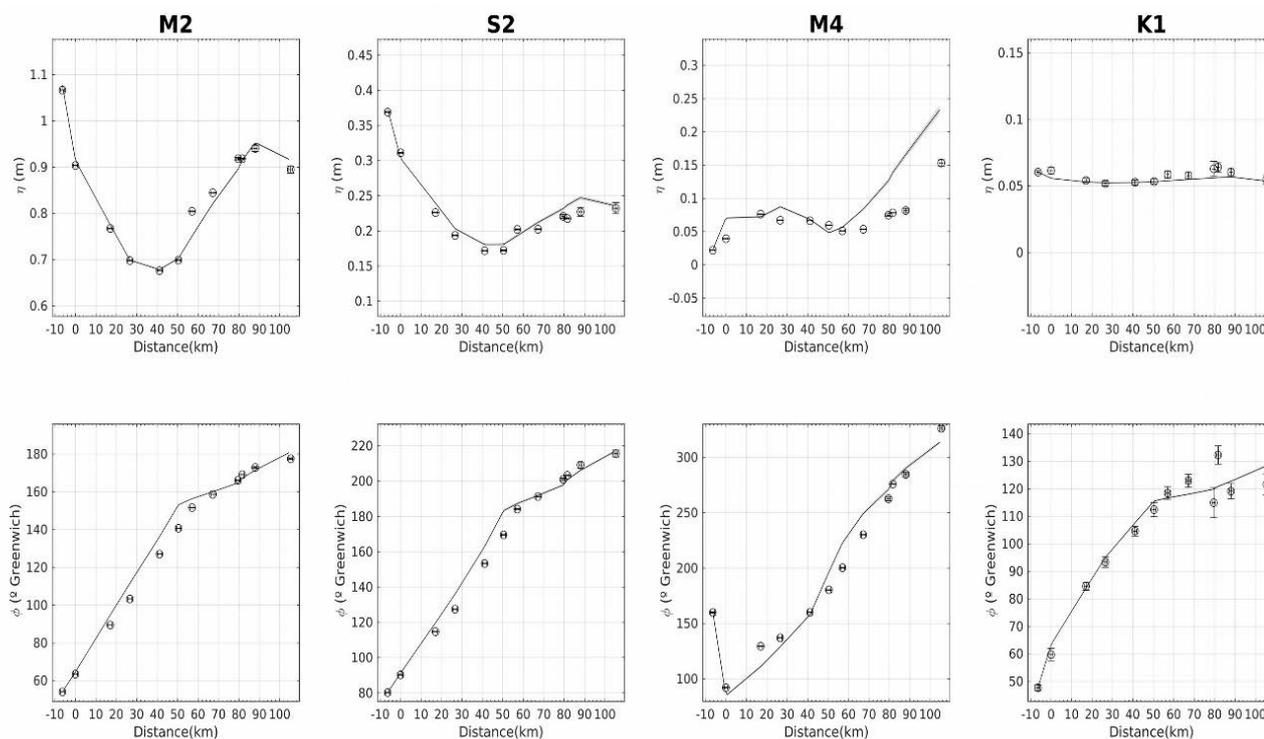


Figura 2 - Constantes armónicas de las constituyentes principales a lo largo del río. Los puntos con sus barras de error son los valores estimados a partir de las observaciones. Las líneas representan los valores simulados por el modelo.

En general, la posición de las observaciones en las que se basan las constantes armónicas mostradas en la Figura 2 no coincide con las localidades seleccionadas. Para soslayar este inconveniente se ha recurrido al modelo numérico implementado por la UMA [7] en base a la batimetría referida al Nivel Medio del Mar en

CONFIDENCIAL

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

Alicante (NMMA) proporcionada por la APS, correspondiente al año 2013 [8], y a la morfología del cauce del estuario. El modelo, denominado SHYFEM [9], resuelve las ecuaciones de aguas someras y de continuidad y permite simular la altura del nivel del mar. Está implementado en elementos finitos en un mallado no estructurado para representar los detalles morfológicos más finos del dominio con máxima fiabilidad. Es barotrópico y, por tanto, considera la columna de agua con densidad constante. Ha sido calibrado y validado satisfactoriamente con las anteriores observaciones (Figura 2) y con su ayuda pueden evaluarse las constantes armónicas en cualquier punto del estuario.

La Tabla 1 muestra esas constantes para las constituyentes mareales más relevantes de cada especie. Las semidiurnas M2 y S2, mencionadas anteriormente, son las que dominan. La Tabla 1 incluye la tercera constituyente semidiurna en importancia, N2 (origen lunar debida a la excentricidad de la órbita) y la segunda diurna en jerarquía, O1 (declinación lunar), de similar importancia a K1, calculadas a partir de los datos del modelo en cada una de las localidades seleccionadas. La contribución conjunta de estas constituyentes explica más del 95% de la oscilación del nivel del río de origen astronómico. Tanto la Figura 2 como la propia Tabla 1 ilustran el perfil de amplitud en forma de "V" con valores mínimos en la zona intermedia del estuario debidos a la reflexión de la onda mareal en la cabecera del estuario [10]. El patrón de fase creciente en la dirección a la Antecclusa confirman la naturaleza de onda progresiva que tiene la marea astronómica en el estuario, con una velocidad dada por la pendiente de las curvas de fase. Una estima rápida indica un valor de propagación próximo a los 24 km/h (aproximadamente 13 nudos).

Zona	Constantes armónicas - periodo (horas)					
	M2 (12.42h)	S2 (12.0h)	N2 (12.65h)	K1 (23.93h)	O1 (25.81h)	M4 (6.21h)
Amplitud (cm) / fase (grados) referida a Greenwich						
Pino Gordo	84.65/69.8	28.51/97.7	17.51/53.5	5.89/61.6	5.69/340.7	7.12/85.8
Salinas	77.37/78.8	25.44/106.2	15.77/62.2	5.72/69.3	5.58/348.4	7.98/93.3
Puntalete	75.81/88.5	24.39/115.4	15.23/71.3	5.71/74.6	5.58/353.6	7.35/102.7
Yeso	68.91/107.7	20.85/134.2	13.36/90.0	5.65/87.0	5.59/5.5	8.10/124.3
Gola	67.64/111.1	20.22/137.6	13.03/93.4	5.64/89.0	5.59/7.4	8.06/128.1
Canal Nuevo	66.22/124.5	18.87/151.8	12.42/107.0	5.64/95.8	5.62/13.8	7.13/144.1
Mata	66.06/128.3	18.58/156.1	12.30/111.0	5.65/97.7	5.63/15.6	6.81/148.9
Reina Victoria	66.18/132.0	18.39/160.2	12.24/114.9	5.66/99.4	5.65/17.2	6.47/154.0
Callejón de la Mata	66.10/135.5	18.17/164.2	12.15/118.5	5.67/101.1	5.66/18.8	6.20/159.1
Olivillos	76.11/156.0	20.22/189.1	13.59/140.9	5.85/110.1	5.84/27.0	6.70/234.5
Coria del Río	83.66/160.2	22.22/194.3	14.83/145.6	5.97/111.6	5.93/28.3	10.21/257.0
Ante Esclusa	86.88/162.8	23.07/197.4	15.36/148.4	6.02/112.5	5.97/29.1	12.03/266.2

Tabla 1. Constantes armónicas significativas de cada zona de incidencia (amplitud en cm y fase en grados). Para cada constituyente armónica se indica su periodo en horas.

CONFIDENCIAL



Cofinanciado por la Unión Europea
 Mecanismo «Conectar Europa»

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

5 MAREA METEOROLÓGICA Y DESCARGAS DE AGUA DULCE

5.1 Marea meteorológica

Las oscilaciones de nivel de origen meteorológico son las que siguen en importancia a las de origen astronómico. Se conoce como marea meteorológica o residuo meteorológico a la oscilación del nivel del mar como consecuencia de los factores atmosféricos.

Su origen es doble: aparecen como respuesta de barómetro invertido a la presión atmosférica y a la cizalla del viento sobre la superficie. En un océano de dimensiones grandes comparadas con las de los sistemas atmosféricos (ciclones, anticiclones) domina el primer mecanismo, produciendo un efecto de barómetro invertido (respuesta "barométrica" de -1 cm/mbar, o una depresión del nivel medio de un cm por cada mbar de exceso de presión sobre una media de referencia y viceversa). En un dominio cerrado de pequeñas dimensiones frente a los sistemas atmosféricos esta respuesta no existe, porque la variación de nivel exige una entrada o salida de agua que no es posible si el dominio es cerrado. El estuario del Guadalquivir es pequeño frente a sistemas atmosféricos (no puede tener marea barométrica propia) pero no está cerrado. Por ello, y al igual que ocurría con la astronómica, la marea meteorológica en el estuario debida a la presión es importada desde el océano abierto (que cumple las condiciones de respuesta barométrica holgadamente) en forma análoga a la astronómica. Para su análisis se necesita conocer el residuo meteorológico en la desembocadura del río.

El efecto del viento es diferente. En el océano abierto, su contribución es bastante inferior a la de la presión y aparece mezclado con ella en el residuo meteorológico. No son fácilmente separables, por lo que ambas se tratan conjuntamente. En el caso del estuario, esta contribución va implícita en el residuo meteorológico forzante en la desembocadura, pero además, la cizalla del viento sí tiene efecto local en el estuario, el cual ha de añadirse al importado desde la desembocadura. Para estimarlo se precisan observaciones de viento y nivel en puntos del estuario que no existen. La modelación numérica es la alternativa para hacerlo y es uno de los objetivos del grupo de la UMA a conseguir dentro de la Actividad 3 del presente proyecto.

En lo referente a este documento, esta última no se puede determinar con precisión y la única evaluación de marea meteorológica posible con las observaciones disponibles es la importada desde el océano abierto. Para analizar esta contribución se ha acudido a la serie de datos de nivel del mar medidos en Bonanza [2], por estar próxima a la desembocadura y expuesta abiertamente a las perturbaciones del océano. El panel inferior de la Figura 3 muestra la evolución temporal de esa marea calculada eliminando la señal astronómica de la serie de observaciones. Se registran picos extremos de amplitud superiores a 15 cm y una desviación estándar que ronda los 9 cm. Por tratarse de un periodo invernal, cuando el forzamiento meteorológico es más intenso, los anteriores valores son indicativos de cotas para el tamaño de la marea meteorológica importada desde el océano.

Estudios preliminares de modelado [4] indican que esa marea progresa a lo largo del estuario a la velocidad característica de ondas largas (la misma que la de la marea astronómica), sin prácticamente amortiguación. Dado que el tiempo característico (pseudoperiodo) de paso de los sistemas atmosféricos causantes de la marea es del orden de varios días, a efectos prácticos puede considerarse que la respuesta del nivel del estuario a esta marea meteorológica es simultánea en todas las localizaciones de interés. Por ello, la gráfica mostrada en la Figura 3 es representativa de ella en todas esas localidades.

5.2 Descargas de agua dulce

La falta de simultaneidad de datos de descargas provenientes de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir [3] y de niveles en las localidades de interés dificulta la evaluación de esta componente a partir de observaciones. Resultados numéricos preliminares [4], sugieren que para descargas inferiores a $200 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, situación que prevalece la mayor parte del tiempo, su efecto es nulo. Para valores entre $200 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ y $400 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, se produce un ligerísimo aumento de nivel medio y disminución de amplitud mareal en la parte alta del estuario cerca del Puerto de Sevilla, pero aguas abajo de la localidad Olivillos (Figura 1) desaparecen. Sólo en casos de descargas extremas que ocurren esporádicamente en época de abundante precipitación, su influencia puede

CONFIDENCIAL



Cofinanciado por la Unión Europea
Mecanismo «Conectar Europa»

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

llegar a todo el estuario. Estos resultados preliminares deben ser re-evaluados y refinados a lo largo del proyecto dentro de la Actividad 3.

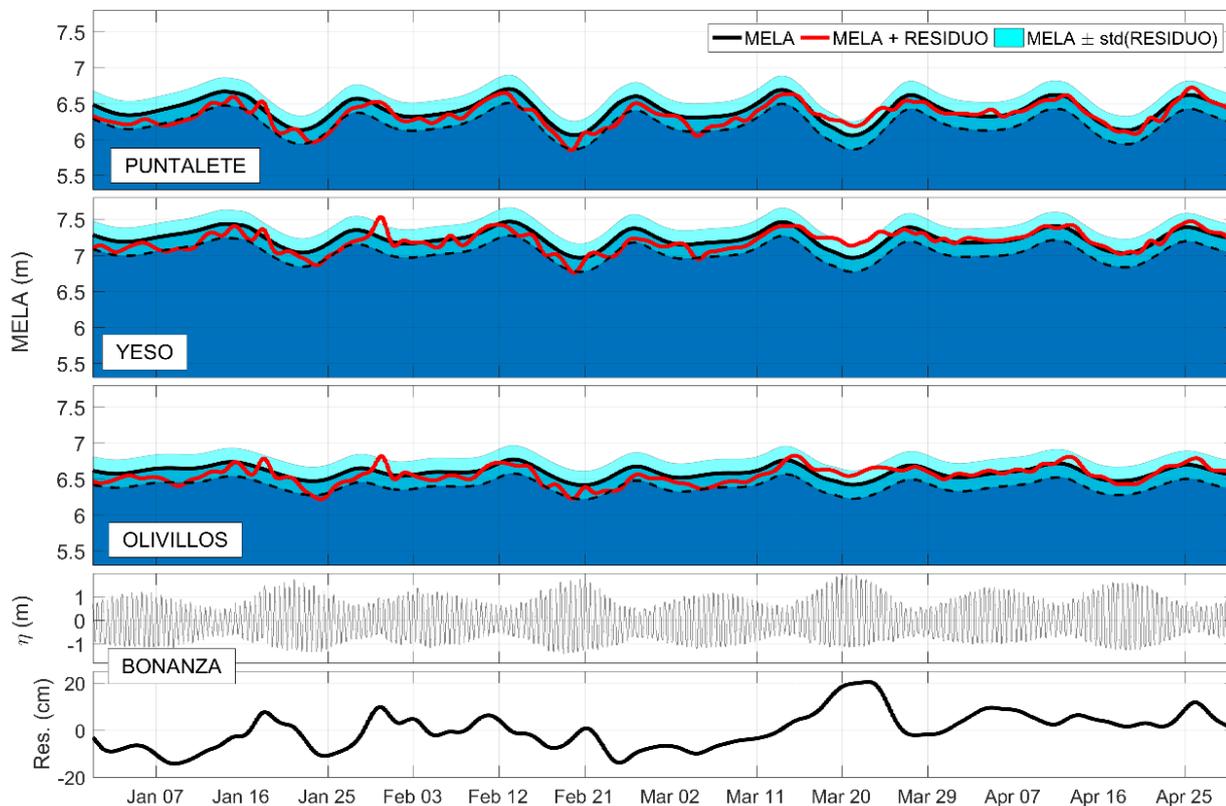


Figura 3 - Series temporales del MELA para las zonas de Puntalete, Yeso y Olivillos durante el periodo Enero - Abril 2015. Se ha calculado añadiendo al fondo (batimetría referida al cero) el nivel del río simulado por el modelo numérico. El MELA astronómico se representa en línea negra en tanto que ese MELA más el residuo meteorológico calculado en Bonanza está en línea roja. La franja cian indica el intervalo MELA astronómico ± 2 veces la desviación típica del residuo, indicándose su contorno inferior con la línea discontinua. Los dos paneles inferiores muestran el nivel del mar y el residuo meteorológico en el mareógrafo de Bonanza.

CONFIDENCIAL

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

6 ESPESOR MÍNIMO DE LA LÁMINA DE AGUA

Desde el punto de vista de la navegación, el parámetro más crítico es el MELA que se alcanza en cada localidad. Obviamente, el espesor fluctúa con periodicidad mareal y alcanza su mínimo en las bajamares. Dado que éstas tienen diferente valor en función de diversas causas, el MELA fluctúa a lo largo del tiempo. Las tres causas principales de esta fluctuación son:

- Ciclo mareal quincenal asociado a las fases lunares (mareas vivas-muertas).
- Marea meteorológica.
- Descargas de agua dulce desde la presa de Alcalá del Río en la cabecera del estuario.

Tomando como referencia un valor medio de nivel en cada punto, las dos primeras causas difieren de la tercera en que producen fluctuaciones del MELA de distinto signo. Las descargas de agua siempre incrementan el MELA en el estuario mientras dura la descarga. Dado que este incremento no tiene efectos negativos sobre la navegación, sino más bien lo contrario, y que no está bien evaluado experimentalmente, se ha optado por no considerarlo en lo sucesivo en este informe.

El ciclo mareas vivas-muertas ocasiona un patrón del MELA que aumenta en periodos de mareas muertas y disminuye en el de mareas vivas. La Figura 3 muestra una serie temporal de 4 meses del MELA en 3 de las zonas más críticas para la navegación (Puntalete, Yeso y Olivillos, véase Figura 1). El tamaño de las fluctuaciones del MELA asociado al ciclo mareal quincenal es de unos 50 cm, cifra relevante que debe ser tenida en cuenta en la planificación de la navegación.

El hecho de que las causas a) y b) produzcan cambios de ambos signos les confiere una naturaleza especial, en particular en aquellas situaciones en que ambas actúen en el mismo sentido de reducción del MELA. Por ejemplo, mareas vivas concomitantes con altas presiones y vientos que reduzcan el nivel (i.e.: Levantes típicos y frecuentes en verano), producen las circunstancias más desfavorables. Lo que ocurre el 25 de enero es ilustrativo (Figura 3). Es un periodo de mareas vivas durante las cuales el MELA toma valores menores que en mareas muertas por causas puramente astronómicas. Añadido a esto, la marea meteorológica (indicada por la línea roja) provoca una disminución adicional próxima a los 20 cm. En esa fecha ambas mareas suman su efecto reduciendo el MELA por debajo de su rango de variabilidad estadístico, que es el acotado por la desviación estándar de la marea meteorológica evaluada (franja cian en Figura 3). A modo ilustrativo, un buque que tuviera un calado de 6 m o ligeramente mayor incluso podría navegar con un MELA de origen puramente astronómico, pero encallaría por efecto de la marea meteorológica. El ejemplo contrario se da sobre el 20 de marzo, cuando la marea meteorológica positiva contrarresta notablemente la menor amplitud del MELA típica de mareas vivas.

Es interesante destacar la disminución de la amplitud de las fluctuaciones del MELA hacia el interior del estuario debida al efecto de la fricción. En Puntalete las variaciones alcanzan los 70 cm, mientras que en Yeso y Olivillos (aguas arriba), éstas disminuyen a 40 y 35 cm, respectivamente. Esas mayores fluctuaciones, junto con el hecho de que Puntalete es una zona de marcado ensanchamiento del estuario (y, por ello, de una elevada tasa de sedimentación), hacen de esta zona una de las más críticas de todo el río, como lo prueba el alto porcentaje (55%) del conjunto de incidencias reportadas por la APS (Figura 1).

CONFIDENCIAL



Cofinanciado por la Unión Europea
Mecanismo «Conectar Europa»

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

7 ANÁLISIS DE EVENTOS

Se describen a continuación distintos aspectos considerados en el análisis de las incidencias ocurridas, tanto los relacionados con la propia navegación (trayectorias de entrada o salida) como los relativos a la dinámica mareal del propio estuario.

7.1 Navegación de entrada versus navegación de salida

Ya se ha indicado la naturaleza de onda progresiva que tiene la marea en el Guadalquivir. Recorre el estuario desde la desembocadura en Bonanza hasta la Antescclusa en Sevilla en aproximadamente 4 horas. Los buques que entran a puerto pueden navegar manteniéndose alrededor del máximo valor de espesor de la lámina de agua durante prácticamente todo su recorrido si lo hacen en torno a la pleamar, puesto que la marea y el buque viajan a velocidades similares. En cambio, durante su salida, cualquier buque va a encontrar al menos una bajamar, ya que la marea progresa en sentido contrario a su trayectoria.

La probabilidad de ocurrencia de incidencias es, por tanto, mayor en las proximidades de la bajamar (ver apartado 7.2 para más detalle). El 95% de los sucesos han ocurrido durante los itinerarios de salida y sólo tres durante los de entrada (Figura 4). Estas tres, que han tenido lugar en Olivillos, Antescclusa y Puntalete, son muy posiblemente circunstanciales. Las tres están más relacionadas con la proximidad de la trayectoria del buque a zonas someras del canal de navegación que con la propia variabilidad mareal del MELA. Una de ellas, la ocurrida en Olivillos, es objeto de análisis en la Sección 8.



Figura 4 - Diagrama de sectores de las trayectorias correspondientes a las incidencias.

7.2 Tiempo de ocurrencia relativo al ciclo mareal

El mayor número de incidencias ocurre en trayectoria de salida cuando el buque encuentra inevitablemente una bajamar. Es esperable, por tanto, que los eventos se registren en momentos cercanos a la bajamar local. La Figura 5 muestra el histograma del desfase temporal entre el momento de la incidencia y la bajamar local calculada por el modelo en el punto del accidente. La mayor parte de los eventos ocurre entre una hora antes y una hora después de la marea baja. Los eventos con desfases elevados (más de 4 horas antes o después de la bajamar) corresponden casi en su totalidad a la zona de Antescclusa, donde los buques se detienen antes de acceder al puerto y están sujetos a derivas hacia aguas más someras durante el tiempo de espera.

CONFIDENCIAL



Cofinanciado por la Unión Europea
 Mecanismo «Conectar Europa»

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

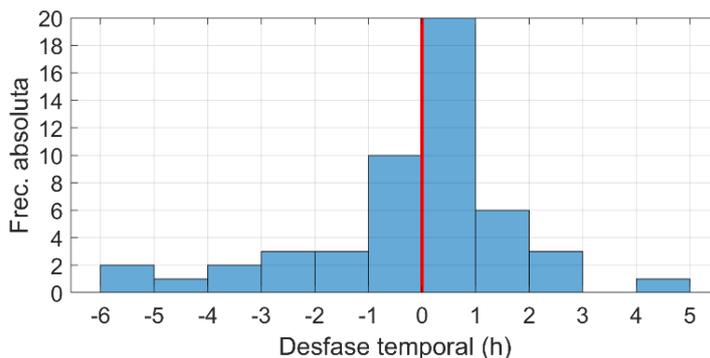


Figura 5 - Histograma del desfase temporal entre el momento del suceso y la bajamar (línea roja, valor 0) en el punto donde ha ocurrido la incidencia. Los valores negativos (positivos) indican que la incidencia ha ocurrido antes (después) de la bajamar.

7.3 Amplitud mareal (ciclo quincenal mareas vivas-muertas)

La modulación quincenal de la marea en el estuario ocasiona mínimos MELA en mareas vivas con valores que alcanzan varias decenas de cm menos que los medios. Por ello es esperable que las incidencias se registren mayoritariamente en fechas próximas a mareas vivas.

La Figura 6 muestra, en línea azul, la envolvente positiva del nivel del mar medido en Bonanza durante todo el periodo de incidencias registradas. El máximo de esta envolvente se corresponde con la altura de la mayor pleamar de todo el periodo y se ha empleado para asignar un índice a cada incidencia reportada. Este índice, denominado Coeficiente Quincenal (CQ), se ha obtenido dividiendo el valor instantáneo de la envolvente por ese máximo. El valor medio de CQ es $CQ_{med}=0.57$ y puede ser usado como indicador de la intensidad del ciclo mareal. Valores por encima de esa media indican mareas más bien vivas y por debajo, mareas muertas. El panel inferior derecho de la Figura 6 muestra el histograma de frecuencias de CQ para las incidencias reportadas. Su distribución refleja una alta correlación entre situaciones de marea viva y la ocurrencia de las mismas: en el 65% de los casos, $CQ > CQ_{med}$.

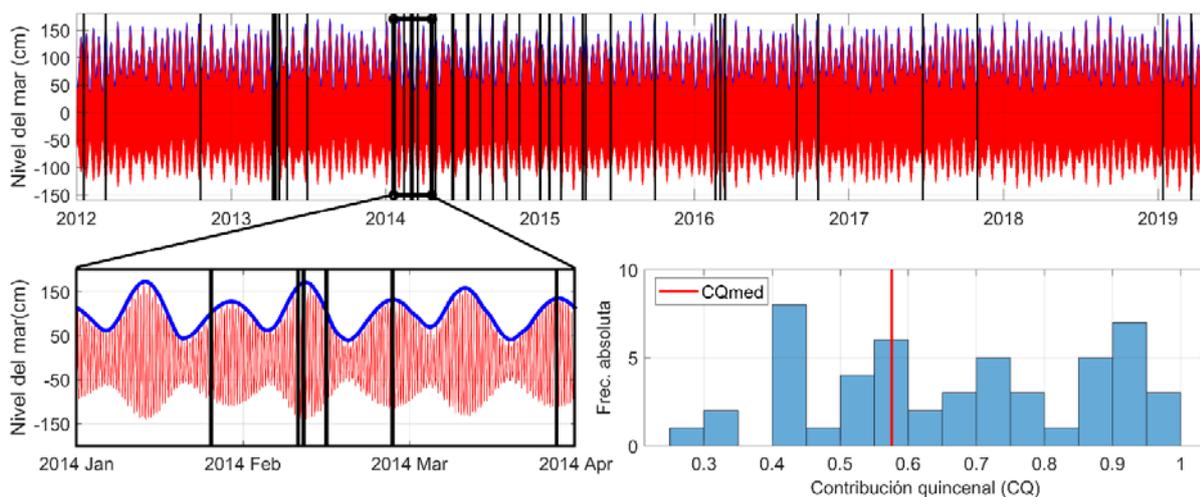


Figura 6 - Panel superior: serie temporal del nivel del mar medido en Bonanza (línea roja) y su envolvente positiva (azul). Las líneas negras indican las incidencias registradas por la APS. Panel inferior izquierdo: fragmento de la serie para apreciar mejor los detalles. Panel inferior derecho: histograma de frecuencia de incidencias en función del índice CQ, que ilustra el efecto del ciclo marea viva-muerta sobre su ocurrencia. La línea roja es la media de la distribución.

CONFIDENCIAL



Cofinanciado por la Unión Europea
 Mecanismo «Conectar Europa»

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

7.4 Marea meteorológica (residuo meteorológico)

La Figura 7 muestra el histograma de frecuencias del valor de la marea meteorológica en los momentos exactos de las incidencias. Su distribución indica que la contribución meteorológica es mayoritariamente negativa cuando estos eventos ocurren. En otras palabras, la gran mayoría de incidencias ocurren en situaciones de marea meteorológica negativa (fundamentalmente debida a una sobrepresión atmosférica por la influencia dominante de la presión sobre el viento en el residuo). La mediana de la distribución se sitúa en torno a los -8 cm y el valor más probable entre -10 y -8 cm.

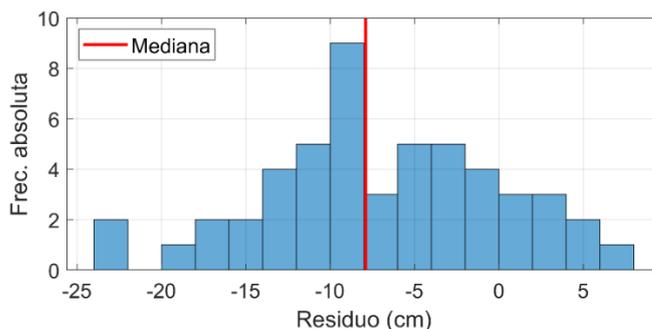


Figura 7 - Histograma del residuo meteorológico horario del mareógrafo de Bonanza calculado para el conjunto de los eventos y su mediana.

7.5 Margen de seguridad

La Figura 8 muestra la diferencia entre el calado del buque y el espesor de la lámina de agua para cada una de las incidencias registradas (ver Tabla en ANEXO para la ubicación de la misma y calado del buque implicado). El espesor de la lámina de agua se ha calculado sumando la altura de marea predicha por el modelo numérico, la profundidad del estuario en las coordenadas indicadas en el informe de incidencias, extraída de la batimetría facilitada por la APS (año 2013, [8]), y el residuo meteorológico en Bonanza. Las coordenadas usadas para predecir las condiciones mareales y extraer la batimetría se refieren a la zona genérica donde se dio el suceso y no a la ubicación exacta del barco en el momento de ocurrencia del mismo.

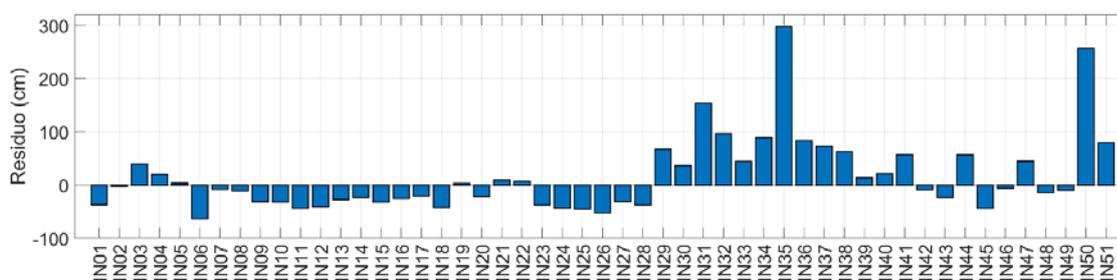


Figura 8 -Diagrama de barras del residuo entre el espesor de la lámina de agua y el calado del barco.

Los residuos entre el espesor de la lámina del agua y el calado de los buques deberían ser negativos para explicar los contactos con el fondo y/o embarrancamientos. Sin embargo, la Figura 8 muestra un buen número de valores positivos que no justificarían las incidencias.

Las razones de por qué puede ocurrir un accidente con diferencias positivas son varias y van desde el uso de una batimetría incorrecta (obsoleta) para el cálculo del espesor de la lámina de agua debido a los cambios producidos por las importantes tasas de sedimentación en esos lugares, hasta el propio SQUAT del buque (efecto hidrodinámico que se produce durante la navegación por un canal de aguas someras, asociado al movimiento del agua desplazada a lo largo del costado del buque, y que determina un acercamiento de la quilla al fondo) o, incluso, la posibilidad de que el barco navegue fuera del canal de navegación. Un ejemplo que ilustra esta posibilidad se presenta en la siguiente Sección.

CONFIDENCIAL



Cofinanciado por la Unión Europea
 Mecanismo «Conectar Europa»

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

8 IMPORTANCIA DE LA GEOLOCALIZACIÓN PRECISA

Para determinar lo mejor posible las causas de ocurrencia de incidencias es necesario conocer el momento y el lugar exacto del suceso. Mientras que el primero se proporciona con elevada precisión y es identificativo de cada incidencia, la ubicación del lugar donde ocurre se generaliza a través del topónimo a una zona bastante amplia. Ello no permite una caracterización fiable de las condiciones mareales que se dan en el momento del suceso ni, por ello, una posible razón de su causa.

Como ejemplo de la importancia de una geolocalización precisa, se ha analizado la incidencia IN27 del día 1 de enero de 2015 a las 14:40 (hora local). La trayectoria del buque, facilitada por la APS, es de entrada y el varado tiene lugar en la zona de Olivillos (Figura 9). Como se ve en el panel central de la Figura 9, el punto geográfico genérico asociado a este topónimo, representado por el cuadrado rojo, dista del punto de embarrancamiento real (identificable por la acumulación de puntos en la trayectoria AIS, ver también panel derecho de la Figura 9), más de 700 m. Se ha calculado el espesor de la lámina de agua en las coordenadas geográficas de ambas ubicaciones, incluyendo el residuo meteorológico en el momento del suceso y la corrección de nivelación del mareógrafo de Bonanza. El resultado se muestra en la Tabla 2.

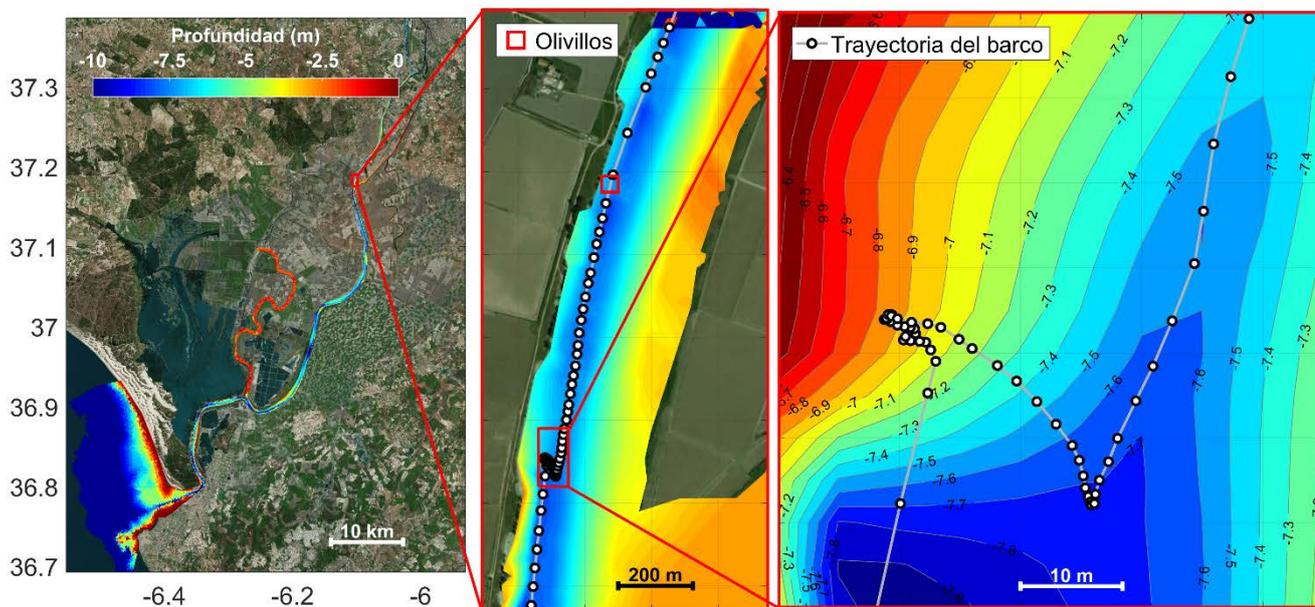


Figura 9 - Mapa de ubicación de la incidencia IN27 ocurrida a las 14:40 (hora local) del 1 de enero de 2015, en la zona de Olivillos. De izquierda a derecha se muestra un mapa general del estuario, una ampliación sobre la zona del accidente, donde se muestra la ruta del buque junto con el punto genérico asignado a la zona de "Olivillos" (cuadrado rojo), y otra ampliación de la zona de varado en la que se aprecia la ruta previa y posterior al evento, obtenida de su trayectoria AIS. En los tres paneles se muestra la batimetría (correspondiente al año 2013) según la escala de color mostrada en el panel izquierdo y también en los contornos etiquetados en el panel derecho.

Al comparar los valores del espesor de la lámina de agua en la Tabla 2 con el calado del buque (6.8 m) se obtiene una diferencia positiva para la posición genérica de Olivillos de +57 cm, que no justifica el encallamiento, y -12 cm para la posición real, que sí lo hace. De hecho, la ruta recorrida por el buque en el canal de navegación justificaría que éste topa con una elevación del fondo de aproximadamente 1 m en la orilla izquierda del río (Figura 9), donde encalla. Posteriormente, el buque realiza diversas maniobras para salir y continuar su navegación hacia el puerto. En el punto genérico Olivillos no se observa ninguna anomalía del fondo que pueda justificar un varado. La razón última de este encallamiento habría que buscarla en la salida del buque en cuestión del canal de navegación, y sólo se hace evidente tras analizar la trayectoria seguida por el mismo.

CONFIDENCIAL

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

Ubicación	Fondo (m)	Nivel del río (cm)	Residuo meteorológico en Bonanza (cm)	Corrección por nivelación en Bonanza (cm)	Espesor de la lámina de agua (m)
Punto genérico (-6.10230°W; 37.18575°N)	7.17	54.47			7.37
Punto real (-6.10423°W; 37.17905°N)	6.49	53.9	-6.6	-28	6.68

Tabla 2. Datos empleados para el cálculo del espesor de la lámina de agua en el punto teórico (coordenadas geográficas asignadas al topónimo "Olivillos") y en el punto real (lugar donde se acumulan los puntos de la trayectoria).

CONFIDENCIAL

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

9 RESUMEN Y CONCLUSIONES

El presente documento muestra las características mareales en el estuario del Guadalquivir con énfasis en localizaciones seleccionadas que coinciden con lugares donde han ocurrido embarrancamiento de buques o contactos con el fondo, según información facilitada por la APS. Se pretendía basar el estudio en datos experimentales (observaciones) exclusivamente, pero la escasez de ellas ha aconsejado recurrir al modelo numérico de marea astronómica en el estuario implementado por la UMA, redactora de este documento. El modelo sí ha sido amplia y satisfactoriamente validado por las observaciones de más calidad existentes en el estuario, buena parte de las cuales proceden del IHM.

El documento evalúa los comportamientos de las mareas astronómica y meteorológica. Confirma que la primera progresa desde el océano abierto a unos 24 km/h hasta la cabecera del estuario donde se refleja. Ello causa un patrón de oscilación en forma de "V" en el estuario con rangos mareales menores en la parte central y máximos en cabecera y desembocadura. Dependiendo de su ubicación, las localidades seleccionadas muestran rangos acordes con ese patrón. Dado que el MELA depende de ese rango y que para un mismo fondo disminuye cuanto mayor es la marea, las localidades próximas a la desembocadura tienen valores menores de ese espesor mínimo (y mayor riesgo de contacto con el fondo para la navegación).

La marea meteorológica ha sido analizada a partir de las observaciones recogidas en Bonanza. La falta de información en el estuario es la causa de que la única componente de la marea meteorológica evaluable sea la contribución oceánica importada por la boca del estuario. La componente interna ocasionada por la cizalla del viento en el estuario no ha podido estimarse por falta de información. Aunque es la componente oceánica la que con toda probabilidad domina, la interna no debe ser ignorada a priori y su estudio queda pendiente de realización en el futuro del proyecto (Actividad 3). Respecto a la oceánica, las observaciones indican una desviación estándar de ± 9 cm que puede considerarse como su contribución típica a la oscilación de nivel, aunque esa cifra puede duplicarse en eventos intensos. Esta componente se propaga sin apenas amortiguación por lo que las anteriores cifras son de aplicación a las distintas localizaciones seleccionadas.

Como valor añadido del documento y teniendo en mente la finalidad última del proyecto que contempla el estuario como una vía de navegación, se ha procedido a reconstruir las condiciones locales reinantes en los lugares y momentos de las incidencias de buques a partir de la información procesada. Un estudio preliminar de las condiciones locales presentes en los momentos de ocurrencia indica que éstos son más frecuentes en mareas vivas, próximas a la bajamar local y bajo efectos de mareas meteorológicas negativas. También se ha calculado el espesor de la lámina de agua en esos instantes para realizar un diagnóstico de la incidencia: en más de la mitad de las ocasiones éste era inferior al calado, justificando el contacto de forma simple, en tanto que en las otras ocasiones no lo era. En algunos de estos casos, la causa sería la identificación imprecisa del lugar de la incidencia (hecha mediante topónimos), como ilustra un ejemplo analizado. En otros la razón puede ser la acumulación de sedimentos (problema recurrente en ciertos puntos del estuario) que modifican la batimetría disponible para el estudio, o el propio SQUAT del buque.

Lo anterior es bien conocido por los expertos en tareas de organización de la navegación por la Eurovía del Guadalquivir y no representa novedad. Pero se cree interesante resaltar el hecho de que a esos resultados se ha llegado por la vía independiente de los datos, muchos de los cuales proceden del modelo numérico que va a ser mejorado y explotado por la UMA en este proyecto. Evidentemente, el acuerdo entre los hechos analizados y las predicciones proporcionadas por el modelo es una prueba sólida de la validez del mismo y garantía para su uso. Es la conclusión más relevante y valiosa del presente estudio.

CONFIDENCIAL



Cofinanciado por la Unión Europea
Mecanismo «Conectar Europa»

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

10 REFERENCIAS CITADAS EN EL DOCUMENTO

- [1] Memoria anual 2017, Puerto de Sevilla,
http://portal.apsevilla.com/wps/wcm/connect/c88cb000471eb801b699bf21deef2d5f/PuertodeSevilla_Memoria17alta.pdf
- [2] Sistema Portus, Puertos del Estado, <https://portus.puertos.es>
- [3] Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) de la Cuenca del Guadalquivir
<http://www.chguadalquivir.es/saih/DatosHistoricos.aspx>
- [4] Grupo de Oceanografía Física (GOFIMA), Abril 2018, Informe Final "Modelo hidrodinámico numérico tridimensional del estuario del Guadalquivir y zonas aledañas". Autoridad Portuaria de Sevilla, 73 pp.
- [5] Doodson, A.T., 1921. "The harmonic development of the tide generating potential", Proc. Roy. Soc. A., 100, 305-329.
- [6] Pawlosky, R. y col., 2002. "Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T-TIDE". Comput. Geosc., 28, 929-937.
- [7] Grupo de Oceanografía Física (GOFIMA), 2016. Informe semestral 2016 "Modelo hidrodinámico numérico tridimensional del estuario del Guadalquivir y zonas aledañas". Autoridad Portuaria de Sevilla, 84 pp.
- [8] Levantamientos batimétricos previos a la actuación de dragado de profundización de la canal de navegación de la vía navegable E 60-02 inscrita en el cauce del río Guadalquivir. Informe presentado por Tecnoambiente 2013 a la Autoridad Portuaria de Sevilla.
- [9] Umgiesser, G., Bergamasco, A., 1995. Outline of a primitive equation finite element model. In: Rapporto e Studi, Vol.XII. Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Venice, Italy, pp. 291-320.
- [10] Díez-Minguito, M. y col., 2012. "Tide transformation in the Guadalquivir estuary (SW Spain) and process-based zonation. Journal of Geophysical Research, 117, C3.

CONFIDENCIAL



Cofinanciado por la Unión Europea
Mecanismo «Conectar Europa»

Anexo 1

Tabla de Incidencias

Relación de las incidencias reportadas por la APS con información sobre sus circunstancias que ha sido empleada en el análisis de ocurrencias. La última columna muestra la diferencia entre el calado del buque y el espesor de la lámina de agua reconstruido en este estudio con el siguiente código de color: verde son los valores negativos que explican la ocurrencia del varado o contacto; amarillo los valores positivos inferiores al metro y rojo los valores positivos superiores al metro.

CONFIDENCIAL



Cofinanciado por la Unión Europea
Mecanismo «Conectar Europa»

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

Fecha y hora (local)	Código de incidencia	Calado (m)	Zona	Fondo (m)	Trayectoria	Incidencia	Nivel del río (cm)	Delta LT (horas)	Contr. Quincenal	Contr. Meteorológica (cm)	Espesor Lámina Agua (cm)	Diferencia ELA - Calado (cm)
18/01/2012 4:00	IN01	6.40	Coria del Río	7.56	Salida	Varado	11.89	-4.52	0.41	-10.95	729.27	89.27
09/03/2012 23:15	IN02	5.95	Puntalete	6.98	Salida	Varado	-106.62	-0.57	0.91	-5.61	557.77	-37.23
19/10/2012 23:12	IN03	5.70	Pino Gordo	9.38	Salida	Contacto	-32.83	-2.70	0.69	-9.24	867.57	297.57
09/04/2013 0:03	IN04	5.90	Puntalete	6.98	Salida	Contacto	-70.11	1.23	0.71	-12.84	587.05	-2.95
13/04/2013 0:30	IN05	6.20	Antesclusa	7.37	Salida	Contacto	-14.08	-3.40	0.66	-7.43	687.31	67.31
17/04/2013 5:30	IN06	6.00	Yeso	7.76	Salida	Contacto	-54.90	1.25	0.33	-9.94	683.61	83.61
24/04/2013 0:30	IN07	6.20	Puntalete	6.98	Salida	Varado	-10.50	2.18	0.64	0.21	659.71	39.71
13/05/2013 3:30	IN08	6.30	Puntalete	6.98	Salida	Contacto	-26.27	2.18	0.59	6.65	650.38	20.38
29/06/2013 15:45	IN09	6.40	Antesclusa	7.37	Salida	Varado	-23.23	-3.25	0.56	-8.70	676.90	36.90
13/02/2014 6:30	IN10	6.30	Antesclusa	7.37	Salida	Contacto	92.09	-6.00	0.56	-16.71	784.20	154.20
28/02/2014 23:10	IN11	5.65	Puntalete	6.98	Salida	Contacto	-97.52	0.75	0.90	-3.76	568.72	3.72
01/03/2014 23:35	IN12	6.20	Puntalete	6.98	Salida	Contacto	-112.28	0.45	0.94	-1.18	556.54	-63.46
06/03/2014 2:10	IN13	5.80	Yeso	7.76	Salida	Varado	-84.32	-0.30	0.58	-11.18	652.95	72.95
18/03/2014 0:00	IN14	5.90	Puntalete	6.98	Salida	Contacto	-92.59	0.48	0.73	4.68	582.09	-7.91
16/04/2014 15:00	IN15	5.00	Antesclusa	7.37	Salida	Varado	-98.18	-0.25	0.74	-14.23	596.41	96.41
28/04/2014 23:00	IN16	5.80	Puntalete	6.98	Salida	Contacto	-97.76	-0.50	0.76	-3.28	568.96	-11.04
28/04/2014 23:50	IN17	6.00	Puntalete	6.98	Salida	Contacto	-99.78	0.33	0.76	-1.59	568.63	-31.37
07/06/2014 5:30	IN18	6.40	Puntalete	6.98	Salida	Contacto	-57.55	-1.10	0.32	-4.37	608.08	-31.92

CONFIDENCIAL



Cofinanciado por la Unión Europea
 Mecanismo «Conectar Europa»

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

10/06/2014 10:00	IN19	6.25	Puntalete	6.98	Salida	Contacto	-74.32	0.57	0.53	-14.92	580.75	-44.25
13/07/2014 0:30	IN20	6.15	Puntalete	6.98	Salida	Varado	-97.94	0.35	0.87	1.94	574.01	-40.99
15/07/2014 1:00	IN21	5.80	Puntalete	6.98	Salida	Varado	-99.14	-0.70	0.91	-18.25	552.61	-27.39
12/08/2014 14:05	IN22	6.10	Puntalete	6.98	Salida	Contacto	-70.99	1.32	0.99	-12.45	586.56	-23.44
11/09/2014 14:35	IN23	6.30	Puntalete	6.98	Salida	Varado	-63.07	1.45	0.92	-8.79	598.14	-31.86
13/10/2014 15:30	IN24	6.20	Puntalete	6.98	Salida	Varado	-67.35	0.70	0.50	-8.14	594.51	-25.49
13/11/2014 3:37	IN25	6.10	Salinas	7.26	Salida	Contacto	-30.93	1.98	0.40	-0.07	667.09	57.09
31/12/2014 7:20	IN26	6.10	Puntalete	6.98	Salida	Varado	-70.06	0.62	0.41	-10.09	589.85	-20.15
01/01/2015 14:40	IN27	6.80	Olivillos	7.17	Entrada	Varado	54.47	4.72	0.47	-6.63	737.31	57.31
22/01/2015 12:45	IN28	6.20	Canal Nuevo	7.25	Salida	Contacto	-85.45	-0.65	0.92	2.21	613.60	-6.40
22/01/2015 13:30	IN29	6.20	Gola	7.87	Salida	Contacto	-93.21	0.47	0.92	-1.15	664.64	44.64
23/01/2015 15:00	IN30	6.20	Yeso	7.76	Salida	Varado	-61.51	1.33	0.89	-3.99	682.95	62.95
20/02/2015 0:00	IN31	6.00	Puntalete	6.98	Salida	Varado	-107.88	0.60	0.97	-4.09	558.03	-41.97
11/04/2015 16:00	IN32	6.40	Olivillos	7.17	Salida	Contacto	-35.89	-2.43	0.41	-22.35	631.24	-8.76
11/04/2015 17:00	IN33	6.40	Callejón de la Mata	7.20	Salida	Contacto	-60.10	-0.75	0.41	-5.82	625.73	-14.27
11/04/2015 18:30	IN34	6.40	Puntalete	6.98	Salida	Contacto	-22.21	2.30	0.40	-4.62	643.17	3.17
19/04/2015 0:00	IN35	6.20	Callejón de la Mata	7.20	Salida	Contacto	-68.54	-1.13	0.89	-13.05	610.06	-9.94
19/04/2015 0:45	IN36	6.05	Puntalete	6.98	Salida	Contacto	-89.78	0.98	0.89	2.66	582.89	-22.11
17/06/2015 0:45	IN37	5.80	Puntalete	6.98	Salida	Contacto	-85.54	0.68	0.73	4.98	589.44	9.44

CONFIDENCIAL



Cofinanciado por la Unión Europea
 Mecanismo «Conectar Europa»

AIRIS II - SYNCHRO D2-2_REPORT_AIRIS_II

30/09/2015 1:10	IN38	5.50	Puntalete	6.98	Salida	Varado	-105.26	0.33	0.96	-7.90	556.84	6.84
19/02/2016 20:50	IN39	6.50	Olivillos	7.17	Salida	Contacto	-40.89	-2.12	0.53	-22.04	626.54	-23.46
19/02/2016 22:00	IN40	6.50	Reina Victoria	8.36	Salida	Contacto	-79.43	-0.10	0.54	0.65	729.31	79.31
02/03/2016 4:10	IN41	6.40	Puntalete	6.98	Salida	Contacto	-55.60	0.30	0.26	-11.85	602.55	-37.45
13/03/2016 15:00	IN42	6.40	Yeso	7.76	Salida	Varado	-84.84	0.42	0.65	-9.82	653.79	13.79
29/08/2016 22:47	IN43	6.30	Yeso	7.76	Salida	Varado	-85.88	0.08	0.61	-10.94	651.63	21.63
19/10/2016 13:45	IN44	6.10	Puntalete	6.98	Salida	Varado	-99.91	-0.10	0.76	-3.88	566.22	-43.78
23/06/2017 23:50	IN45	6.20	Puntalete	6.98	Salida	Contacto	-98.73	0.28	0.83	3.66	574.93	-45.07
31/10/2017 7:08	IN46	4.36	Mata	7.68	Salida	Varado	-43.40	-1.57	0.44	-3.50	692.71	256.71
13/01/2019 3:00	IN47	6.40	Puntalete	6.98	Salida	Varado	-65.90	0.30	0.41	-16.58	587.52	-52.48
20/03/2019 22:43	IN48	6.20	Salinas	7.26	Salida	Contacto	-113.17	0.40	0.92	-9.23	575.70	-44.30
06/05/2019 10:15	IN49	7.00	Antesclusa	7.37	Entrada	Contacto	47.96	-5.12	0.72	-12.26	744.52	44.52
10/05/2019 3:00	IN50	6.20	Puntalete	6.98	Entrada	Varado	-78.96	-0.33	0.59	-8.73	582.31	-37.69
10/05/2019 3:50	IN51	6.15	Puntalete	6.98	Salida	Contacto	-77.47	0.50	0.58	-8.73	583.80	-31.20

Tabla 3. Registro completo de las incidencias.

CONFIDENCIAL



Cofinanciado por la Unión Europea
 Mecanismo «Conectar Europa»