

Diseño de un Nuevo Muelle de Hidrocarburos en la Ría de Huelva- Muelle Sur (Tartessos)

Design of a new hydrocarbon dock in Huelva Port-Muelle Sur (Tartessos)

M^a Piedad Herrera Gamboa^a, Manuel Bueno Aguado^b, Roberto Pillado Gonzalez^c,

Manuel Alejandro Nicolás Pazo^d, Alberto Uña Uña^e

^a Doctora Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. PROES Consultores. Directora de Proyectos. mariapiEDAD.herrera@proes.es

^b Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. PROES Consultores. Director de Proyectos. manuel.bueno@proes.es

^c Máster Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. PROES Consultores. Director Dpto. Ingeniería Marítima.

roberto.pillado@proes.es

^d Máster Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. PROES Consultores. Director de Proyectos. manuel.nicolas@proes.es

^e Máster Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. PROES Consultores. Director de Proyectos. alberto.una@proes.es

RESUMEN

EXOLUM (compañía logística de hidrocarburos CLH S.A), compañía líder en almacenamiento y distribución de hidrocarburos líquidos, y CEPESA (MOEVE), una de las empresas líderes del sector energético en España, desean ampliar la capacidad de sus instalaciones localizadas en Huelva para la realización de operaciones combinadas de carga y/o descarga de hidrocarburos. Para ello, ambas compañías se constituyen en UTE (UTE Terminal Puerto Tartessos) para la construcción y operación de un nuevo terminal para graneles líquidos energéticos y otros productos, con la principal singularidad de tener que adoptar una tipología de muelle continuo de tablestacas.

ABSTRACT

EXOLUM (hydrocarbon company CLH S.A), a leading company in liquid hydrocarbon distribution, and CEPESA (MOEVE), one of the leading companies in the energy sector in Spain, wish to expand the capacity of their facilities located in Huelva (Spain) to carry out hydrocarbon loading and/or unloading operations. To this end, both companies have founded a Joint Venture (JV Tartessos Port Terminal) for the construction and operation of a new terminal for energy bulk vessels and other products, with the main singularity of having to adopt a type of continuous sheet pile dock.

PALABRAS CLAVE: estructuras marítimas, muelle, hidrocarburos, tablestacas, navegación, dragado.

KEYWORDS: maritime structures, dock, hydrocarbons, sheet piles, navigation, dredging.

1. Introducción

La UTE EXOLUM-CEPSA (UTE Terminal Puerto Tartessos), en calidad de titular, ha comenzado el proceso de construcción y explotación de un nuevo muelle continuo para el atraque y distribución de graneles líquidos energéticos y otros compatibles, en el Puerto de Huelva (España). En dicho muelle, ambas

compañías realizarán operaciones de carga/descarga de buques desde/hasta las instalaciones de almacenamiento de EXOLUM en Huelva y el Parque Energético La Rábida (PELR), propiedad de CEPESA.

La instalación se proyecta bajo el nombre “Proyecto de nuevo atraque y líneas de conexión

con las instalaciones existentes en EXOLUM y CEPESA”, denominado “Proyecto Muelle Sur”.

El nuevo muelle se ubica en la ría de Huelva, aproximadamente a 123 m al sur del Pantalán de DECAL, para permitir una maniobra de atraque y desatraque segura y evitar la afección a éste en materia de dragado, dado que los pilotes existentes están cimentados a la cota -18 m.



Figura 1. Ubicación de las obras.

El nuevo muelle contará con un atraque para hidrocarburos con una capacidad para los buques de diseño que oscilará entre 15.000 TPM y 110.000 TPM, y un segundo atraque en simultaneidad para buques BIOS/HVO (Proyecto Verde de CEPESA) con tamaños variables desde 5.000 TPM a 50.000 TPM.

Se destinarán, aproximadamente, 50 millones de euros para la construcción del muelle, con una ejecución por fases condicionada a los futuros dragados que se realicen en el canal de navegación de la ría de Huelva.

Este Proyecto ha tenido en cuenta en su diseño, realizado por PROES Consultores S.A., los principales condicionantes climáticos, de operación habituales de la ría, y de explotación de la terminal, que han requerido la realización de diversos estudios náuticos y el desarrollo de una ingeniería básica y de detalle para la solución que se expone en los siguientes apartados.

2. Factores de proyecto

La amplia flota de diseño, junto con el amplio rango de carrera de marea existente en la ría de

Huelva y la ejecución de un muelle continuo para una terminal de hidrocarburos, han sido los aspectos técnicos que más han condicionado la ejecución del “*Proyecto Muelle Sur*”.

2.1 Clima marítimo

Se ha caracterizado el oleaje, el viento, las corrientes y los niveles del mar en las proximidades de la ría de Huelva. A continuación, se resumen brevemente los principales resultados obtenidos del análisis realizado para cada uno de ellos.

2.1.1. Niveles del mar

Los niveles del mar de referencia considerados son los obtenidos del mareógrafo del Puerto de Huelva, perteneciente a la REDMAR (Red de Mareógrafos de Puertos del Estado). La serie de datos empleada cuenta con mediciones desde 13/09/1996 hasta el 17/11/2022. La estación 3329 está ubicada en las coordenadas 692761.48 m, 4111497.86 m (WGS84).

La Figura 2 muestra los niveles de marea:

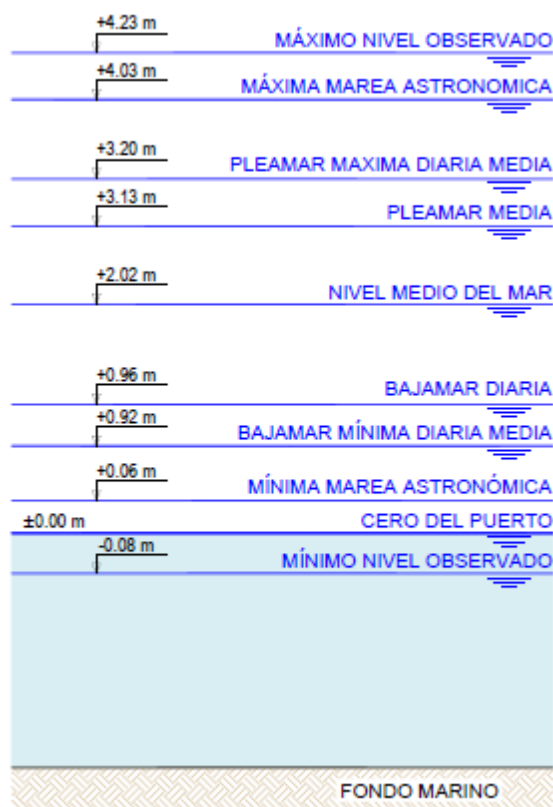


Figura 2. Niveles del mar característicos.

2.1.2 Oleaje y viento exterior

Para la caracterización del oleaje y el viento en la zona, se ha obtenido el registro correspondiente al nodo SIMAR 5032022 de Puertos del Estado, ya que su extensión temporal permite la realización de un análisis estadístico fiable, tanto en términos medios como extremales. La Figura 3 muestra la ubicación del punto de obtención de datos y la Figura 4 la rosa de altura de ola significativa (arriba) y de velocidad de viento (abajo).



Figura 3. Punto SIMAR 5032022 para obtención de oleaje y viento.

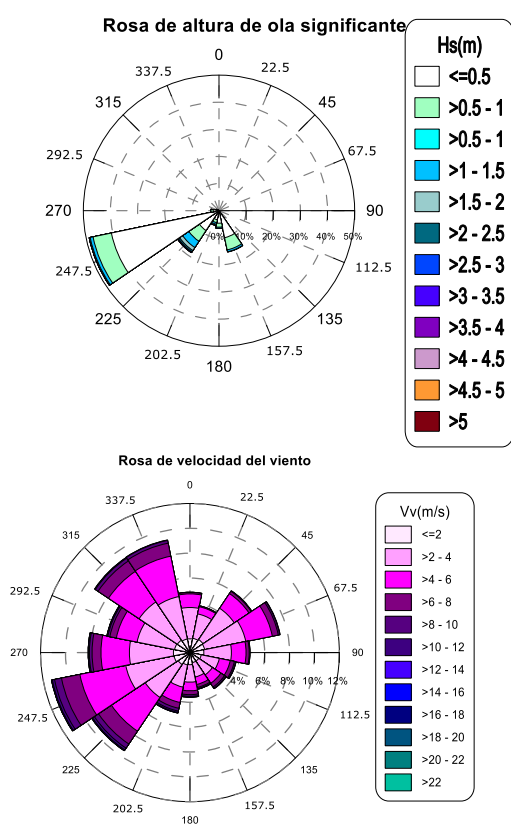


Figura 4. Rosa direccional de altura de ola significativa anual (arriba) y velocidad de viento (abajo). SIMAR 5032022

2.1.3 Corrientes

Se ha realizado un estudio completo de la hidrodinámica de la ría de Huelva con el software MOHID. Asimismo, se ha contado con mediciones de corrientes en la zona de proyecto durante un periodo de tres meses (de abril a julio de 2021).

En el estudio hidrodinámico realizado, se observa cómo los valores de corriente están íntimamente relacionados con el régimen de mareas, que no experimenta variaciones significativas a lo largo del año. Se ha considerado un valor de corriente de diseño de 3 nudos, correspondiente al valor máximo registrado.

2.2 Flota de diseño

Se proyecta el nuevo muelle para permitir el atraque de buques de hasta 80.000 TPM, pudiendo llegar hasta 110.000 TPM, sólo en el caso de que se incremente el calado de navegación en una segunda fase. Asimismo, se ha diseñado para situaciones de simultaneidad con buques BIOS/HVO de hasta 50.000 TPM en el mismo muelle, en un atraque independiente.

Como flota de diseño se han considerado los buques más representativos del rango establecido por JV-TPT:

- Atraque norte (graneles energéticos): tamaño máximo 80.000 TPM con posibilidad de aumentar a 110.000 TPM en una segunda fase. Posibles tamaños menores: 15.000 TPM, 20.000 TPM, 30.000 TPM, 45.000 TPM y 50.000 TPM.

- Atraque sur (HVO/BIOS): tamaño máximo 50.000 TPM. El tamaño mínimo esperado es 5.000 TPM. Posibles tamaños intermedios: 5.000 TPM, 15.000 TPM, 20.000 TPM, 30.000 TPM y 45.000 TPM.

2.3 Compatibilidad náutica

Como se ha comentado, uno de los principales condicionantes de diseño es la amplia flota de buques en una zona con mareas relevantes, junto con la ejecución de un muelle continuo para mercancías peligrosas. Este hecho ha llevado a la realización de un análisis exhaustivo de las configuraciones de amarre y de su comportamiento frente a buques pasantes por la ría.

Así pues, se ha determinado la geometría, distribución y elevación de las interconexiones buque-terminal, comprobando la compatibilidad del sistema de amarre y defensa con la flota de diseño. Además, se han definido las envolventes de trabajo de los brazos de carga y descarga, y de las pasarelas de acceso a buques.

Para el estudio del comportamiento de buque amarrado, se ha utilizado el modelo numérico OPTIMOOR, desarrollado por Tension Technology International, Ltd. (versión 6.8.5), y el modelo ANyMOOR.TERMSIM + ROPES (Figura 5).

En primer lugar, se ha realizado un estudio de buque amarrado (sin buque pasante) en el que se ha comprobado el comportamiento de buque amarrado frente a las condiciones climáticas de la zona. En este sentido, se han obtenido valores de tensiones en líneas para vientos extremos de 44 nudos, corriente ambiental de 3 nudos y niveles extremos de marea, sin superar para ninguno de los buques de diseño los porcentajes límite de rotura (líneas en torno al 10-15% del MBL).

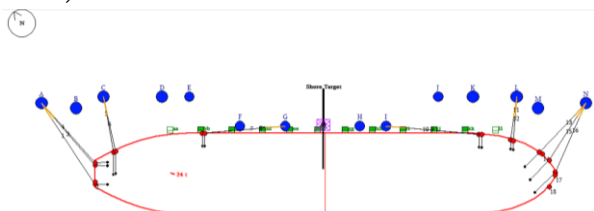


Figura 5. Modelización de buque con Optimoor.

Adicionalmente, se ha analizado el efecto en amarres de buques pasantes de distintas tipologías y distintas velocidades entre 8 y

10 nudos sobre el agua. Para ello, se han considerado 4 buques representativos de los que actualmente operan en la ría, en condiciones de viento operacional de 20 nudos y corriente ambiental de 3 nudos con niveles extremos de marea. Se demuestra que la configuración de amarres propuesta produce unos esfuerzos y movimientos en los buques atracados, que son compatibles con su operación en el atraque.

Finalmente, para garantizar la maniobra de atraque y desatraque en condiciones de seguridad, se ha realizado un estudio de maniobras en tiempo real con el simulador que tiene PROES en sus oficinas (SIMFLEX-Force Technology).

3. Tipología estructural

El Muelle Sur se diseña con una cota de dragado a -17 m, para albergar buques de hasta 110.000 TPM y 254 m de eslora (Figura 6). La tipología de tablestacas, en muelles de gran calado, optimiza los volúmenes de dragado y reduce la afección ambiental. No obstante, se realizará un dragado por fases condicionado a los dragados futuros previstos en el canal de navegación de la ría, de acuerdo con el Proyecto “Habilitación a nuevos tráficos de la canal del Puerto de Huelva” [1]: (a) Fase 0 para albergar buques de dimensiones actuales en la ría; (b) Fase 1 para buques de 80.000 TPM, y (c) Fase 2 para buques de hasta 110.000 TPM.

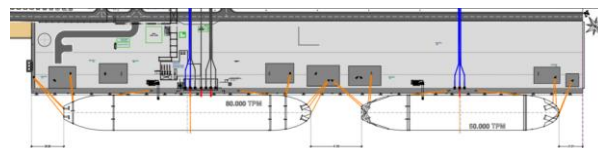


Figura 6. Planta de estado futuro del muelle.

A diferencia de la tipología estructural habitual empleada en muelles de hidrocarburos, el nuevo muelle, coronado a la cota +6.5 m, se plantea con una sección tipo combi-wall (Figura 7), formada por pilotes metálicos HZ de sección 1180 MB 12 S-460AP, conectados

lateralmente por tablestacas AZ 28-750 S-270GP. La pantalla frontal está conectada a una pantalla de anclaje, formada por perfiles AZ 28+750 S-430GP Doble y situada a 37 m de distancia en el trasdós, mediante tirantes metálicos macizos ASDO 500 M 115/90, separados 2,02 m, a la cota +1,0 m.

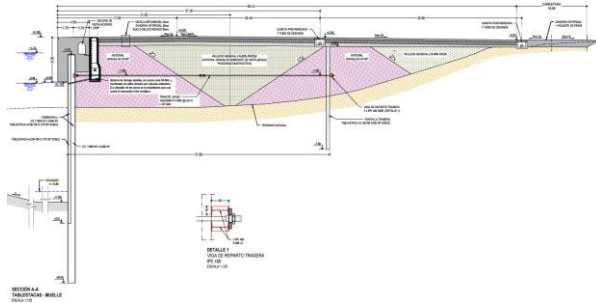


Figura 7. Sección tipo propuesta.

Para el cierre lateral norte, se reproducirá una sección similar (mismos perfiles de tablestacas), pero con tirantes a la cota +1,50 m (Figura 8), para permitir el cruce con los tirantes de la sección principal de pantalla delantera y trasera.

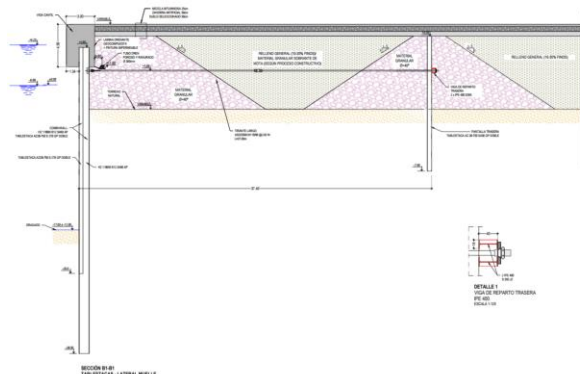


Figura 8. Sección tipo de cierre lateral.

Por debajo de los 12 m de profundidad, la sección se modifica, aligerándola con perfiles HZ 1080M A12 S460 AP hincados hasta la cota -23.5 m y conectados con tablestacas AZ 28-750 S270 GP a la cota -20 m. Los tirantes pasan a ser ASDO 500 M90/68.

Asimismo, el muelle requerirá un dragado en su zona norte, para conseguir las dimensiones de la fosa de atraque que establece la ROM 2.0-11 [2]. Para contener estos taludes de dragado, se proyecta una pantalla frontal de tablestaca AZ36-700N DOBLE S430 GP hincada hasta la cota -20.0 m (Figura 9).

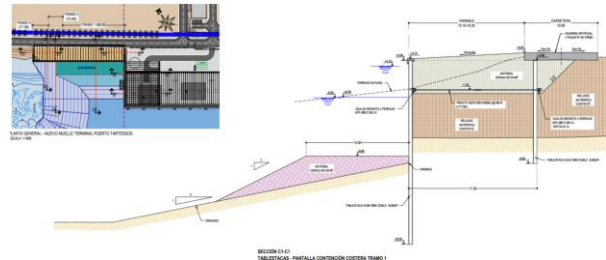


Figura 9. Pantalla de protección costera para contención de dragado norte.

En el último tramo de pantalla de contención, donde la profundidad se reduce como consecuencia de los taludes de dragado, la hincia de la tablestaca delantera se modifica, reduciéndose consecuentemente hasta la cota -16.0 m. El cierre norte de la pantalla de contención se realizará mediante perfiles estructurales IPE 400 colocados diagonalmente.

A lo largo de todo el muelle y sobre la tablestaca principal, se colocará una viga cantil coronada a la cota +6,5 m, donde se instalarán las defensas y los ganchos de escape rápido, necesarios para garantizar un correcto amarre y atraque.

Esta estructura será de hormigón armado, con unas dimensiones de 4,5 m de ancho y 6,3 m de alto, y está empotrada en la pantalla combi-wall 3,8 m de longitud, de forma que se garantice el empotramiento en el extremo superior de la pantalla. No obstante, se añadirán en esta zona pernos conectores $\Phi 22$ a cada lado, soldados al perfil HZ.

En la parte interior de la viga cantil, se ubica una galería de servicios de 1,7 m de altura por 1,0 m de ancho. Se dispondrán en la misma 8 pasos $\Phi 110$ mm para canalizaciones cada 100 m a lo largo de todo el muelle. Asimismo, se colocará un tubo para salida de aguas, que conectará con los pozos colocados en el trasdós para controlar el nivel de las aguas en la parte trasera, manteniéndolo a la cota +1,8 m.

4. Proceso constructivo

4.1 Hinca de tablestacas y colocación de tirantes

La construcción del muelle, que está siendo llevada a cabo por Ferrovial, se realiza por vía terrestre. Para ello, se han ejecutado unas motas perimetrales con material de aportación, desde las que se hincarán las tablestacas. Dichas motas estarán constituidas por piedra exenta de finos, con un ángulo de rozamiento interno de al menos 40° y un diámetro máximo de 15 cm para que se pueda realizar la hinca. Se comienza colocando una primera mota transversal, para posteriormente ejecutar una mota delantera y otra trasera. La Figura 10 muestra una imagen real de la ejecución de las motas en obra.



Figura 10. Fotografía tomada en la zona de proyecto. Motas ejecutadas por recintos.

Es necesario proteger la parte exterior de la mota delantera con escollera de mayor tamaño.

Posteriormente, se rellena (con relleno general) el terreno situado entre la mota trasera y la línea de tierra actual, con el fin de permitir el acceso y la excavación de la mota posterior desde tierra.

La hinca se efectúa por medios terrestres, desde las motas (Figura 11). La ejecución se realiza mediante recintos estancos (3 o 4 recintos por muelle,) desde los cuales se hincan las tablestacas delantera y trasera. Las cabezas de las tablestacas hincadas por percusión deben estar protegidas por medio de sombreretes o sufrideras adecuados, para evitar su deformación por los golpes. En cualquier caso, se debe

realizar una prueba de hinca, para determinar el sistema de ayuda más adecuado.



Figura 11. Fotografía tomada en la zona de proyecto. Hinca de perfiles metálicos.

Una vez hincadas todas las tablestacas de las motas perimetrales, se achica el agua con el fin de poder colocar los tirantes en seco, que para todas las opciones se ubican entre la cota +1,0 m y la cota +1,5 m.

Asimismo, para poder instalar los tirantes de anclaje hay que excavar en ambos recintos hasta alcanzar la cota +0,1 m. Por ello, es necesario retirar el material granular de aportación vertido para formar las motas de hinca de las tablestacas delantera y trasera en el trasdós de la primera y en el trasdós e intradós de la segunda.

El material sobrante de la excavación de motas hasta la cota de los tirantes se emplea como relleno entre motas, hasta la cota +0,1 m aproximadamente.

Antes de ejecutar cualquier dragado en el frente de atraque, será imprescindible haber instalado completamente los tirantes, que son los que garantizan la estabilidad de las tablestacas delanteras.

4.2 Viga cantil y superestructura

La viga cantil se hormigona sobre una cama de hormigón de limpieza, cuidando el solape entre las armaduras longitudinales de las distintas puestas de hormigón. Los paramentos verticales frontales de la viga cantil, en la zona de defensas, se ajustarán a la geometría de las defensas.

Asimismo, serán necesarios retranqueos en la superestructura para la colocación de las escaleras de pates. Durante el hormigonado, se dejarán incorporados los elementos de anclaje precisos para la colocación de bolardos, defensas y escaleras, salvo que para alguno de estos elementos esté previsto utilizar anclajes químicos.

En el extremo exterior se coloca una cantonera de protección del cantil de PEAD con anclajes, para evitar el roce de las amarras contra el cantil.

Asimismo, tras la ejecución de la viga cantil, se dispone en el trasdós de la viga una lámina drenante, así como un colector longitudinal de drenaje a la cota +1,8 m, para controlar el nivel de aguas en el trasdós (Figura 12). Cada 50 m aproximadamente (entre anclajes), se instalarán unos pozos visitables de hormigón prefabricado, con salida hacia el mar a través de las tablestacas, y tubos con válvulas antirretorno.

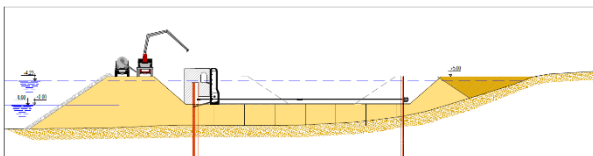


Figura 12. Viga cantil y drenaje del trasdós.

La explanada se terminará con pavimento portuario de acuerdo a la ROM 4.1-18 [3].

4.3 Dragado

En la actualidad, con el objetivo de dar acceso a los muelles existentes, el Puerto de Huelva dispone de un canal de navegación con un ancho entre 200 y 300 m, una longitud de 15.000 m y un calado de 11,8 m aproximadamente, referidos al cero del Puerto. Este calado está sujeto a variaciones por la propia dinámica de la ría y, por tanto, su valor siempre debe ser revisado y tenido en cuenta en la operativa de la terminal.

No obstante, en los últimos años la Autoridad Portuaria de Huelva ha realizado un

importante esfuerzo en la gestión, diversificación, proyección y ampliación del Puerto. Así pues, en 2020 se elabora un pliego para la contratación de la asistencia técnica del proyecto “Habilitación a nuevos tráficos del canal de Navegación del Puerto de Huelva”, en el que se contemplan las siguientes actuaciones a desarrollar:

- Aumento del calado del canal de navegación.
- Nueva zona de reviro frente al Muelle Sur.
- Aumento del calado en la fosa de atraque, en la zona de acceso al Muelle Sur y en la Ampliación Norte del mismo.

Teniendo en cuenta las actuaciones que contempla la Autoridad Portuaria de Huelva en los próximos años, se han considerado las siguientes fases de proyecto:

- Fase 0 para albergar buques de dimensiones habituales en la ría. Con dragado actual del canal de navegación y del área de maniobras.
- Fase 1 de dragado para albergar buques de 80.000 TPM en el atraque de buques energéticos y de 50.000 TPM en el de BIOS/HVO. Calado mínimo en la fosa de atraque de -15.8 m (referidos al cero del Puerto).
- Fase 2 de dragado para albergar buques de 110.000 TPM en el atraque de buques energéticos, en caso de que finalmente se realice el aumento de calado en el canal de navegación y en la zona de reviro. Calado mínimo en la fosa de atraque de -17.0 m (referidos al cero del Puerto).

En la Figura 13 se muestra la planta de dragado resultante para la Fase 2, tras el dimensionamiento de la fosa de atraque, según las recomendaciones de la ROM.

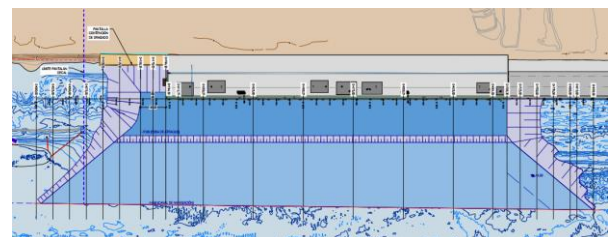


Figura 13. Planta de dragado Fase II. Cota -17.0 m.

Las actividades de dragado únicamente podrán comenzarse tras la construcción de la sección completa de tablestacas, con tirantes instalados, y la retirada de la parte sobrante de la mota delantera.

Referencias

- [1] Pliego de bases para la contratación de la Asistencia Técnica para la redacción del Proyecto “Habilitación a nuevos tráfico del canal del Puerto de Huelva”, redactado en abril de 2020.
- [2] ROM 2.0-11 Recomendaciones para el Proyecto y Ejecución en Obras de Atraque y Amarre.
- [3] ROM 4.1-18 Recomendaciones para el Proyecto y construcción de pavimentos portuarios.