

ANEJO 18

CÁLCULO DEL VOLUMEN DE DRAGADO



ÍNDICE GENERAL

1. OBJETO	4
2. MARCO NORMATIVO	5
3. CONSIDERACIONES AMBIENTALES	10
4. DEFINICIONES Y CONCEPTOS	12
5. CALCULO DE VOLÚMENES DE DRAGADO	13
5.1. DRAGADOS PARA EJECUCIÓN DE DIQUE PRINCIPAL Y CONTRADIQUES	14
5.2.1. DIQUE PRINCIPAL	14
5.2.2. CONTRADIQUE SUR	15
5.2.3. CONTRADIQUE Y MUELLE ESTE	17
5.2. MUELLES	18
5.2.1. MUELLE SUR	18
5.2.2. MUELLE OESTE	19
5.3. CANAL DE ACCESO	20
5.4. DÁRSENA	22
5.5. BANQUETA DE LOS PANTALANES	23
6. VOLÚMENES TOTALES	24



ÍNDICE IMÁGENES

1. Figura 1. Ciclo del dragado	12
2. Figura 2. Planta de las secciones realizadas	13
3. Figura 3. Sección transversal dragado dique principal	14
4. Figura 4. Sección longitudinal dragado dique principal	14
5. Figura 5. Sección transversal dragado contradique sur	15
6. Figura 6. Sección transversal dragado muelle sur	16
7. Figura 7. Sección transversal dragado del muelle y contradique este	17
8. Figura 8. Sección longitudinal dragado del muelle y contradique este	17
9. Figura 9. Sección transversal dragado muelle sur	18
10. Figura 10. Sección transversal dragado muelle oeste	19
11. Figura 11. Sección S4 del dragado del canal de acceso	20
12. Figura 12. Sección transversal 2 del dragado en la dársena	22

ÍNDICE TABLAS Y GRÁFICAS

1. Tabla 1. Cálculo del dragado del dique principal	15
2. Tabla 2. Cálculo del dragado del contradique Sur	16
3. Tabla 3. Cálculo del dragado del contradique y el muelle Este	18
4. Tabla 4. Cálculo del dragado del muelle Sur	19
5. Tabla 5. Cálculo del dragado del muelle Oeste	19
6. Tabla 6. Cálculo del dragado del canal de acceso	21
7. Tabla 7. Cálculo del dragado de la dársena	23
8. Tabla 8. Cálculo del dragado de la banqueta de los pantalanes	24
9. Tabla 9. Totales de volúmenes de dragado en la obra	24



1. OBJETO

El dragado es una operación necesaria para el desarrollo y el mantenimiento de las infraestructuras en el medio marino y fluvial, y de su realización depende el desarrollo de los puertos y del tráfico marítimo. Sin embargo, a pesar de su importancia en las obras marítimas y su vinculación al desarrollo económico y social, las técnicas de dragado siguen siendo una de las ramas más desconocidas de la ingeniería civil.

El objeto del presente anejo es realizar un pequeño estudio acerca de la situación de las tierras bajo el nivel del mar, a partir de los datos que hemos obtenido de la zona de obra en su estado previo, a fin de determinar la cantidad o volumen de dragados necesaria para la construcción del puerto deportivo.

Además, a modo explicativo, se realiza una pequeña exposición de las tareas llevadas a cabo en el proceso de dragado y la importancia de éstas, así como de la operación de dragado en sí misma.

Podemos decir que una obra de dragado se define como el conjunto de operaciones necesarias para la extracción, el transporte y el vertido de materiales situados bajo el agua, ya sea en el medio marino, fluvial o lacustre.

Estas tres etapas son fundamentales en toda obra de dragado y deben analizarse con detenimiento para optimizar la operación. El primer paso consiste en extraer el material del fondo, y para ello se requiere una maquinaria específica, las dragas. Como veremos más adelante, existen numerosos equipos de dragado, que se diferencian principalmente en la forma de realizar la excavación. A continuación se debe efectuar el transporte del material desde el punto de extracción hasta la zona de vertido. El tipo de transporte dependerá también de la draga utilizada, pudiéndose efectuar con la misma embarcación, con gánguiles de carga, o mediante tuberías. Finalmente, se debe seleccionar el lugar de vertido y el método para realizarlo, siendo lo más usual el vertido mediante descarga por el fondo o por bombeo a través de tubería. En la actualidad, la reutilización y el aprovechamiento de los materiales procedentes de dragado es cada vez más frecuente.



2. MARCO NORMATIVO

España forma parte contratante de los Convenios Internacionales sobre vertidos al mar de Londres, Oslo-París y Barcelona, y tiene la obligación de informar anualmente a las secretarías de dichos Convenios sobre los volúmenes de materiales dragados, sus características físicas y químicas y las áreas de vertido en el mar.

A nivel estatal, las operaciones de dragado y especialmente lo que concierne a las zonas de vertido y gestión del material así como las licencias administrativas, quedan legisladas por distintas leyes y normativas, no existiendo en ningún caso una referencia única.

Así por ejemplo, la *Ley 27/1992 de Puertos del Estado y de la Marina Mercante en su artículo 62* especifica: “Toda ejecución de obras de dragado en el dominio público portuario requerirá correspondiente autorización de la Autoridad Portuaria. Cuando las obras de dragado afecten a la seguridad de la navegación en los canales de entrada y salida a la zona de servicio portuario o a la determinación de las zonas de fondeo o maniobra, se exigirá informe previo y vinculante.”

Este mismo artículo continúa diciendo: “Los proyectos de dragado portuario, incluso los ejecutados por la Autoridad Portuaria, incluirán un estudio de evaluación sobre sus efectos sobre la dinámica litoral y la biosfera marina, así como, cuando proceda sobre la posible localización de restos arqueológicos. Se solicitará informe de las administraciones competentes en materia de pesca y arqueología. En el caso de que se produzcan vertidos de productos de dragado fuera de la zona interior de las aguas del puerto, se estará a lo previsto en el artículo 21.4 de la presente ley”.

En el mismo artículo se afirma: “La Autoridad Portuaria remitirá a la Capitanía Marítima los datos de las cantidades vertidas de los materiales de dragado, la localización de la zona o zonas de vertido y cuando exista riesgo de que el posible desplazamiento del material afecte a la navegación marítima, los resultados del seguimiento de la evolución de dicho material vertido”.

El *artículo 21.4* de esta misma ley declara: “Los dragados que se realicen fuera de la zona interior de las aguas del puerto con destino a rellenos portuarios deberán ser autorizados por la Autoridad Portuaria previo informe de la Capitanía Marítima y de la dirección General de Costas. Ambas solicitudes deberán ir acompañadas de los informes, análisis o estudios necesarios que permitan valorar los efectos de la actuación sobre la sedimentación litoral y la biosfera submarina, así como en su caso la capacidad contaminante de los vertidos”.

Por su parte, la ley 22/1988 de Costas anuncia:

1. “Para otorgar las autorizaciones de extracciones de áridos y dragados será necesaria la evaluación de sus efectos sobre el dominio público marítimo – terrestre referida tanto al lugar



de extracción o dragado como al de descarga en su caso. Se salvaguardará la estabilidad de la playa, considerándose preferentemente sus necesidades de aportación de áridos”.

2. “Quedarán prohibidas las extracciones de áridos para la construcción, salvo para la creación y regeneración de playas”.

3. “Entre las condiciones de la autorización deberán figurar las relativas a:

- a) Plazo por el que se otorga.
- b) Volumen a extraer, dragar o descargar al dominio público marítimo – terrestre de estas acciones y tiempo hábil de trabajo.
- c) Procedimiento y maquinaria de ejecución.
- d) Destino y en su caso lugar de descarga en el dominio público de los productos extraídos o dragados.
- e) Medios y garantías para el control efectivo de estas condiciones.”

Según las directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo-terrestre, que vienen a sustituir a las RGMD:

▪ **Artículo 4. El proyecto de dragado:**

1. Toda actuación de dragado tendrá la consideración de obra marítima y requerirá del correspondiente proyecto, a elaborar de acuerdo con lo establecido en la *Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas y el Real Decreto 1471/1989* por el que se aprueba el Reglamento general para su desarrollo y ejecución, así como con el *artículo 64 del Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre*, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante. El proyecto incorporará una justificación de la necesidad de ejecutar el dragado, una caracterización de la zona y un estudio de la gestión del material dragado que se realizarán de acuerdo con las presentes Directrices.

2. En aquellos proyectos que deban ser sometidos a evaluación de impacto ambiental en virtud de la legislación estatal o autonómica que resulte de aplicación, la consideración de las condiciones establecidas en las presentes Directrices formará parte del estudio de impacto ambiental o del documento ambiental en lo que se refiere a los aspectos contenidos en las mismas.

3. En los proyectos que puedan afectar directa o indirectamente a lugares de la Red Natura 2000, la consideración de las condiciones establecidas en las presentes Directrices formará parte de la adecuada evaluación de sus repercusiones sobre dicho lugar.



▪ **Artículo 5. Justificación de la necesidad del dragado:**

1. El promotor de la actuación de dragado deberá justificar de manera adecuada la necesidad de la misma así como su propósito, estableciendo:

- I. Objetivos del dragado que se pretende realizar (primer establecimiento, mantenimiento, limpieza o relleno portuario).
 - II. Razones técnicas que hacen necesaria la realización del dragado.
 - III. El volumen de materiales a dragar, expresado en metros cúbicos.
 - IV. La superficie afectada por el dragado, expresada en metros cuadrados.
 - V. El espesor de materiales a dragar en cada zona de la superficie afectada, aportando un plano batimétrico previo reciente y un plano batimétrico de la situación que se pretende alcanzar.
 - VI. Método de dragado previsto (hidráulico o mecánico) y eventuales medidas preventivas que se plantean.
2. La información anterior se incorporará sobre plano a una escala adecuada a la superficie del proyecto pero, en todo caso, no inferior a 1:10.000. Se incluirá adicionalmente, como referencia, la carta náutica de la zona cuando esté disponible a la escala adecuada.
3. En el caso de que se trate de una actuación a realizar sobre una zona ya dragada con anterioridad, se suministrará información, siempre que pueda disponerse de ella, sobre las actuaciones de dragado realizadas previamente y los efectos producidos, valorados a través de los resultados de los seguimientos ambientales que se hubieran realizado.
4. Se minimizará, en la medida en que resulte técnicamente posible y económicamente viable el volumen de material a dragar, el volumen de material a verter al mar y, en general, las superficies afectadas por el dragado y el vertido.



▪ **Artículo 6. Caracterización de la zona a dragar:**

1. El promotor de la actuación de dragado deberá recopilar, con carácter previo a la caracterización de los materiales y sobre la base de los datos existentes, la siguiente información referente a la zona de actuación y su entorno:

- I. Descripción del tipo y fuentes de contaminación significativa que soporta la zona a dragar (emisarios o conducciones de vertido de aguas residuales, industriales o mixtas; carga/descarga de graneles con especial consideración de los hidrocarburos, indicando tipo e instalación especial, o no; usos históricos de la zona; aportes de ríos; escorrentías; etc.).
- II. Estimación de los objetos o materiales de origen antrópico que pudiera contener el material a dragar. La información recogida deberá ser suficiente para evaluar la compatibilidad de la actuación respecto a la Estrategia Marina correspondiente respecto al Descriptor 10 (Basuras Marinas).
- III. Existencia de algún programa de control sobre las fuentes de contaminación, o si se ha hecho alguna intervención ambiental relevante en relación con los vertidos a las aguas de la zona a dragar o su entorno inmediato, siempre que pueda disponerse de ella.
- IV. Composición granulométrica esperada.
- V. Características batimétricas de la zona.
- VI. Descripción de características biológicas, con especial atención a los hábitats y especies, especialmente bentónicas, y a la posible presencia de especies invasoras que pudieran ser propagadas con la actuación de dragado. La información recogida deberá ser suficiente para evaluar la compatibilidad de la actuación respecto a la Estrategia Marina correspondiente respecto a los Descriptores 1 (Biodiversidad) y 2 (Especies alóctonas).
- VII. Resultados de los programas existentes de seguimiento de calidad de las aguas.
- VIII. Localización de áreas marinas o marítimo-terrestres amparadas por cualquier figura de protección autonómica, nacional o internacional en el entorno de la zona de actuación, con determinación expresa de la distancia mínima hasta las mismas.
- IX. Identificación de otros usos legítimos del mar que concurren sobre la zona a dragar o el entorno que pudiera resultar afectado por la actuación, con especial atención a la existencia de zonas sensibles y zonas de explotación de recursos pesqueros y marisqueros.



2. En actuaciones con un volumen de sedimento a dragar superior a 100.000 m³ y con zonas de baño, de cultivos marinos, tomas de agua (para refrigeración, desalación o cultivos marinos) o con cualquier figura de protección ambiental marina o marítimo-costera situada a una distancia igual o inferior a 2 millas náuticas de la zona de dragado, será preceptiva la realización de un estudio de transporte y dispersión que permita conocer su posible afección por la actuación de dragado, con indicación de las comunidades biológicas susceptibles de ser alteradas por la misma.



3. CONSIDERACIONES AMBIENTALES

Las operaciones de dragado resultan esenciales para posibilitar y mantener el acceso a los puertos de los buques que, cada vez, presentan mayores requerimientos de calado debido al aumento de sus dimensiones y para el desarrollo de las infraestructuras portuarias.

Gran parte del material extraído durante estas actividades requiere su vertido en el mar. La mayoría del material dragado, al estar compuesto fundamentalmente por material geológico inerte, presenta niveles de contaminación escasamente significativos (es decir, cercanos a los niveles de fondo naturales), por lo que sus impactos sobre el medio marino en caso de vertido se limitan a los efectos de naturaleza física que pudieran llegar a producir. Sin embargo, en determinados proyectos o dentro de un proyecto de dragado en ciertas zonas, algunos materiales están contaminados en unos niveles tales que se deben aplicar limitaciones ambientales en el desarrollo de sus opciones de gestión.

En general, al considerar las opciones de gestión adecuadas, la opción preferente debe ser retener el material dragado dentro del mismo sistema sedimentario acuático de donde es originario, siempre que sea técnica, social, económica y medioambientalmente factible hacerlo. Existen múltiples ejemplos, tanto en el contexto nacional como internacional, sobre usos beneficiosos del material dragado (por ejemplo, para regeneración de playas o rellenos portuarios) que deben resultar la opción preferente de gestión, siempre que sus características físicas y ambientales lo hagan posible antes que optarse por su vertido en el mar.

De acuerdo con el Inventario de dragado en los puertos españoles (Puertos del Estado), desde que se cuenta con registros históricos de estas operaciones en España (año 1975), el volumen de material dragado en los puertos de nuestro país resulta ser de casi 330 millones de metros cúbicos con una media cercana a los 9 millones anuales. De estos volúmenes, el 51% ha sido reutilizado y un 11% ha sido almacenado en depósito por lo que el volumen de material vertido al mar durante este periodo ha resultado ser de casi 125 millones de metros cúbicos. Se trata, pues, de operaciones de una magnitud tal que, en caso de no ejecutarse siguiendo unos criterios ambientales adecuados, pueden llegar a comprometer el estado ambiental del medio marino.

Los tres Convenios para la protección del medio marino, mencionados ya en el anterior apartado, de los que España es parte contratante (Londres, OSPAR y Barcelona) han desarrollado y actualizado directrices específicas para la gestión del material dragado:

- *Specific guidelines for assessment of dredged material.*
- *OSPAR Guidelines for the Management of Dredged Material.*
- *Directrices para el Manejo de los Materiales de dragado.*



En los tres casos, estas guías se elaboran para servir de base a los países para su propia reglamentación.

En el caso de España, en el año 1994 el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) publicó las “Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles” (RGMD), que fueron acordadas por los diferentes órganos de la Administración General del Estado competentes en los procedimientos de aprobación y autorización de las obras de dragado y su vertido en el mar (Puertos del Estado, Dirección General de la Marina Mercante, extinta Secretaría General de Pesca Marítima, extinta Dirección General de Costas, extinta Dirección General de Política Ambiental e Instituto Español de Oceanografía). Por diferentes razones, las mencionadas RGMD no llegaron a tener carácter normativo pero, sin embargo, han venido siendo aplicadas en la práctica totalidad de los proyectos de dragado.

Las RGMD establecían el procedimiento general que debía seguirse en la caracterización del material dragado, incluyendo la definición provisional de los umbrales de contaminación para evaluar la aceptabilidad ambiental del vertido al mar de los mismos (niveles de acción), los estudios necesarios para la selección de la zona de vertido y los programas de vigilancia ambiental que debían desarrollarse. Sin embargo, los avances acontecidos desde su publicación tanto en el ámbito de los Convenios Internacionales para la protección del medio marino como en la legislación comunitaria y en el conocimiento científico, junto con los problemas puntuales detectados durante estos años en la aplicación de las RGMD, hicieron imprescindible su actualización.

Tras la creación de un grupo de trabajo en el seno de la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas, este órgano ha aprobado en Abril de 2014 las “Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo-terrestre” que vienen a sustituir a las RGMD de 1994 y se constituyen como el mecanismo para evaluar la aceptabilidad ambiental de las operaciones de dragado, establecen los procedimientos para su adecuada caracterización y sirven de guía para establecer el procedimiento de gestión más conveniente, incluyendo los criterios y estudios necesarios para la selección de la zona de vertido cuando esta sea la opción seleccionada.



4. DEFINICIONES Y CONCEPTOS

A continuación se expone la definición de los conceptos utilizados y el vocabulario preciso para la correcta comprensión y posterior aplicación del presente Anejo.

Podemos decir que una obra de dragado se define como el conjunto de operaciones necesarias para la extracción, el transporte y el vertido de materiales situados bajo el agua, ya sea en el medio marino, fluvial o lacustre.

Estas tres etapas son fundamentales en toda obra de dragado y deben analizarse con detenimiento para optimizar la operación. El primer paso consiste en extraer el material del fondo, y para ello se requiere una maquinaria específica, las dragas. Como veremos más adelante, existen numerosos equipos de dragado, que se diferencian principalmente en la forma de realizar la excavación. A continuación se debe efectuar el transporte del material desde el punto de extracción hasta la zona de vertido. El tipo de transporte dependerá también de la draga utilizada, pudiéndose efectuar con la misma embarcación, con gánguiles de carga, o mediante tuberías. Finalmente, se debe seleccionar el lugar de vertido y el método para realizarlo, siendo lo más usual el vertido mediante descarga por el fondo o por bombeo a través de tubería. En la actualidad, la reutilización y el aprovechamiento de los materiales procedentes de dragado es cada vez más frecuente.

Los trabajos de dragado con equipos de succión en marcha se pueden considerar como una serie continua de ciclos de dragados sencillos. Cada ciclo de dragado consiste en diferentes fases ejecutadas una atrás de otra. Las diferentes fases a considerar se presentan en la *Figura 1*.

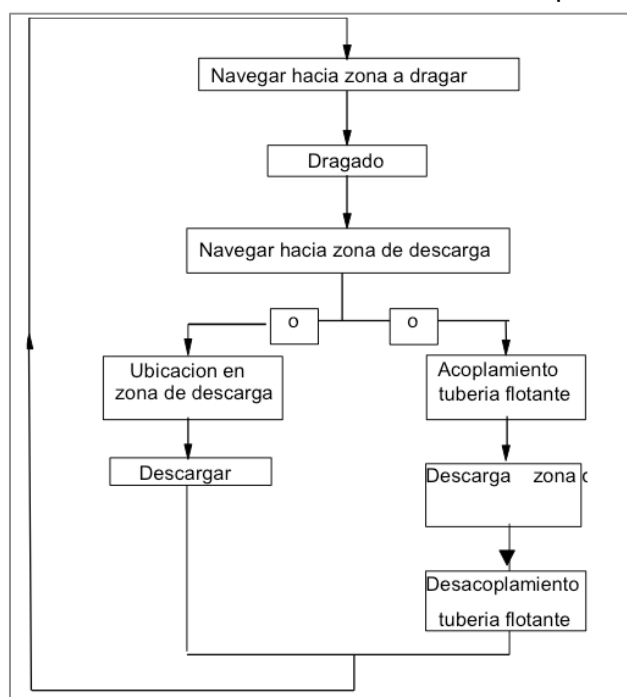


Figura 1. Ciclo del dragado

5. CALCULO DE VOLÚMENES DE DRAGADO

A fin de calcular los volúmenes totales de tierras movidos para la realización de las obras, se ha realizado un análisis del fondo marino a modo de obtener la batimetría existente en la zona de obras.

Para el cálculo se han realizado secciones transversales y longitudinales de cada una de las partes del dragado.

Cada una de las secciones transversales definidas se muestran en la siguiente figura:

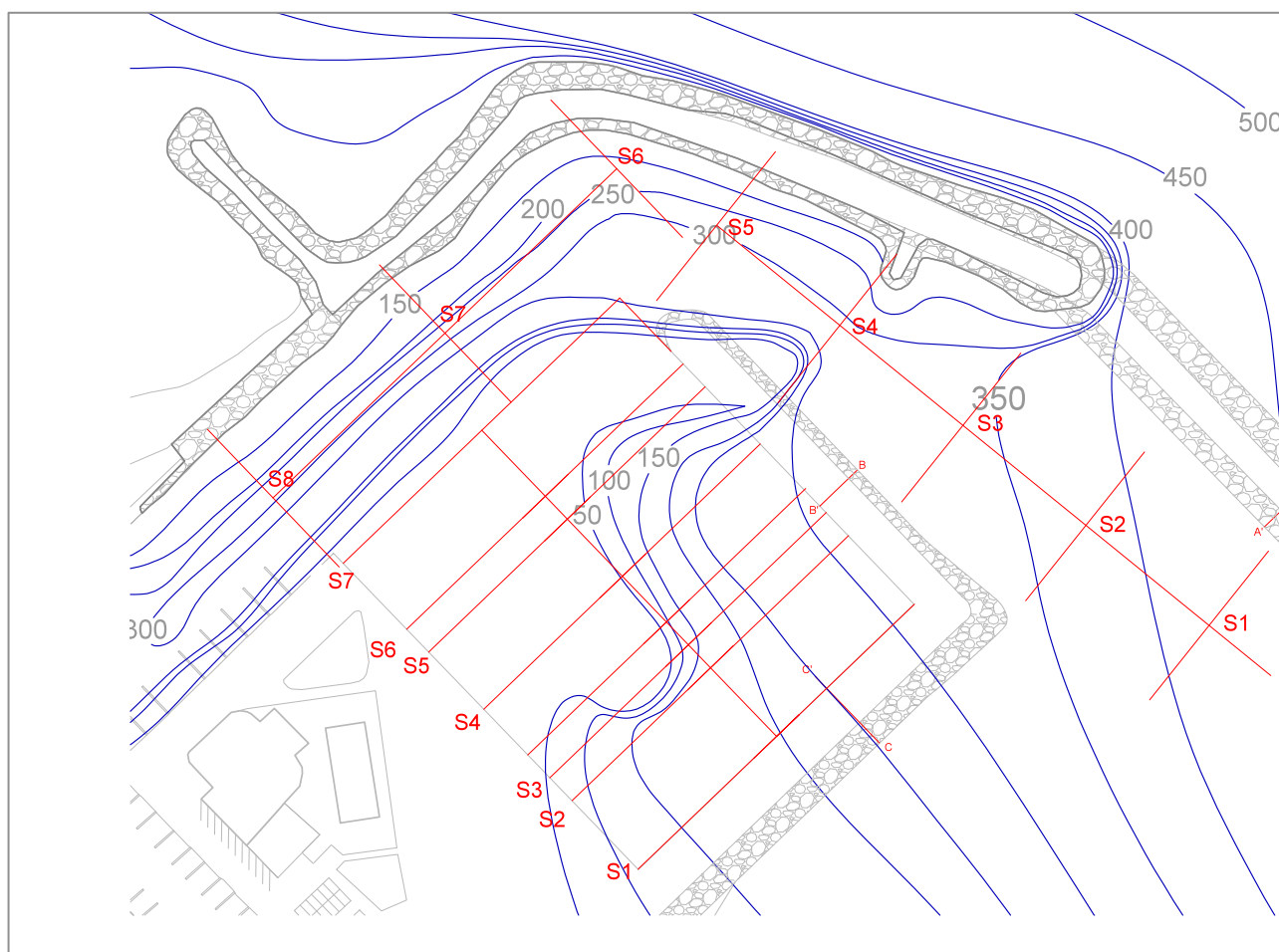


Figura 2. Planta de las secciones realizadas

Se ha optado por separar los volúmenes en función del proceso constructivo en que se llevan a cabo. Para ello se definen:

- Dragado realizado para la construcción de dique principal y contradiques.
- Dragado para la ejecución de los muelles.
- Dragado de la nueva dársena.
- Dragado del canal de acceso.



5.1. Dragados para ejecución de dique principal y contradiques

Ésta es la primera tarea llevada a cabo en cuanto a los dragados se refiere. En primer lugar se realiza el dragado del dique principal. Para la construcción de éste se dragará aproximadamente 1 metro de profundidad. Tras ello se realizan los dragados de los contradiques.

5.2.1. Dique principal

Para el cálculo del dique principal se ha utilizado la sección transversal y la longitudinal del dique A-A' para obtener el área de dragado, marcada en rojo:

▪ *Sección transversal:*

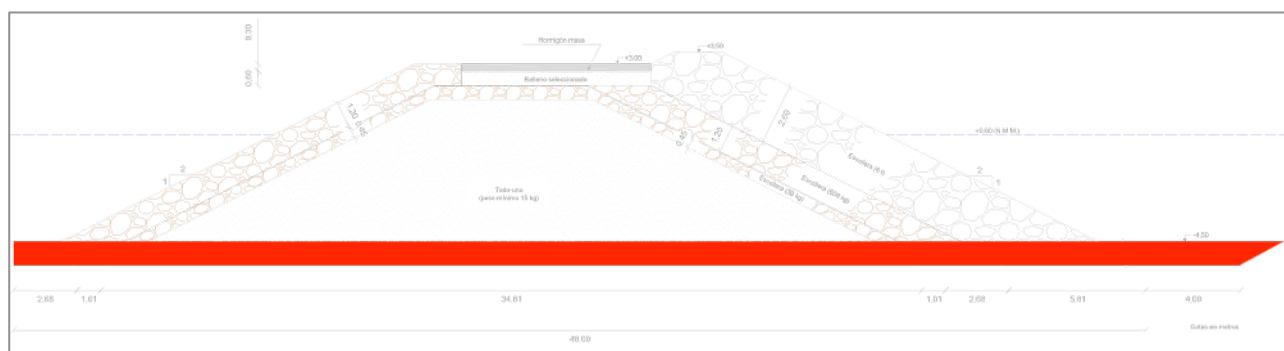


Figura 3. Sección transversal dragado dique principal

▪ *Sección longitudinal*

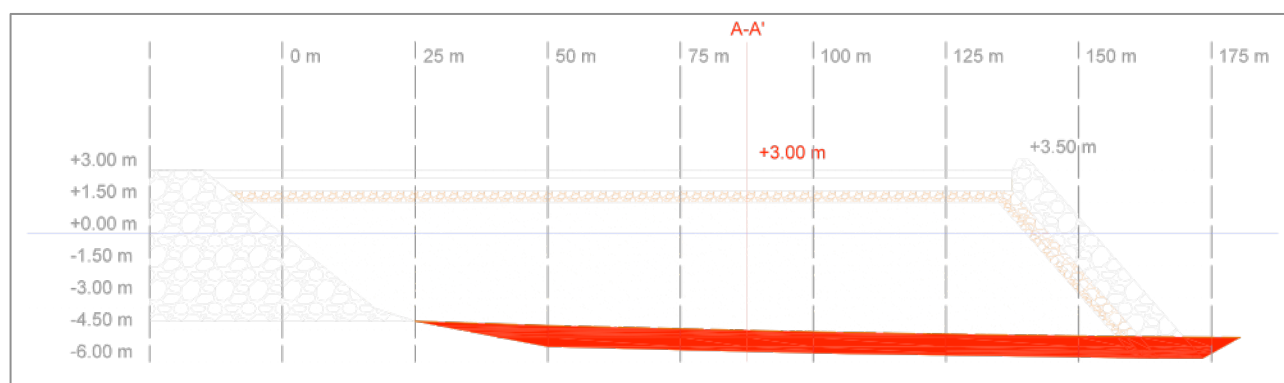


Figura 4. Sección longitudinal dragado dique principal

Como tenemos la sección longitudinal del dique con las profundidades de dragado. Vemos que la sección en 25 metros no tiene ningún área de dragado y que de la sección en 50 metros hasta la de 173,35 metros la profundidad es constante, a partir de la cual disminuye hasta anularse en 180,46. Por lo tanto para obtener el volumen de los dos tramos con área no constante se efectúa un área media y se multiplica por la distancia que separa las secciones.



Con ello tenemos:

DIQUE PRINCIPAL			
Sección	A (m ²)	Separación (m)	Volúmenes (m ³)
Sec 25m	0		
Sec media	26,45	25	661,25
Sec 50m	52,9		
Sección A-A'	52,9	123.35	6.525.22
Sec 173.35m	52,9		
Sec media	26,45	7.11	188,06
Sec 180.46m	0		
TOTAL			7.374.52

Tabla 1. Cálculo del dragado del dique principal

En éste cálculo se ha omitido el talud de la parte izquierda de la *Figura 4* puesto que éste volumen será calculado con las secciones del canal de acceso más adelante, aunque consideraremos también constituyente del dragado del dique principal. A falta de dicho volumen, se ha calculado un volumen de dragado para el dique principal de **7.374,52 m³**.

5.2.2. Contradique sur

Para la ejecución del dragado del contradique sur se ha procedido como en el contradique principal, a través de la sección transversal C-C' y de la longitudinal del muelle y el dique juntos se ha procedido al cálculo del volumen. La sección que en este caso se aporta es la que se produce durante la construcción del dique, ya que luego, según el plan de obra, se desmantelará parte de éste y se dragará para la cimentación del muelle.

▪ Sección transversal:

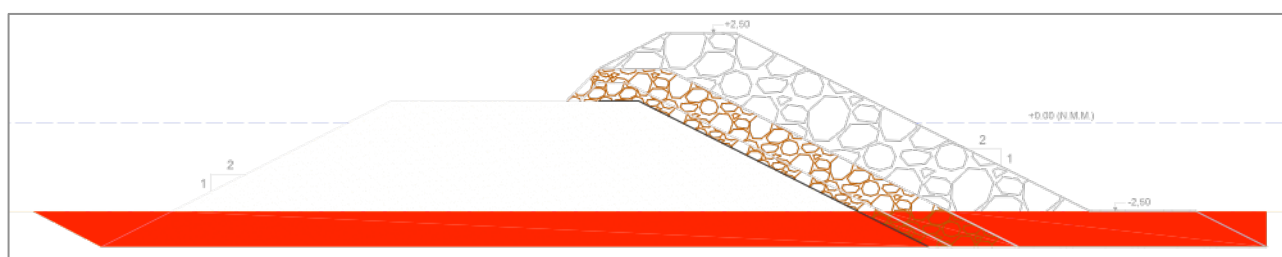


Figura 5. Sección transversal dragado contradique sur



▪ **Sección longitudinal:**

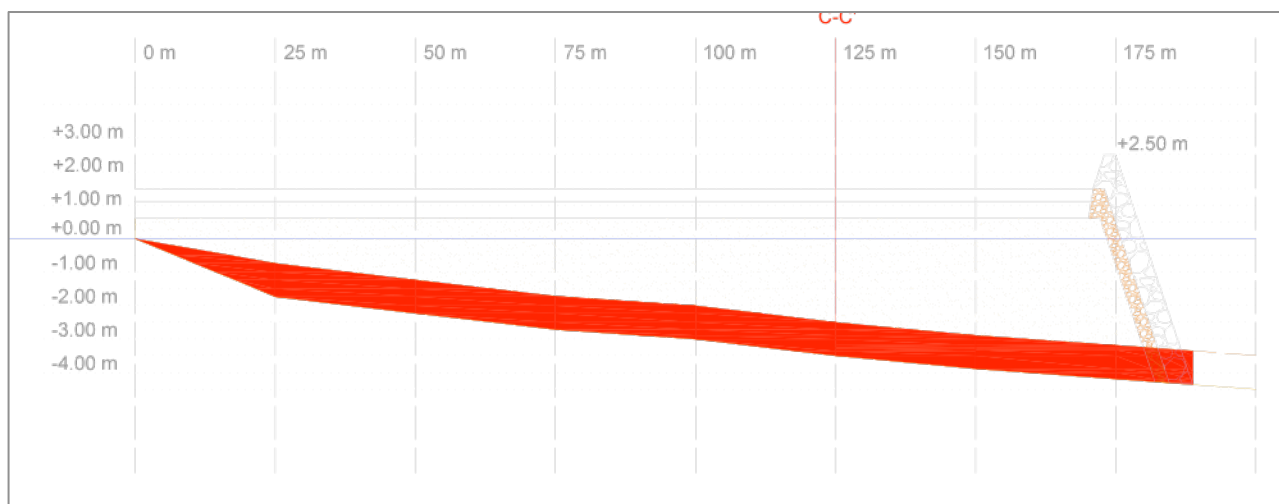


Figura 6. Sección transversal dragado muelle sur

En este caso el único tramo con variación del área transversal es entre la sección en 0 y la sección en 25 metros.

CONTRADIQUE SUR			
Sección	A (m ²)	Separación (m)	Volúmenes (m ³)
Sec 0 m	0		
Sec media	17,425	25	435,635
Sec 25 m	34,85		
Sección C-C'	34,85	163,72	5705,642
TOTAL			7.374.52

Tabla 2. Cálculo del dragado del contradique Sur

El volumen de dragado que obtenemos aquí, a falta del talud al final del dique que se ha calculado en el dragado del canal, es de **6.141,267 m³**.

5.2.3. Contradique y muelle este

En este caso, puesto que el muelle y el contradique se construyen a la vez, empezando por el muelle, se hace un cálculo global del volumen de dragado necesario. Seguimos con el mismo procedimiento que en los casos precedentes.

▪ Sección transversal:

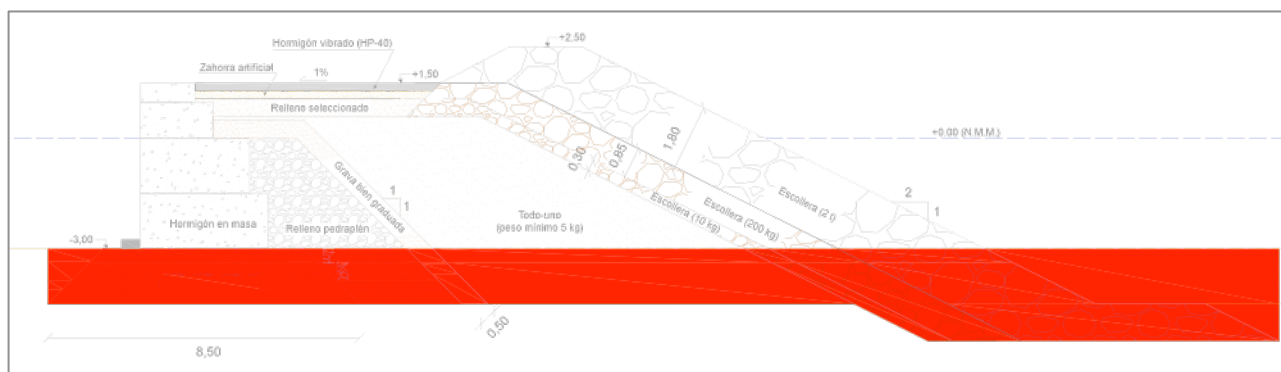


Figura 7. Sección transversal dragado del muelle y contradique Este

▪ Sección longitudinal:

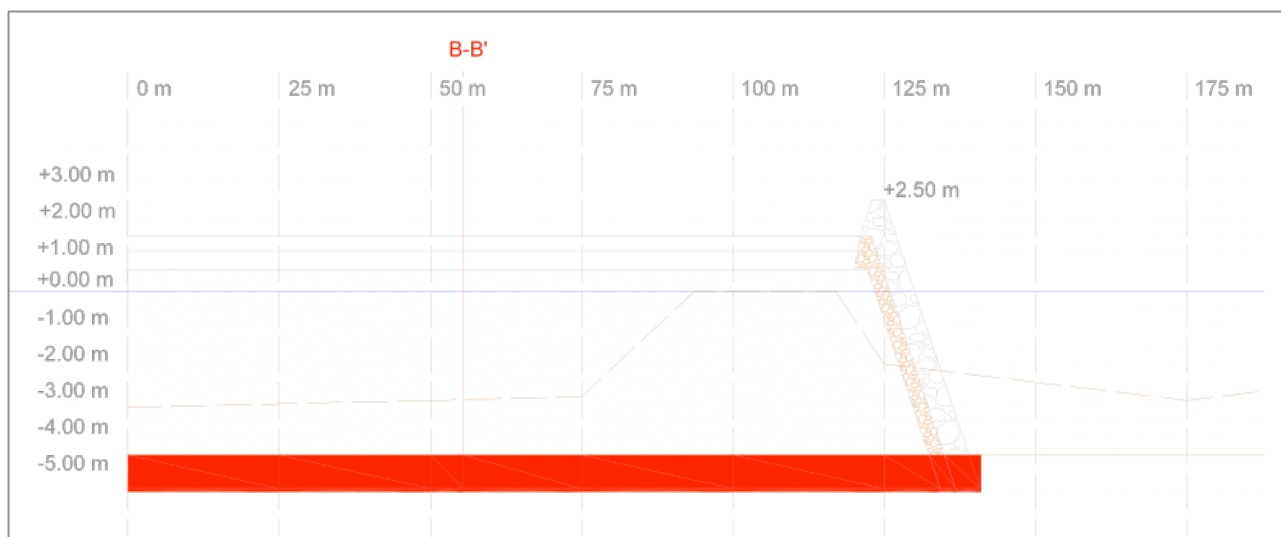


Figura 8. Sección longitudinal dragado del muelle y contradique Este



CONTRADIQUE Y MUELLE ESTE			
Sección	A (m ²)	Separación (m)	Volúmenes (m ³)
Sec C-C'	52,0895	141	7.344,6195
Sec 141,00m	52,0895		
Sec media	26,04475	10.82	281,8041
Sección 151,82m	0		
TOTAL			7.626,4237

Tabla 3. Cálculo del dragado del contradique y el muelle este

Finalmente y a falta del talud al final del dique, que se calcula junto con el dragado del canal de acceso pero se añadirá luego al volumen de dragado de diques y contradiques, se ha calculado un volumen de excavación de **7.626,42 m³**.

5.2. Muelles

5.2.1. Muelle sur

Para el cálculo del volumen de dragado realizado en el muelle sur, no se tiene en cuenta el volumen ya dragado para la ejecución del contradique ni el área de dragado a falta del talud del lado izquierdo de la sección transversal que se incluye dentro del cálculo de la dársena aunque finalmente se incluirá en el apartado de muelles. Para su cálculo utilizamos pues:

▪ **Sección transversal:**

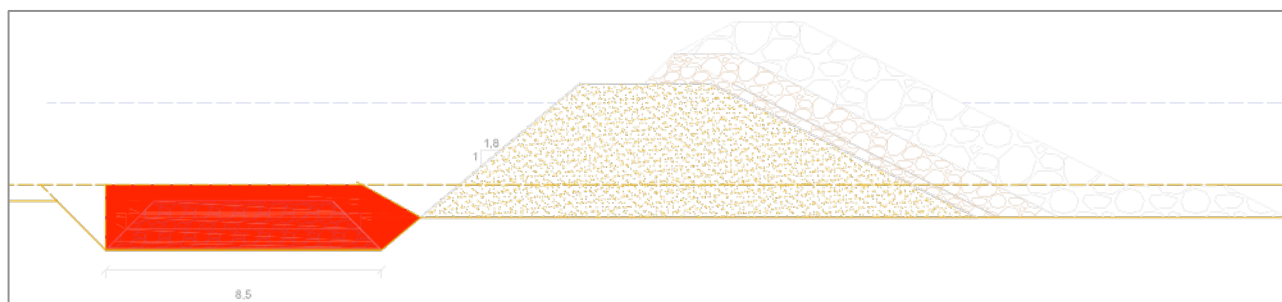


Figura 9. Sección transversal dragado muelle sur

La sección longitudinal será la misma que la de la Figura 8., por lo que no se incluye aquí.



MUELLE SUR			
Sección	A (m ²)	Separación (m)	Volúmenes (m ³)
Sec 0m	0		
Sec media	8,71	25	217,75
25m	17,42		
Sección C-C'	17,42	163,72	2852,0024
TOTAL			3.069,7524

Tabla 4. Cálculo del dragado del muelle sur

Por tanto, a falta de los dragados ya nombrados, el volumen de extracción de material será de 3.069,75 m³.

5.2.2. Muelle oeste

Para el cálculo de éste muelle se tendrá en cuenta que la explanada contigua a él se realiza en primer lugar, debiendo retirar después el material necesario para ejecutar el muelle. Por ello la sección a dragar será constante durante toda la longitud del muelle, no siendo necesario obtener una sección longitudinal. Según esto:

▪ **Sección transversal:**

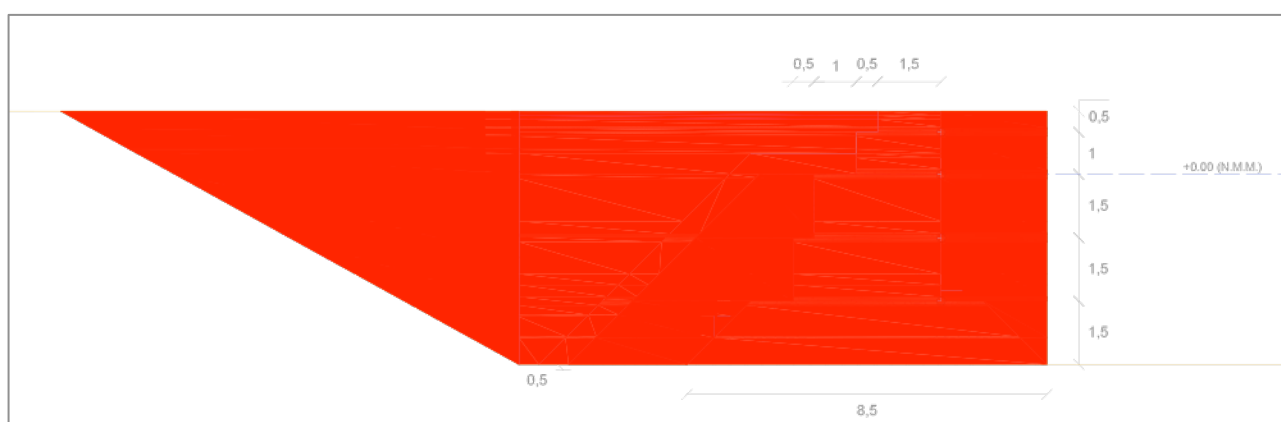


Figura 10. Sección transversal dragado muelle oeste

MUELLE OESTE			
Sección	A (m ²)	Longitud (m)	Volúmen (m ³)
Sec	108,74	138,36	15.045,2664

Tabla 5. Cálculo del dragado del muelle oeste



5.3. Canal de acceso

Para el cálculo del volumen de dragado del canal de acceso al puerto, se han diferenciado dos alineaciones distintas, creándose en cada una de ellas secciones intermedias a fin de calcular el volumen aproximado de dragado. Puesto que el canal varía, estas secciones no son contantes y se realiza un cálculo del área de la sección media entre cada sección. Con el área calculada, se multiplica por la distancia de separación entre secciones consecutivas y se obtienen los volúmenes aproximados de dragado. La distancia que separa las secciones de la primera parte del canal (S1-S5) es de 50 metros. En el caso de la segunda parte del canal (S6-S8), esta distancia es de 75 metros.

A modo de sección transversal tipo del canal se muestra la siguiente, correspondiente con la Sec 4:

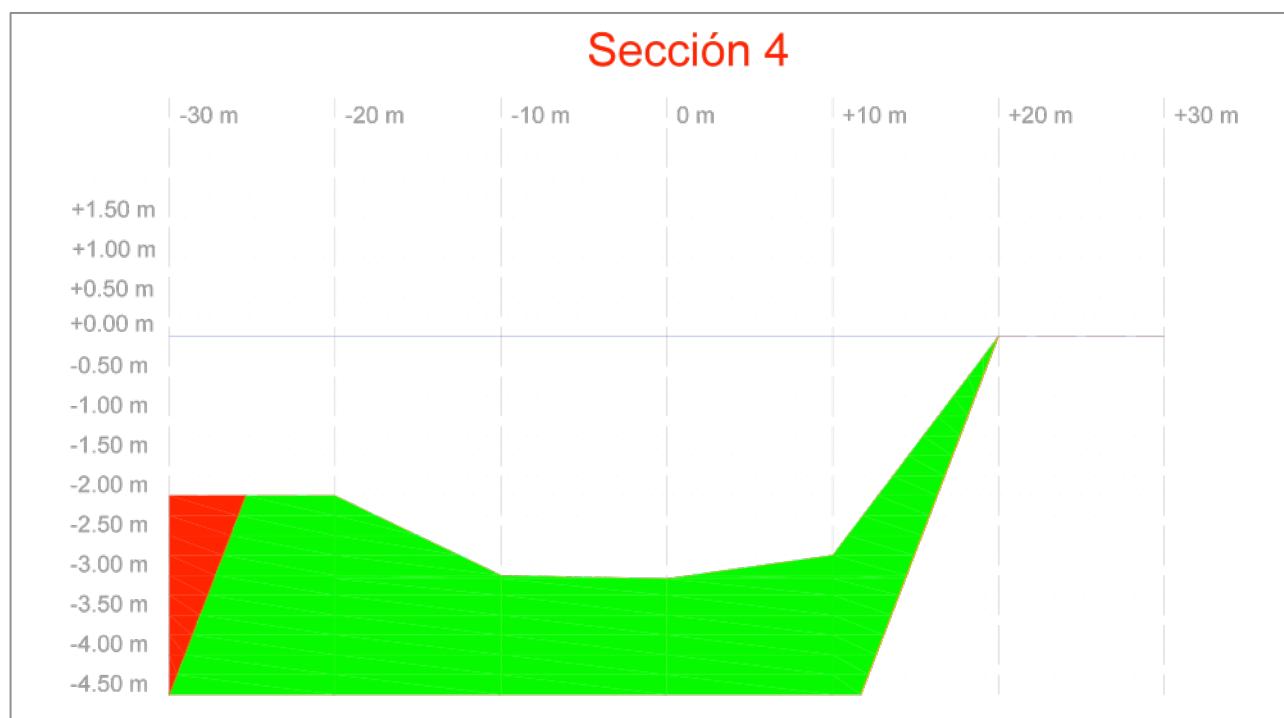


Figura 11. Sección S4 del dragado del canal de acceso

Se diferencian en éste caso dos colores que corresponden cada uno a un tipo de dragado. El área de color roja es la que se corresponde en este caso con el dragado inicial para la construcción del contradique Este y por lo tanto previo al dragado del canal. El área de color verde en cambio se corresponde con el dragado propio del canal de acceso, dejando el talud natural del terreno en la parte derecha de la sección desde el dique principal previo a las obras hasta el fondo.



Los cálculos del volumen se detallan a continuación:

CANAL					
	Dragado dique	Post dique			
	A (m ²)	A (m ²)			
Sec 1	0,01128	20,178			
Sec 2	1,33	40,86			
Sec 3	2,59	66,34			
Sec 4	4,258	82,67			
Sec 5	1,95	77,63			
Sec 6		85,268			
Sec 7		154,83			
Sec 8		155,23			

	Amedia (m ²)	Amedia (m ²)	Separación (m)	Vol.drag dique (m ³)	Vol.post dique (m ³)
S1-S2	0,67	30,52	50,00	33,53	1.525,95
S2-S3	1,96	53,60	50,00	98,00	2.680,00
S3-S4	3,42	74,51	50,00	171,20	3.725,25
S4-S5	3,10	80,15	50,00	155,20	4.007,50
S6-S7		120,05	75,00		9.003,68
S7-S8		155,03	75,00		11.627,25
TOTAL				457,93	32.569,63

Tabla 6. Cálculo del dragado del canal de acceso

Por tanto, tenemos que para el dragado de los diques será necesario un movimiento de tierras de 457,93 metros cúbicos excavados en talud hasta la banqueta del dique. Éste ha de sumarse al volumen obtenido anteriormente para los diques. Para el dragado del propio canal de acceso una vez finalizadas las obras de abrigo, será necesario mover un total de **32.569,63 m³** de tierras.

5.4. Dársena

En el cálculo del volumen de dragado para la dársena, se han tenido consideraciones similares a las del canal de acceso, puesto que existe un dragado previo a la ejecución de la dársena para la construcción de los muelles de gravedad. Por ello se separa en el cálculo el volumen de dicho dragado inicial que corresponde al volumen necesario para respetar el talud natural del terreno hasta llegar a la cota de cimentación de los muelles.

Se han realizado al igual que en los canales de acceso, diferentes secciones, con el fin de obtener el área media de las dos, para posteriormente, calcular el volumen a partir de la separación entre éstas. En este caso, la separación entre las secciones no es constante, definiéndose ésta con la consideración de la existencia de espacios más, o menos homogéneos topográficamente hablando. La separación entre ellas se puede ver en el cuadro resumen de cálculos de la tabla X.

A modo de mostrar una sección de las diferentes consideradas, se muestra a continuación la correspondiente a la Sec 2:

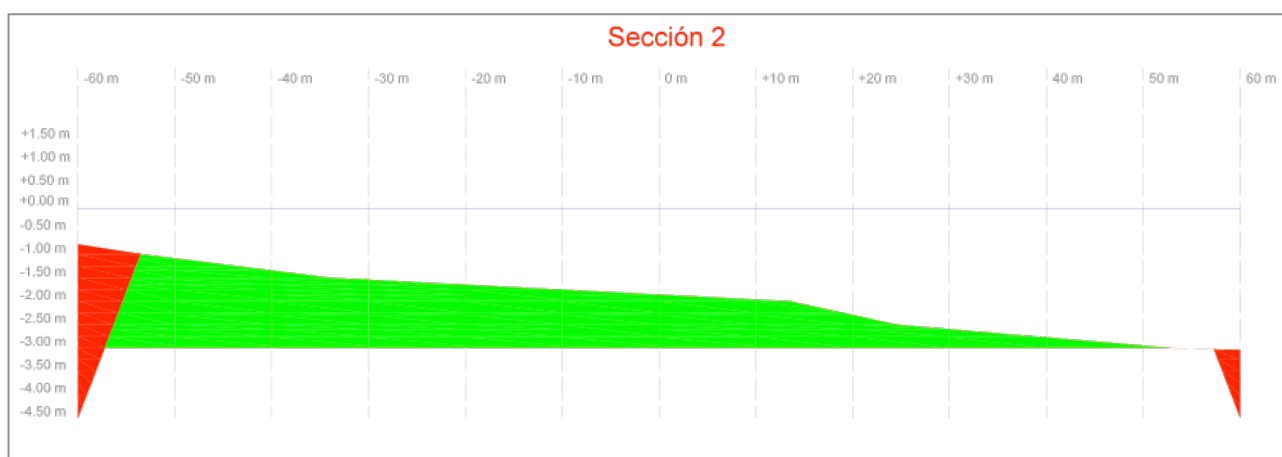


Figura 13. Sección transversal 2 del dragado en la dársena

Al igual que en el apartado anterior, se ha realizado la distinción por colores del dragado necesario inicialmente, en este caso para la ejecución de los muelles, y el dragado realizado a una cota mayor para la ejecución de la dársena.



A modo de resumen de cálculos se aporta la siguiente tabla:

DÁRSENA					
	Dragado dique A (m ²)	Post dique A (m ²)			
Sec 1	0	0			
Sec 1(B)	11,74	92,90366667			
Sec 2	12,17	112,6943333			
Sec 3	15,73	159,7933333			
Sec 4	20,795	219,005			
Sec 5	25,62	279,5426667			
Sec 6	55,765	379,428			
Sec 7	76,01	412,6993333			
Sec 8	34,96	487,589			

	Amedia (m ²)	Amedia (m ²)	Separación (m)	Vol.drag dique (m ³)	Vol.post dique (m ³)
S1-S1(B)	5,87	46,45	4,76	27,94	221,11
S1(B)-S2	11,96	102,80	25,24	301,74	2.594,65
S2-S3	13,95	136,24	10,00	139,50	1.362,44
S3-S4	18,26	189,40	10,00	182,63	1.893,99
S4-S5	23,21	249,27	20,00	464,15	4.985,48
S5-S6	40,69	329,49	25,00	1.017,31	8.237,13
S6-S7	65,89	396,06	10,00	658,88	3.960,64
S7-S8	55,49	450,14	28,89	1602,96	13.004,66
TOTAL				4.395,11	36.260,10

Tabla 7. Cálculo del dragado de la dársena

Tras la obtención de los resultados anteriores, vemos que será necesario un dragado de 4.395,11 m³ de tierras para la ejecución de los muelles de la dársena. Para la ejecución de la propia dársena en si, serán necesarias las operaciones de dragado para el movimiento de un total de 36.260,10 m³ de tierras.

5.5. Banqueta de los pantalanés

Para la ejecución de la banquetta de los pantalanés será necesario llevar a cabo un dragado hasta la cota de apoyo de la banquetta respetando el talud natural del terreno. Por ello, el volumen de dragado será el correspondiente a una pirámide invertida y cortada la punta de modo que tenga dos bases. La base menor, e inferior en cota, será la de las dimensiones de la base de la baqueta, es decir 3,79 x 3,79 metros. La base mayor será la correspondiente a elevarse en el terreno respetando el talud natural de 29° del terreno. Ésta será por tanto de 6,5 x 6,5 metros.



Así pues en el siguiente cuadro resumen se realizan los cálculos del volumen necesario de dragado para el total de las banquetas:

PANTALANES				
	Lado (m)	Área (m ²)	Altura (m)	Volumen (m ³)
Sec en base de banqueta	2	4		
Sección media		23,125	0,75	17,34375
Sec en coronación de banqueta	6,5	42,25		
Número de banquetas				26
TOTAL				485,625

Tabla 8. Cálculo del dragado de la banqueta de los pantalanes

Por lo que obtenemos que el dragado necesario para la ejecución de las banquetas será de **485,63 m³** de tierras.

6. VOLÚMENES TOTALES

A modo de resumen de todos los volúmenes calculados anteriormente se aporta la siguiente tabla:

TOTALES (m ³)	
VOL DRAGADO MUELLES	30.136,55
VOL DRAGADO DIQUES	13.973,72
VOL DRAGADO CANAL	32.569,63
VOL DRAGADO DÁRSENA	36.745,72
CONJUNTO	113.425,62

Tabla 9. Totales de volúmenes de dragado en la obra

De la tabla anterior podemos extraer como conclusión que para la ejecución de la totalidad de las obras será necesario llevar a cabo el dragado de un total de **113.425,62 m³** de tierras

GARCÍA IRANZO
Gonzalo

Valencia, Junio de 2015