



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Escuela Técnica
Superior de Ingeniería
de Caminos, Canales y
Puertos

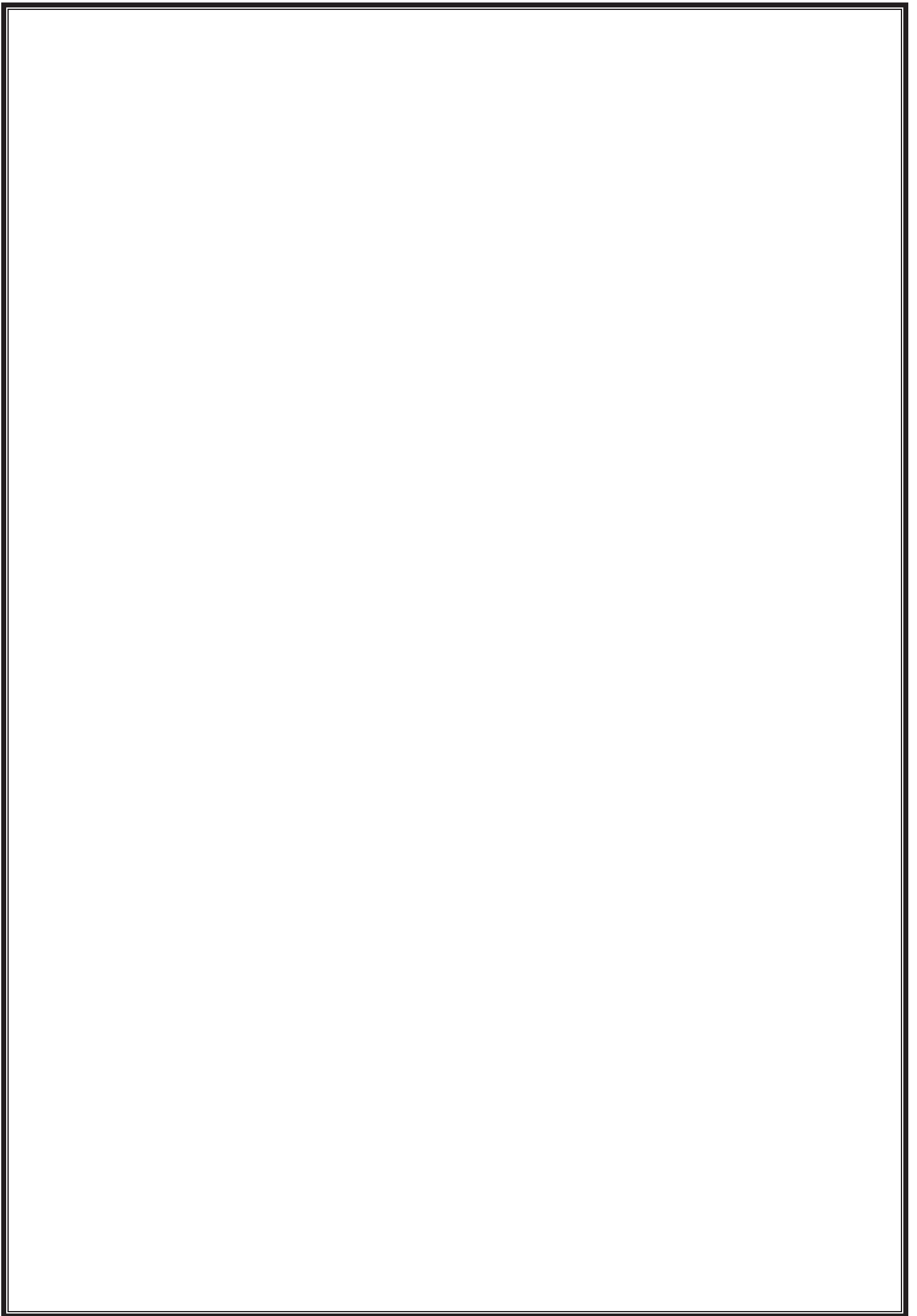


**ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA
AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE
VERACRUZ (MÉXICO):
*ESTUDIO DE DRAGADOS , CANTERAS Y
SUMINISTRO DE MATERIALES***

Documento nº 3

Estudio de Dragados

Ekame Moreno, Ibarry Yelko





3.1 Desarrollo del Estudio. Dragados

*Estudio de soluciones para la ampliación del puerto de
Veracruz (México)*



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ÍNDICE

1.	Introducción	2
2.	Operaciones previas.....	2
2.1	Áreas de fondeo.....	3
2.2	Balizamiento y medidas de seguridad del tráfico	8
2.2.1	Señalización.....	9
3.	Caracterización del entorno.....	12
3.1	Investigación del lugar de dragado.....	13
4.	Estudio de las zonas de dragado.....	15
4.1	Cuantificación de volúmenes de dragado.....	17
5.	Aprovechamiento del material de dragado.....	18
5.1	Diagrama de referencia	19
5.2	Estado de contaminación.....	20
5.3	Caracterización del material.....	20
5.4	Posibilidades de aprovechamiento.....	21
5.5	Elección del emplazamiento.....	22
5.6	Viabilidad técnica.....	22
5.7	Análisis coste/beneficio.....	23
5.8	Conclusión.....	23
5.8.1	Consideraciones.....	24
6.	Disposición del material de dragado: Rellenos.....	24
7.	Elección del equipo de dragado.....	26
7.1	Definición de las zonas de dragado.....	26
7.2	Método de elección.....	27
7.2.1	Influencia del emplazamiento de los trabajos.....	28
7.2.1.1	Dimensiones de la zona a dragar.....	28
7.2.1.2	Profundidad de dragado.....	28
7.2.1.3	Exposición al entorno.....	30
7.2.1.4	Situación de los puntos de vertido.....	31
7.2.1.5	Restricciones medioambientales de la zona.....	32
7.2.2	Influencia de las características de los suelos a dragar....	32
7.2.3	Influencia del tipo de trabajo de dragado a realizar.....	33
7.2.4	Estudio de los diferentes equipos.....	33
7.2.5	Selección final del equipo de dragado.....	36

8.	Equipo seleccionado y método de ejecución de dragado.....	39
8.1	<i>Draga de succión en marcha.....</i>	39
8.1.2	<i>Ciclo de trabajo.....</i>	40
8.2	<i>Método de operación.....</i>	41
8.3	<i>Limites de utilización de las dragas de succión en marcha.....</i>	42
8.4	<i>Equipo auxiliar.....</i>	42
8.5	<i>Mecanismos de descarga de la cántara.....</i>	44
9.	Taludes sumergidos y bermas.....	46
9.1	<i>Taludes.....</i>	46
9.2	<i>Bermas.....</i>	49
10.	Programa de trabajos y producción.....	52
10.1	<i>Programa de trabajos.....</i>	52
10.2	<i>Producción.....</i>	52
10.2.1	<i>Métodos de procedimiento de cálculo de la producción.....</i>	52
10.2.2	<i>Producción de la draga de succión en marcha: Método BBL</i>	53
10.2.3	<i>Aplicación para el cálculo de producción.....</i>	60
10.2.4	<i>Resultado.....</i>	64
10.3	<i>Calculo del numero de equipos.....</i>	64
11.	Justificación económica.....	65

1. Introducción

Deberán realizar trabajos de dragado para habilitar el fondo marino de la ampliación del puerto, con la finalidad de alojar los canales, dársenas y toda otra área que las embarcaciones necesitan para entrar y salir del puerto y para maniobrar dentro de él. Las dimensiones y características de cada uno de esos elementos serán diferentes en cada una de las etapas de desarrollo del puerto.

Esta actividad incluye la movilización de maquinaria de dragado y el dragado en el área de desplante de los rompeolas, muelles, zonas de fondeo, dársenas de ciaboga, etc.

Del mismo modo, contempla también el relleno en plataformas de arena producto del dragado.

Las actividades de dragado dentro de nuestra obra portuaria tiene una gran dimensión y por tanto una gran incidencia en el aspecto económico, sin olvidarnos de los numerosos impactos medio ambientales que producen, afectando tanto a especies autóctonas, como a la tan, a veces imprevisible dinámica litoral

A la hora de desarrollar las obras de dragado se deben realizar las operaciones previas, de tipo preparatorio, que son comunes a todos los trabajos. Posteriormente, durante el desarrollo de las obras, hay que tener en cuenta una serie de dispositivos o medidas de actuación para que las operaciones de dragado se realcen de forma adecuada y con seguridad y el control que requiere un proyecto de estas características.

Entre estas operaciones previas cabe destacar; disposición, localización y adecuación de la zona de fondeo. Identificación y replanteo de las obras. Balizamiento y medidas de seguridad del tráfico.

2. Operaciones previas

Antes de discernir las mejores opciones de los aspectos previamente mencionados, se contrató a una empresa especialista un estudio de maniobrabilidad de las embarcaciones para comprobar si el diseño conceptual de la Ampliación del puerto de Veracruz era viable y no presentaba dificultades de navegación a las embarcaciones.

Se contrató un Estudio de Simulación de Navegación para la Nueva Propuesta del Puerto de Veracruz realizado por FORCE Technology y el Departamento de la Industria Marítima de Dinamarca, y un posterior análisis por parte de la empresa Consultoría Yáñez – Taylor, S.A. de C.V. denominado Establecimiento de los criterios Técnicos Para la Maniobrabilidad y el Atraque de Buques, así Como Para la Prestación del Servicio de Remolque del Proyecto de la Ampliación Natural del Puerto de Veracruz en la Zona Norte, Veracruz.

El estudio de simulación se realizó empleando la tecnología comercial más avanzada a nivel mundial para la evaluación de infraestructura portuaria, mediante el empleo de un simulador de puente completo y visión de 210° en el puente (incluyendo pantalla de visión hacia popa), y 360° en el modelo tridimensional. El software empleado fue el SimFlex, que reprodujo el ambiente del nuevo puerto de Veracruz, interactuando con los modelos matemáticos de las embarcaciones de diseño.

2.1 Áreas de fondeo.

Primera opción de zona de fondeo

En la Ampliación del Puerto de Veracruz en la Zona Norte se debe tomar en cuenta, como una actividad susceptible de impactar el medio, el arribo y partida de las embarcaciones a las que se dará servicio. Para esto, es muy importante tomar en cuenta los canales de acceso al recinto y la zona de fondeo de las embarcaciones, previo a su arribo y atraque.

Para el fondeo y arribo de las embarcaciones al proyecto sujeto a la presente manifestación, deberemos hacer una distinción para cada una de las etapas de construcción y operación del mismo.

La zona de fondeo actual del Puerto de Veracruz sería, en primera instancia, la opción más recomendada como zona de fondeo del futuro puerto. Esta zona constituye la zona marítima de espera para maniobra de los buques y está conformada por un rectángulo de 6000 ha ubicado al sur de Isla Verde, delimitada por los siguientes puntos geográficos (Ver Tabla)

Localización de la zona de fondeo actual

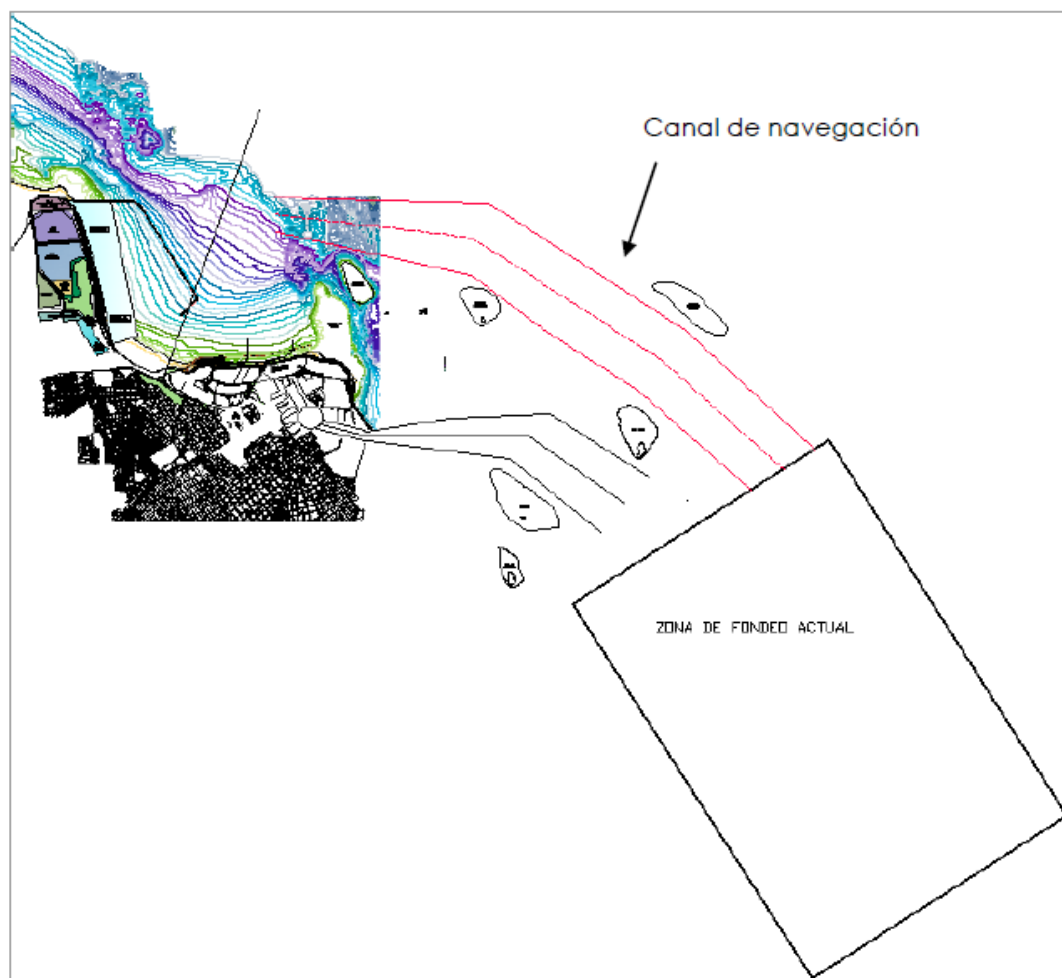
COORDENADAS	
LATITUD	LONGITUD
N 19° 10.2'	W 96° 04.9'
N 19° 12'	W 96° 01.8'
N 19° 08.1'	W 96° 59.1'
N 19° 06.2'	W 96° 02.3'

Las embarcaciones en espera de turno de maniobra en muelle, fondearán en esta zona, con la finalidad de que en el caso de contar con posición de atraque en muelle se puedan dirigir hacia la nueva infraestructura del puerto siguiendo un canal de navegación natural como se propone y muestra en la siguiente figura para la primera fase. La configuración de batimetría en la zona presenta una profundidad adecuada y suficiente para recibir las embarcaciones de diseño del proyecto.

En efecto, la profundidad mínima del nuevo canal de navegación estará en función de la embarcación de diseño con mayor calado. En este caso, de las embarcaciones analizadas, la que cuenta con mayor calado, es el buque granelero La Cordillera, que cuenta con un calado de 15.20 m y requiere para realizar sus maniobras de manejo y de control de por lo menos 16.70 m

Así pues, a lo largo de este canal de navegación natural se encuentra que las profundidades oscilan entre -18m y -40 m, lo cual fortalece la opción de utilizar la actual zona de fondeo para el futuro desarrollo.

Canal de navegación natural desde la zona de fondeo actual hacia el nuevo recinto portuario – primera etapa



Se debe comentar que el canal de navegación propuesto para el nuevo desarrollo portuario obliga a las embarcaciones a pasar entre los arrecifes aledaños al puerto: el arrecife “Isla Verde”, el arrecife “Anegada de Adentro” y el arrecife “La Blanquilla”. Sin embargo, el ancho del canal cumple con el ancho mínimo requerido para dos vías del canal y la recomendación del Manual de Dimensionamiento Portuario de la Coordinación de Marina Mercante es de un ancho mínimo de 800 m. Para este caso, el ancho mínimo entre dos de los arrecifes es de aproximadamente de 2000 m.

Para la primera fase, la propuesta del canal de navegación natural a partir de la zona de fondeo del puerto actual resulta apropiada. Sin embargo, después de obtener los datos del Estudio de Simulación de Navegación para la Nueva Propuesta del Puerto de Veracruz realizado por FORCE Technology para la segunda fase es posible que se puedan presentar algunas dificultades al tratar de enfilarse hacia el canal de acceso del nuevo puerto debido a la configuración del rompeolas oriente. Por esta razón, se elaboró y analizó la ubicación de una nueva zona de fondeo para que el acceso hacia el canal sea la más adecuada. Para este fin, se tomó en cuenta la ubicación de la boya de recalada, la batimetría donde se pretende ubicar la zona de fondeo y las direcciones de entrada más apropiadas.

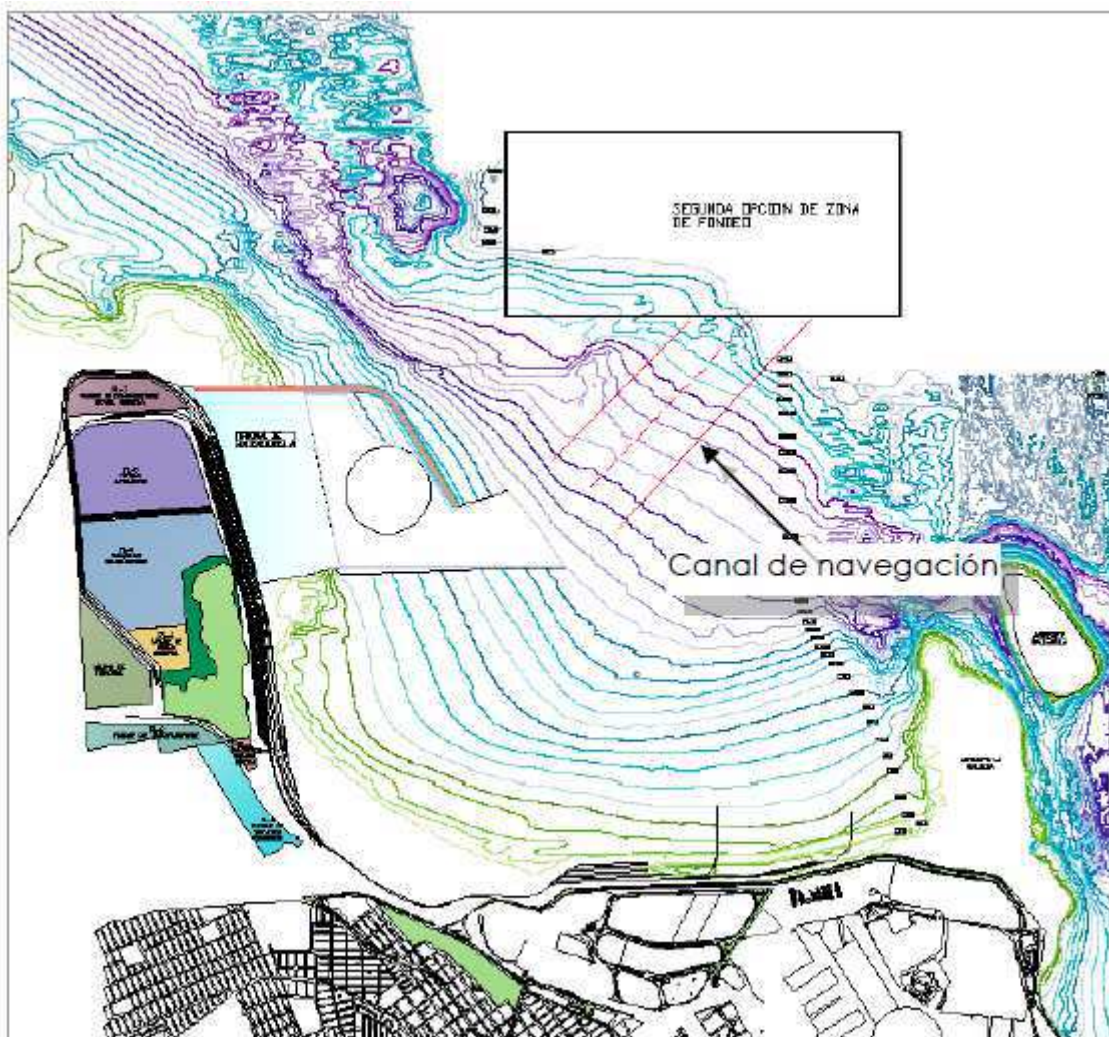
Las profundidades de la nueva zona del área de fondeo oscilarían entre -20 m y -25 m, lo cual es adecuada para las embarcaciones utilizadas en el diseño del proyecto.

Segunda opción de zona de fondeo

La delimitación de la zona de fondeo propuesto se encuentra ubicada en las coordenadas UTM que se muestran en la tabla siguiente, cuenta con un área aproximada de 355 ha.

Coordenadas de la zona de fondeo propuesta

COORDENADAS	
X	Y
798,745.56	2,132,144.45
801,503.73	2,132,441.45
798,745.56	2,131,132.09
801,503.73	2,131,162.09

Zona de fondeo y canal de navegación – primera etapa fase preliminar

Como se ha comentado una segunda opción es situar al noroeste del nuevo emplazamiento de la zona portuaria el área de fondeo.

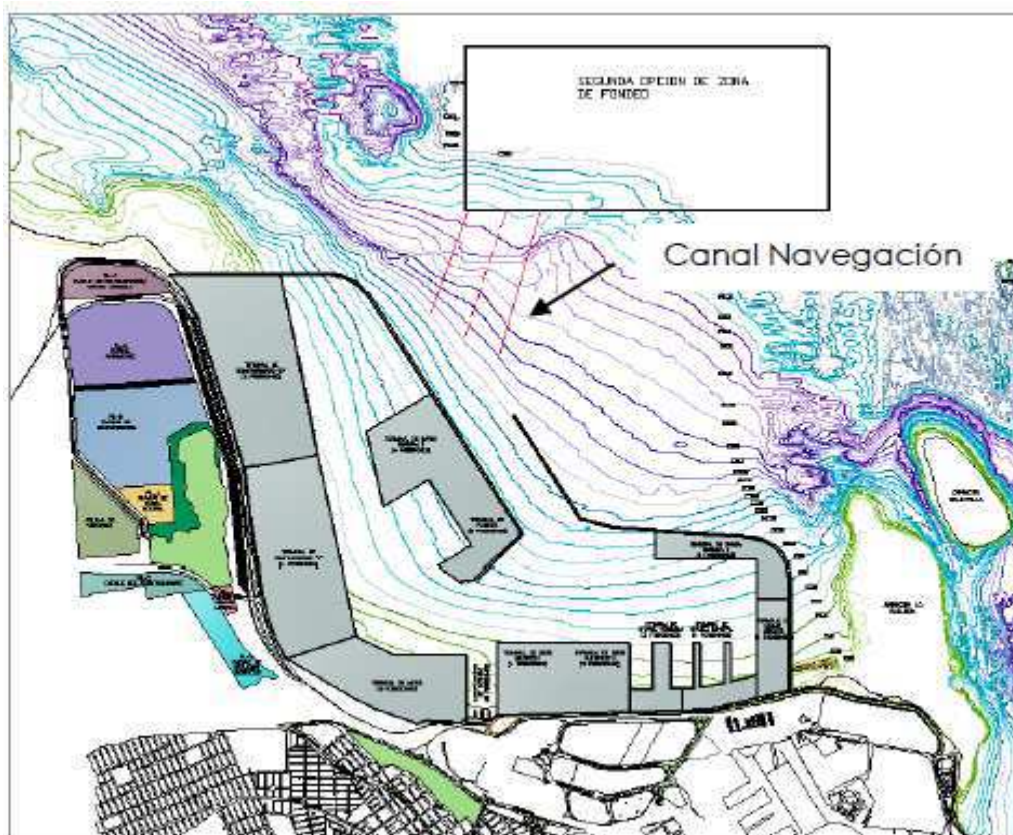
Durante la primera fase de la construcción podemos optar por seguir con el actual área de fondeo que pasan por los arrecifes antes mencionados o instaurar esta segunda área de fondeo.

Ahora bien, esto exigiría que durante la primera fase distinguiéramos dos fases propiamente dichas, una primera fase preliminar con su correspondiente canal de navegación a esta segunda área de fondeo y tendríamos que abrir otro canal de navegación conforme el dique de poniente fuese evolucionando.

Zona de fondeo y canal de navegación – primera etapa

Durante la segunda fase si se hace necesario el segundo emplazamiento del área de fondeo debido a las dificultades que se presentarían al “enfilarse” los barcos para la entrada al puerto , debido a la configuración del rompeolas oriente. Como se ha comentado con anterioridad.

Zona de fondeo y canal de navegación – segunda etapa



Por todo esto, se va a seguir utilizando el área de fondeo actual durante el desarrollo del dique de poniente (fase 1) y durante la fase 2 se habilitará y utilizará este segundo emplazamiento para el área de fondeo.

Una vez finalizada la Ampliación del puerto de Veracruz , se podría utilizar tanto la primera opción como la segunda pero debido a que la segunda zona está más cerca del nuevo puerto, a que las profundidades presentes en el lugar son adecuadas a recibir las embarcaciones de diseño y que su posición permite realizar una maniobra de entrada al puerto más fácil que llegando del canal de navegación natural de la zona de fondeo actual y *menos peligroso a los arrecifes*, se utilizará esta segunda zona una vez finalizada las obras y estén operativas.

2.2 Balizamiento y medidas de seguridad del tráfico.

Como sabemos , no nos queda más remedio que realizar las obras en una zona afectada por un tráfico marítimo importante, por lo que es necesario que exista un canal de comunicación continuo entre las administraciones portuaria y marítima, para reducir al mínimo el número de interferencias que se pueden producir entre las dragas y sus diferentes equipos auxiliares y las distintas embarcaciones que naveguen por dicha zona.

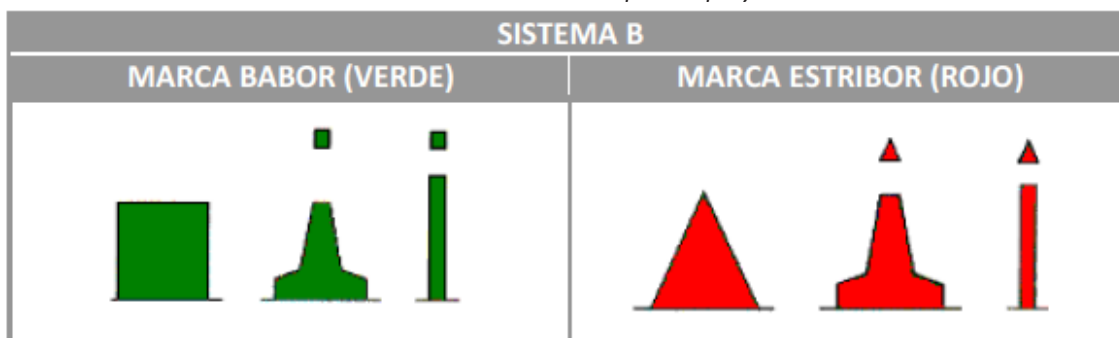
Por ello se hace necesario el cumplimiento de las medidas de balizamiento , zonas de fondeo y estancia de los equipos en los periodos de parada, etc.

Se debe prestar una especial atención cuando se utilicen equipos cuya forma de operar necesita de anclajes, ya que dichos elementos entorpecen el tráfico marítimo, también se harán de estas consideraciones cuando se utilicen , como elementos de transporte y vertido, o las tuberías flotantes o bien las tuberías sumergidas ,comprobando si estas últimas dejan el calado suficiente para permitir la navegabilidad de las embarcaciones. Esto último lo analizaremos en el apartado relacionado con la selección de las maquinas de dragado.

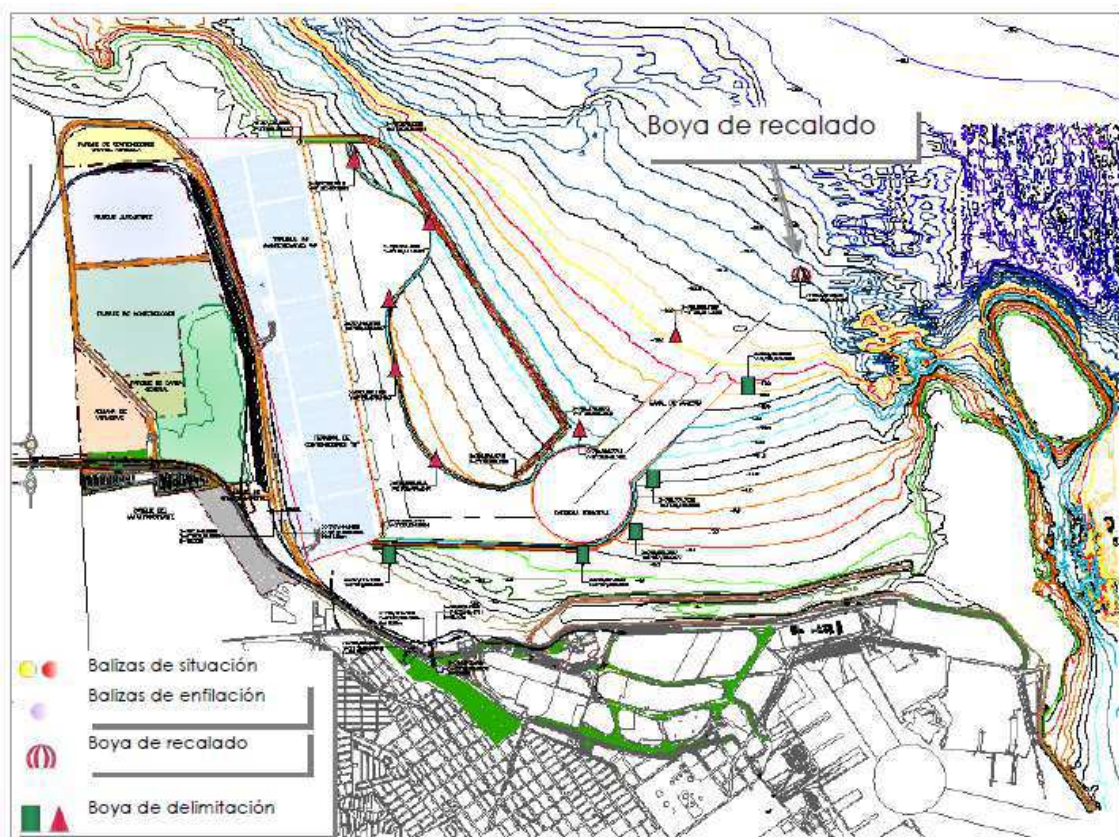
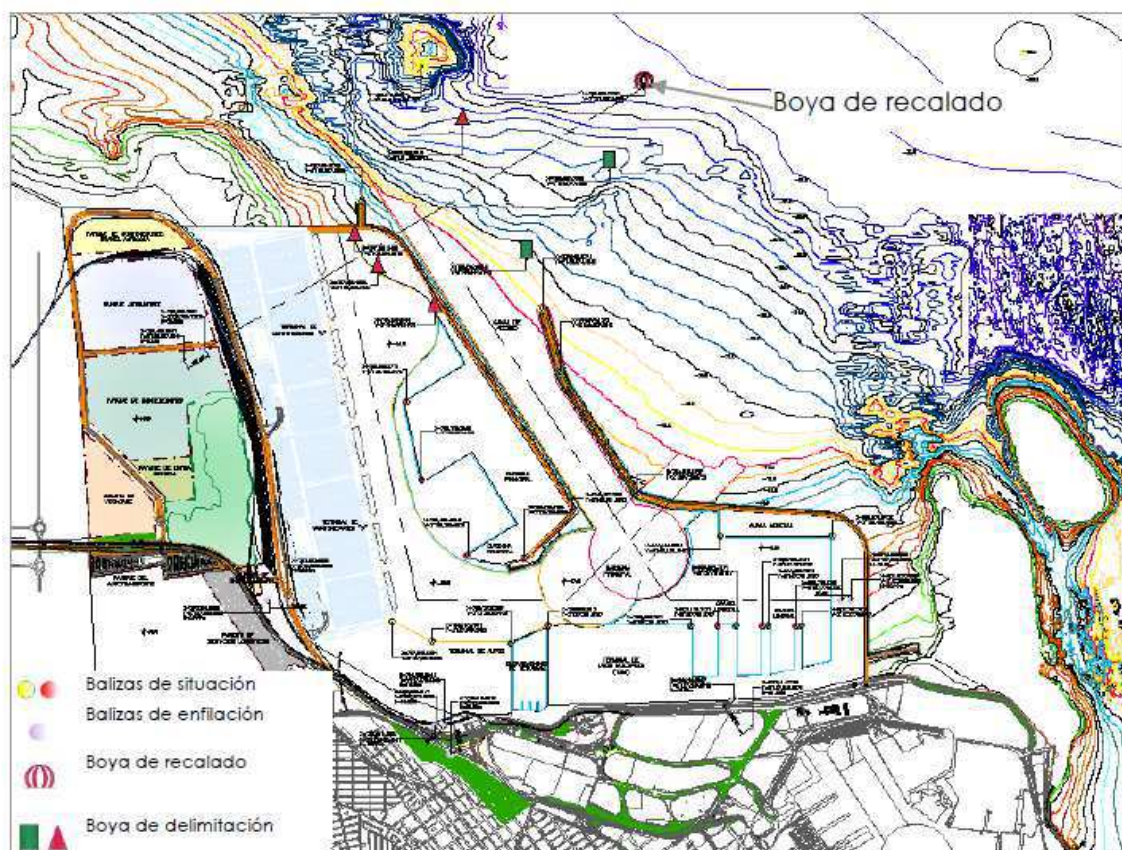
2.2.1 Señalización.

El sistema de señalización propuesto sigue las recomendaciones de la AISM (Asociación Internacional de Señalización Marítimo) que estandariza las características del boyado que delimita canales navegables y sus aguas adyacentes a fin de unificar criterios. El sistema B es el utilizado para la región de América Latina, y en la Figura 43 se muestra los tipos de marca recomendables ubicadas respecto a un buque que va ingresando al recinto portuario.

Sistema de señalización para el proyecto



De acuerdo al estudio denominado Establecimiento de los Criterios Para la Maniobrabilidad y el Atraque de Buques, Así Como Para la Prestación del Servicio de Remolque del Proyecto de la Ampliación del Puerto de Veracruz en la Zona Norte, Veracruz (2008), tanto para la primera fase (Ver Figura 44) como para la segunda fase (Ver Figura 45) del proyecto, el sistema de boyado que delimita los canales navegables al interior del recinto se encuentran correctamente ubicado, de la misma forma, la boya de recalado, el sistema de baliza de situación y la baliza de enfilación no presentaron problemas a los pilotos que realizaron las maniobras durante las simulaciones hechas en FORCE Technology, en Dinamarca.

Sistema de señalización marítima propuesta para la primera etapa*Sistema de señalización marítima propuesta para la segunda etapa del proyecto*

Se adquirirán las boyas y balizas necesarias para la señalización de acuerdo a lo anterior y a los requerimientos de la capitanía de puerto, y se transportarán en lancha hacia el lugar de su posición final.

Una vez llegado a este, se bajarán de la lancha, se lastrarán con arena y se tirarán los muertos de concreto que servirán para mantener en posición las boyas (un muerto de concreto por boya con una cadena de amarre).

En las etapas subsecuentes, se recogerán las boyas y se trasladarán de acuerdo a las nuevas necesidades de navegación según se indique por la capitanía.

A continuación se presenta una tabla que contiene la lista de los señalamientos que se pretenden utilizar y su ubicación geográfica propuesta:

Nombre	Latitud	Longitud
Baliza enfilación BE1	19° 14' 23.63"	96° 10' 43.50"
Baliza enfilación BE2	19° 14' 21.02"	96° 10' 48.11"
Baliza enfilación BE3	19° 13' 24.37"	96° 10' 24.39"
Baliza enfilación BE4	19° 13' 24.50"	96° 10' 29.19"
Baliza enfilación BE5	19° 12' 54.16"	96° 9' 49.97"
Baliza enfilación BE6	19° 12' 54.71"	96° 9' 49.33"
Baliza enfilación BE7	19° 12' 54.75"	96° 9' 47.91"
Baliza enfilación BE8	19° 12' 59.16"	96° 8' 38.76"
Baliza enfilación BE9	19° 12' 52.35"	96° 8' 34.49"
Baliza enfilación BE10	19° 13' 22.33"	96° 8' 12.70"
Baliza enfilación BE11	19° 13' 22.28"	96° 8' 10.30"
Baliza de situación BS1	19° 14' 53.58"	96° 10' 9.78"
Baliza de situación BS2	19° 13' 44.47"	96° 9' 16.60"
Baliza de situación BS3	19° 13' 33.30"	96° 9' 28.16"
Baliza de situación BS4	19° 13' 34.24"	96° 9' 41.49"
Baliza de situación BS5	19° 13' 52.21"	96° 9' 52.14"
Baliza de situación BS6	19° 14' 10.66"	96° 9' 55.57"
Baliza de situación BS7	19° 13' 18.82"	96° 9' 59.84"
Baliza de situación BS8	19° 13' 14.09"	96° 9' 50.28"
Baliza de situación BS9	19° 13' 13.39"	96° 9' 31.66"
Baliza de situación BS10	19° 13' 17.44"	96° 9' 22.66"
Baliza de situación BS11	19° 13' 16.09"	96° 8' 49.88"
Baliza de situación BS12	19° 13' 16.64"	96° 8' 41.92"
Baliza de situación BS13	19° 13' 16.61"	96° 8' 37.62"
Baliza de situación BS14	19° 13' 16.63"	96° 8' 31.66"
Baliza de situación BS15	19° 13' 16.54"	96° 8' 29.93"
Baliza de situación BS16	19° 13' 16.29"	96° 8' 24.11"
Baliza de situación BS17	19° 13' 16.27"	96° 8' 22.38"

Baliza de situación BS18	19° 13' 37.44"	96° 8' 14.85"
Baliza de situación BS19	19° 13' 36.06"	96° 8' 42.49"
Baliza de situación BS20	19° 13' 47.87"	96° 9' 1.10"
Baliza de situación BS21	19° 14' 15.92"	96° 9' 18.44"
Baliza de situación BS22	19° 14' 31.95"	96° 9' 22.74"
Boya SM1	19° 15' 17.49"	96° 9' 41.11"
Boya SM2	19° 14' 50.57"	96° 10' 7.18"
Boya SM3	19° 14' 43.14"	96° 10' 1.81"
Boya SM4	19° 14' 33.66"	96° 9' 48.39"
Boya SM5	19° 14' 46.14"	96° 9' 26.45"
Boya SM6	19° 15' 6.87"	96° 9' 6.33"
Boya de Recalada	19° 15' 25.45"	96° 8' 57.67"
Boya de Peligro	19° 15' 29.97"	96° 9' 50.61"

3. Caracterización del entorno

Para un dragado eficiente y óptimo es necesario asegurarnos de varios factores; por un lado la correcta selección de la maquinaria a utilizar y la pericia de los operarios que la manejarán.

Como ya se ha mencionado, la maquinaria adquiere un protagonismo especial, ya que estos equipos tienen un coste de gran calado. Por lo tanto, el peso de la maquinaria será decisivo en el coste final de las operaciones de dragado.

Como resultado de los costes de adquisición tan elevados es necesario tener el mejor conocimiento posible de los equipos disponibles en el mercado: características, posibilidades de trabajo, costos, rendimientos, adecuación a las condiciones del emplazamiento de la obra, capacidad de operación ante los terrenos sobre los que se va a trabajar, etc.

Las características del terreno es, probablemente, el factor que más influye a la hora de elegir el equipo más adecuado para llevar a cabo las operaciones. Así pues, es imprescindible realizar una investigación a fondo del terreno para evitar disgustos posteriores debido a la elección de un equipo poco adecuado para el tipo de material que se va a dragar.

Es necesario en conclusión la realización de diferentes métodos de caracterización geomecánica de los terrenos que nos permitan predecir la aplicabilidad y los rendimientos de los equipos de dragado ya que si existiese presencia de roca o materiales compactos deberemos apoyarnos en métodos complementarios como voladuras previas al dragado y hacer un buen análisis de la situación para evaluar la duración de las herramientas como consecuencia del desgaste y, consecuentemente, el consumo de estas por volumen de roca dragado.

3.1 Investigación del lugar de dragado.

La **Administración Portuaria Integral de Veracruz S.A. de C.V. (APIVER)**,. asignó a la empresa **Geotecnia y Supervisión Técnica S.A. de C.V. (GEOTEST)** llevar a cabo la caracterización geotécnica de la zona de proyecto, debido a la necesidad de determinar las características geotécnicas del subsuelo del sitio donde se planea llevar a cabo las operaciones de dragado . En el presente documento, se plasman los aspectos más relevantes derivados de los trabajos de exploración y resultados de laboratorio a las muestras ensayadas, así como la caracterización de la zona de dragado.

A continuación se detallan los resultados de los sondeos para las zonas de dragado:

Zona de Dragado (canal de navegación y dársena de ciaboga)

Estrato A

Desde el inicio del lecho marino, en los todos los sondeos correspondientes a la zona de dragado, se detectó un estrato conformado por arena limosa (SM), suelta a medianamente compacta, de grano fino a medio, color gris, con las siguientes características geotécnicas:

Sondeos	Profundidades (m)	Estrato	w %	F %	N
SAC31-APV	0.00-10.80	A	7.80-82.20	13-49	2-34
SAC32-APV	0.00-8.40				
SAC33-APV	0.00-10.80				
SAC34-APV	0.00-10.80				
SAC35-APV	0.00-8.40				
SAC36-APV	0.00-5.40				
SAC37-APV	0.00-13.20				
SAC38-APV	0.00-13.20				
SAC39-APV	0.00-12.00				
SAC40-APV	3.60-13.80				
SAC41-APV	0.00-12.00				
SAC42-APV	0.00-13.20				
SAC43-APV	0.00-7.20				

Estrato A'

En el caso particular del sondeo denominado como SAC40-APV, desde el lecho marino se detectó arena mal graduada poco limosa (SP-SM), suelta a medianamente compacta, de grano fino a medio, color gris. Presentando las siguientes características geotécnicas:

Sondeos	Profundidades (m)	Estrato	w %	F %	N
SAC40-APV	0.00-3.60	A'	25.00-30.70	10	5-9

Estrato B

Subyaciendo al estrato A, en los sondeo SAC39-APV, SAC40-APV, SAC41-APV, SAC42-APV y SAC43-PV, se encuentra un estrato compuesto por arcilla de baja plasticidad (CL), muy firme a dura, poco arenosa, color gris, con las siguientes características geotécnicas:

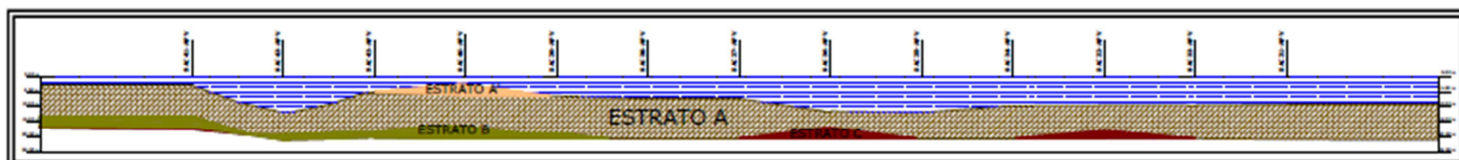
Sondeos	Profundidades (m)	Estrato	w %	F %	N
SAC39-APV	12.00-13.80	B	26.50-38.60	50-67	2-14
SAC40-APV	13.80-18.00				
SAC41-APV	12.00-16.20				
SAC42-APV	13.20-15.00				
SAC43-APV	7.20-9.00				

Estrato C

Inmediato al estrato A, en los sondeos SAC32-APV, SAC36-APV y SAC41-APV, se detectó un estrato conformado por arena arcillosa (SC), suelta a medianamente compacta, de grano fino a medio, color gris, con las siguientes características geotécnicas

Sondeo	Profundidades (m)	Estrato	w %	LP %	LL %	F %	N
SAC32-APV	8.40-10.80	C	26.60-35.00	20.90-21.80	32.70-34.70	36-59	2-12
SAC36-APV	5.40-9.00						
SAC41-APV	16.20-17.40						

Estratigrafía general de la zona de dragado



Todos estos datos nos servirán de apoyo para los siguientes capítulos que vamos a desarrollar.

La ubicación de todo los sondeos los podremos encontrar en los planos adjuntos.

4. Estudio de las zonas de dragado.

En el siguiente capítulo, trataremos todos los aspectos referentes tanto al dragado como a la utilización del material de dragado en las zonas de rellenos.

Haciendo un análisis de las zonas de dragado específicamente así como de las zonas de relleno, el volumen de los materiales que se extraerán y el volumen de materiales que se utilizaran, desarrollando a su vez un estudio para comprobar la validez de los materiales para su aprovechamiento.

Se hizo una revisión al proyecto conceptual de las dársenas y de los canales de navegación, basados en los resultados del “Establecimiento de los Criterios Técnicos para la Maniobrabilidad y el Atraque de Buques, así como para la Prestación del Servicio de Remolque del Proyecto de la Ampliación Natural del Puerto de Veracruz en la Zona Norte, del Estudio de Geotecnia Para la Elaboración del Proyecto de Ampliación del Puerto de Veracruz .

De acuerdo con la conclusión más importante del estudio de maniobrabilidad, el diseño de las áreas de navegación satisface los requerimientos para maniobrar con seguridad las embarcaciones de diseño y las profundidades que se recomendaron para las áreas de navegación exterior e interior para la ampliación del puerto mostraron ser satisfactorias.

Por lo tanto, se aceptan las siguientes profundidades para las áreas de navegación:

ZONA 1 MUELLE DE CONTENEDORES:

- Dársena de maniobras circular de 600 m de diámetro situado en la zona 1 en naranja en la figura (poner la figura del primer MAPA de dragado), profundidad de -16.50 msnm., y taludes de 3:1 (H: V) en sus paredes.
- Canal interior de 2733 m con un ancho de plantilla de 422 m, profundidades variables de -16.50 y -17.00, y taludes de 3:1 (H: V) en sus paredes.
- Canal de acceso de 1,865 m de longitud, de orientación N45°E, ancho de plantilla de 330 m, taludes de 5:1 (H: V) y profundidad de -17.00 msnm.
- Dársena principal circular de 800 m de diámetro situado en la zona 2 en azul en la figura siguiente, taludes de 5:1 (H: V) y profundidad de -17.00 msnm.

ZONA 2 MUELLES DE CARGA GENERAL Y DE GRANEL:

- Canal interior se mantendrá con un ancho de plantilla de 422 m, con profundidades variables de -16 a -17 msnm, taludes en sus paredes de 5:1 (H: V) y una extensión hasta alcanzar una longitud de 2248 m aproximadamente.
- Canal de acceso (para esta fase cambiará de dirección hacia el N45W), este canal cuenta con una longitud de 1865 m, profundidad de -17 msnm, una distancia de frenado de 2150 m y taludes en sus paredes de 5:1 (H: V).
- Dársena principal circular de 800 m de diámetro situado en la zona 4 en verde ver en la figura, taludes de 5:1 (H: V) y profundidad de -17.00 msnm.

En cuanto a los taludes, están reflejados en ambas zonas los que se consideraron en el proyecto base, en próximos capítulos se hará una discusión sobre los mismos y una serie de corrección.

De acuerdo con lo anterior, el área a dragar para los canales y dársenas de la ampliación del puerto de Veracruz es un total de 451.63 ha, distribuidas de la siguiente forma:

Fase I

Canal interior y dársena interior:

132.84 ha

Canal de acceso y dársena principal: **156.75ha**

Fase II

Canal interior y dársena principal: **105.42 ha**

Canal de acceso: **56.62 ha**

4.1 Cuantificación de volúmenes de dragado.

El proceso constructivo de esta actividad se contempla, en su mayor parte, a la par del avance de las obras del rompeolas poniente, en sus distintas etapas, a modo de que brinde una protección adecuada contra el oleaje y se presenten condiciones de tales que aseguren la permanencia de las profundidades logradas.

El Dragado para los rompeolas poniente y oriente se estima en, aproximadamente, 796288 m³, (320 535 m³ y 476 253 m³, respectivamente). Por su parte, el material que necesita ser dragado en la zona de muelles, canales y dársenas se estima en aproximadamente 37.13 millones de m³, de acuerdo a lo siguiente:

Fase I

Zona 1	Área de muelles de contenedores	10 136 504 m ³
Zona 2	Canal de acceso y dársena Fase I	18 107 558 m ³
Subtotal		28 244 032 m³

Fase II

Zona 3	Canal de acceso y dársena Fase II	1 293 539m ³
Zona 4	Área de muelles y resto infraestructura	7 595 965 m ³
Subtotal		8 889 504m³

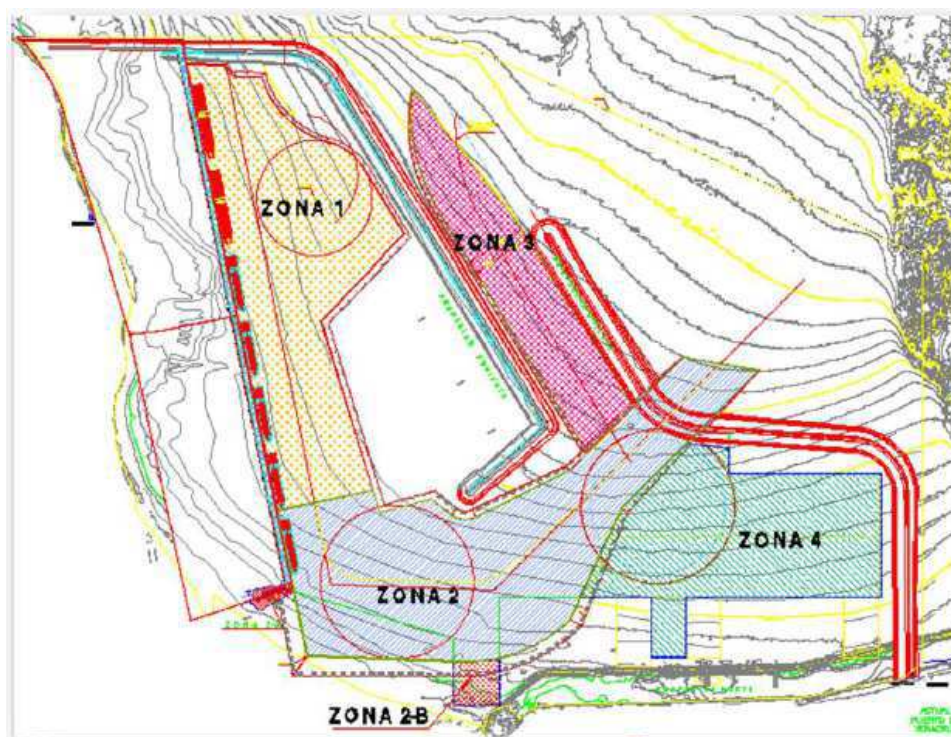
Fase I + Fase II

Zona	Volumen
Rompeolas Poniente	1 293 539m ³
Rompeolas Oriente	7 595 965 m ³
Zona 1	10 136 504 m ³
Zona 2	18 107 558 m ³
Zona 3	1 293 539m ³

Zona 4	7 595 965 m ³
Total	37 929 854 m³

En la figura siguiente se muestran las zonas de dragado antes mencionadas. La Zona 1 se muestra en color naranja, la Zona 2 en color azul, la Zona 3 en color gris y la Zona 4 en color verde.

Los datos que se han expuesto a continuación son los facilitados por el proyecto base, el cual no hemos modificado por lo que todos los volúmenes de dragado son los mismos.



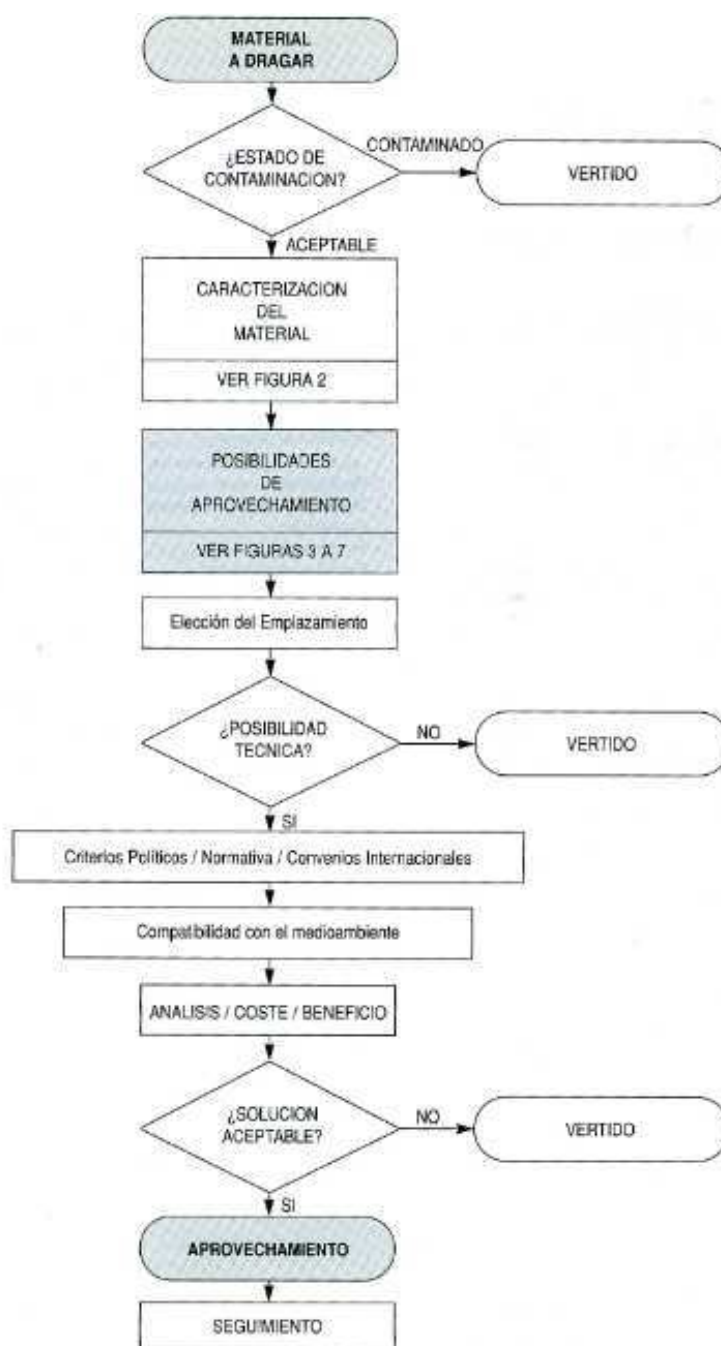
5. Aprovechamiento del material de dragado

De la ejecución de las actividades de dragado vamos a obtener un gran volumen de material de dragado, este material es potencialmente un importante recurso, es por ello que se hace indispensable, intentar aprovechar este material si es posible. Por todo ello, en este capítulo se va exponer un método de sistematización que nos servirá para la identificación, evaluación u empleo de los diversos modos de aprovechamiento de los productos de dragado.

Este método se estructura en torno a un diagrama de referencia para la toma de decisiones (, a un diagrama de caracterización y a cinco figuras complementarias. Cada una de estas figuras está acompañada por un texto que proporciona detalles sobre los procedimientos de

identificación u elección de los modos de aprovechamiento , así como una guía general destinada a aclarar las diversas etapas del proceso de toma de decisiones.

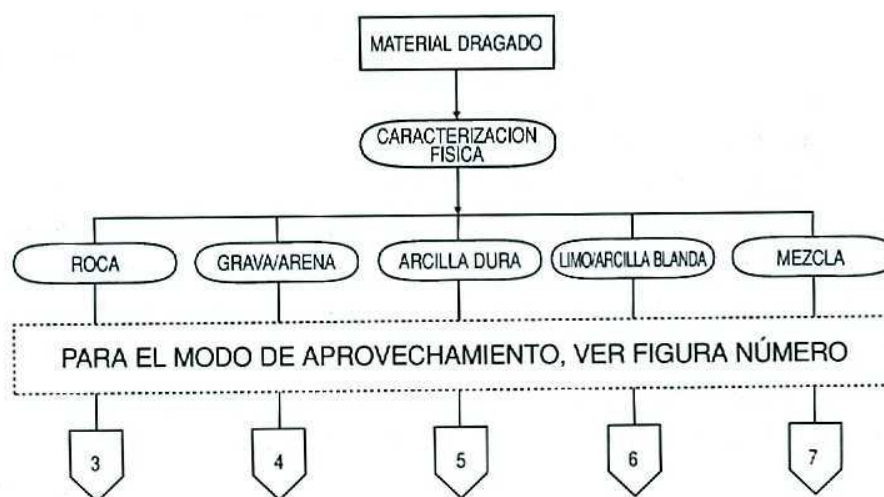
5.1 Diagrama de referencia



5.2 Estado de contaminación.

El primer aspecto que toma en consideración el diagrama de referencia es el estado de contaminación del material. Si este no es apropiado para su aprovechamiento o no puede hacerse apto, mediante un tratamiento específico, debe tomarse la decisión de verterlo. En nuestro caso el material de dragado que obtenemos no está contaminado, incluso las posibles fugas de combustible que podrían ocasionarse en un área portuaria no se han producido ya que la Ampliación del puerto de Veracruz se realiza en otro emplazamiento distinto al actual.

5.3 Caracterización del material



El paso siguiente en el proceso de toma de decisiones es determinar las características físicas del material a dragar. Como ya se vio en el capítulo de investigación del entorno de dragado y más concretamente en los sondeos realizados por Apiver, los materiales que nos vamos a encontrar en las actividades de dragado son en mayor medida limosa (SM), suelta a medianamente compacta, de grano fino a medio, color gris.

También nos encontramos de manera bastante abundante pero en menor medida arcilla de baja plasticidad (CL), muy firme a dura, poco arenosa, color gris y arena arcillosa (SC), suelta a medianamente compacta, de grano fino a medio, color gris.

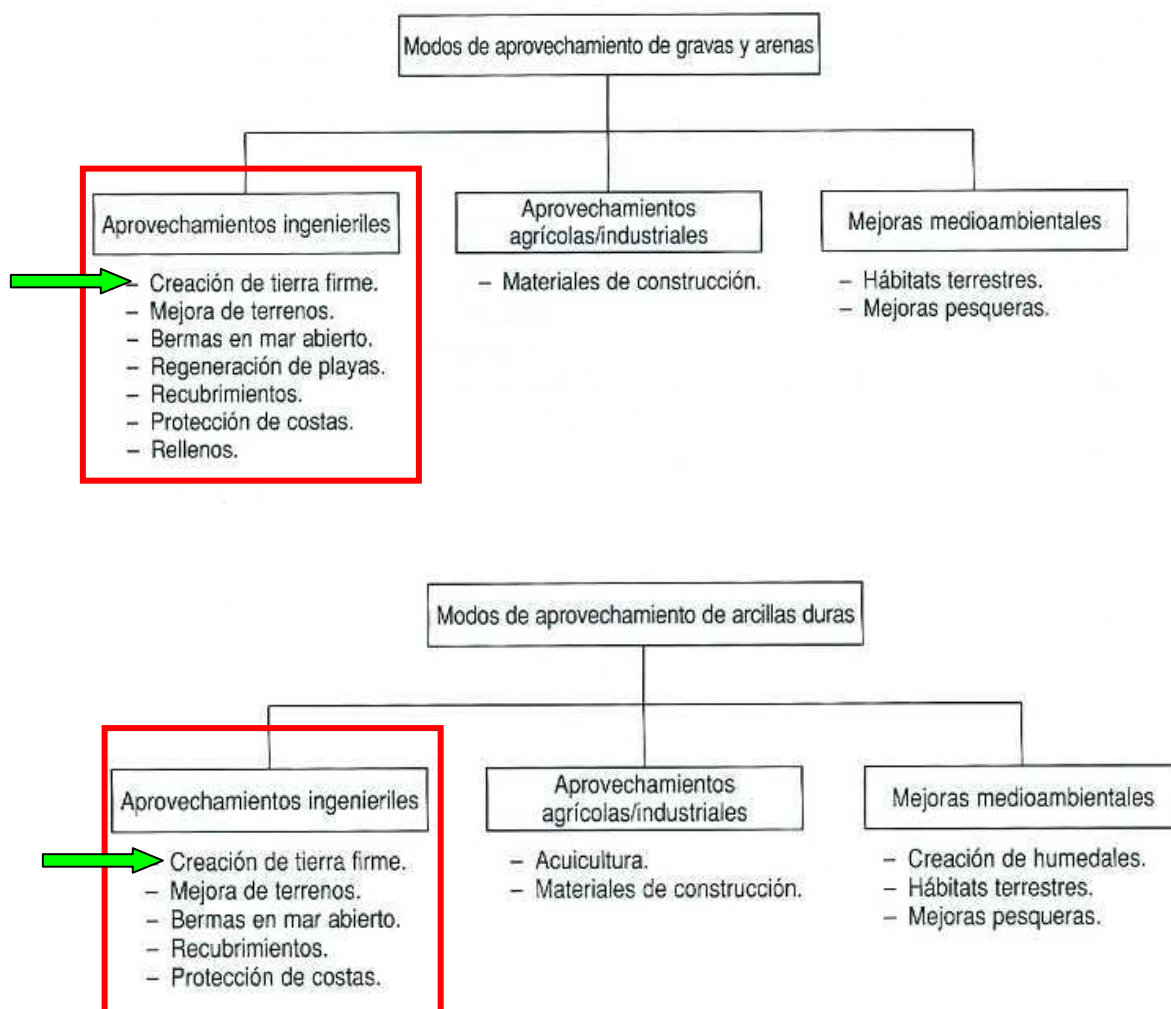
Y ya en menor proporción pero también presente arena mal graduada poco limosa (SP-SM), suelta a medianamente compacta, de grano fino a medio, color gris.

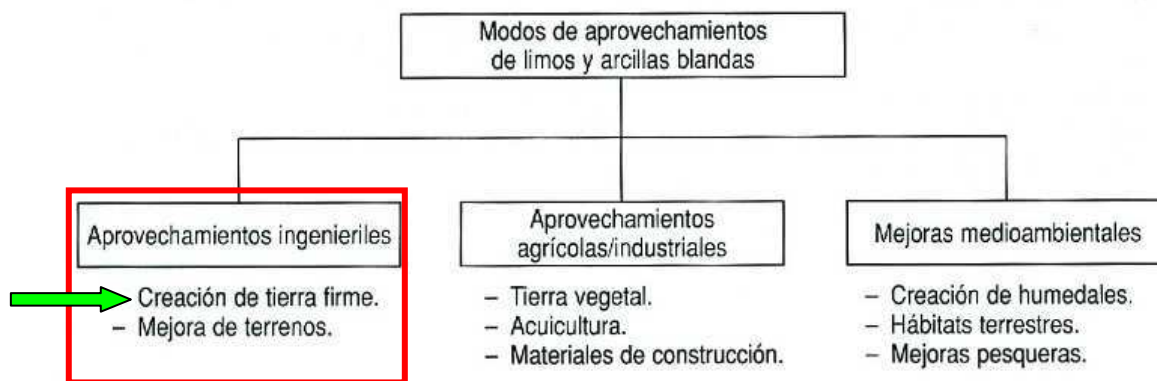
En el diagrama la opción 3 se adjudica a los modos de aprovechamiento de rocas, la opción 4 al de gravas y arenas, la opción 5 a arcillas duras, la opción 6 a los de limos y arcillas blandas y la opción 7 por ultimo a los de mezclas de diferentes tipos de suelo.

Por lo tanto en nuestro caso solo nos interesan las opciones 4,5 y 6 que se muestran a continuación.

5.4 Posibilidades de aprovechamiento

Una vez conocidas las características de los productos de dragado , pueden considerarse los posibles modos de aprovechamiento. Las figuras 3 a la 7 ilustran el abanico de modos de aprovechamiento. Si ninguno de ellos apareciera como posible, deberá considerarse la opción de vertido.





Como podemos observar, todos los materiales que obtenemos del dragado son aptos para el aprovechamiento ingenieril y más concretamente para la creación de tierra firme que es lo que más nos interesa.

Más adelante en este capítulo entraremos más en detalle sobre la utilización de este material para las zonas de rellenos, antes vamos a analizar los demás aspectos del diagrama de referencia.

5.5 Elección del emplazamiento

La elección del modo de aprovechamiento y del lugar en el cual debe llevarse a cabo son dos cuestiones relacionadas entre sí deben hacerse, por esta razón, de forma conjunta. Aprovechamientos distintos pueden implicar emplazamientos diferentes, que en nuestro caso no va a ser así ya que todo el material se destina a las distintas zonas de dragado que en los próximos capítulos se definirán con exactitud pero que están dentro del área portuaria.

También deberá analizarse si se producen impactos donde vamos a dejar el material el cual se hará un estudio más elaborado más adelante.

5.6 Viabilidad técnica.

Debe estudiarse la viabilidad técnica de llevar a cabo un modo de aprovechamiento concreto en un emplazamiento determinado. Este estudio considera varias limitaciones como la distancia de bombeo, la profundidad del agua, la accesibilidad, etc. En nuestro caso de nuevo el resultado de dicho estudio es positivo por las mismas razones que se han indicado en el anterior apartado.

5.7 Análisis coste/beneficio.

En nuestra situación aprovechar los materiales producto del dragado es positivo indiscutiblemente debido a que la distancia de vertido sería mínimas puesto que se encuentran en el mismo área prácticamente de dragado .

Evidentemente el aprovechamiento de estos materiales supondría un ahorro enorme ya que no tendríamos que buscar el material que necesitamos con el consiguiente impacto económico que ello conlleva.

5.8. Conclusión.

Tomando este método para decidir si podemos aprovechar el material de dragado, concluimos que los materiales procedentes del lecho marino producto de las actividades de dragado son aptos para el aprovechamiento de rellenos que se realizaran durante la Ampliación del puerto de Veracruz.

Cabe destacar que también hay presencia de conchas que no interfiere en evaluación del material.

En este punto conviene mencionar que, de acuerdo con los resultados mencionados anteriormente, se tiene planeado utilizar prácticamente el 100% del material producto del dragado. Dicho material será empleado como material de relleno para las áreas que se tienen contempladas para las terminales portuarias, por lo que se irán acondicionando previamente las tarquinas o bordos de contención para el depósito del material, conforme se vaya avanzando en la actividad. Estos bordos serán a base de tablestacado metálico con cabezal de concreto, hincados sobre fondo marino y con tensores para asegurar la estabilidad de la misma.

De manera adicional, se permitirá el drenado del material. La elevación que se pretende será de +2.00 msnm. Una vez terminados los rellenos, estos serán lechados con una mezcla agua-cemento y aditivo Adecom, con el objeto de evitar la dispersión de los finos.

5.8.1 Consideraciones

En el proyecto base se pretende aprovechar todo el material de dragado para las zonas de relleno. Por esta razón nos hemos centrado en la posibilidad de aprovechamiento de los materiales de dragado para obras ingeniarles más específicamente para rellenos.

Pese a ello, cabe destacar, que el material que dragamos que está a menor profundidad es de mayor calidad que los materiales que se encuentran en zonas más profundas. Este material es apto para regeneraciones costeras debido a la naturaleza de este material, el color, su textura y otros aspectos sobre todo estéticos.

Todo ello nos hace valorar la opción de utilizar este material de mayor calidad para la regeneración costera que se llevará a cabo en el conjunto de las obras de la Ampliación del puerto de Veracruz .

En cuanto a los rellenos, estos pueden ser de materiales de menor calidad incluso de escombros, por lo que el volumen que destinemos a la regeneración costera lo procuraremos subsanar en próximos capítulos de la parte de suministro de materiales.

6. Disposición del material de dragado: Rellenos.

Como hemos comprobado el material de dragado es apto para utilizarlo en la zona de rellenos. En este apartado vamos a exponer como se va a hacer el reparto del material de dragado y a que zonas irán destinadas.

El Puerto requiere material dragado de buena calidad para rellenos, por un total de aproximadamente 37.93 millones de m³, los cuales están distribuidos de la siguiente forma:

Fase I

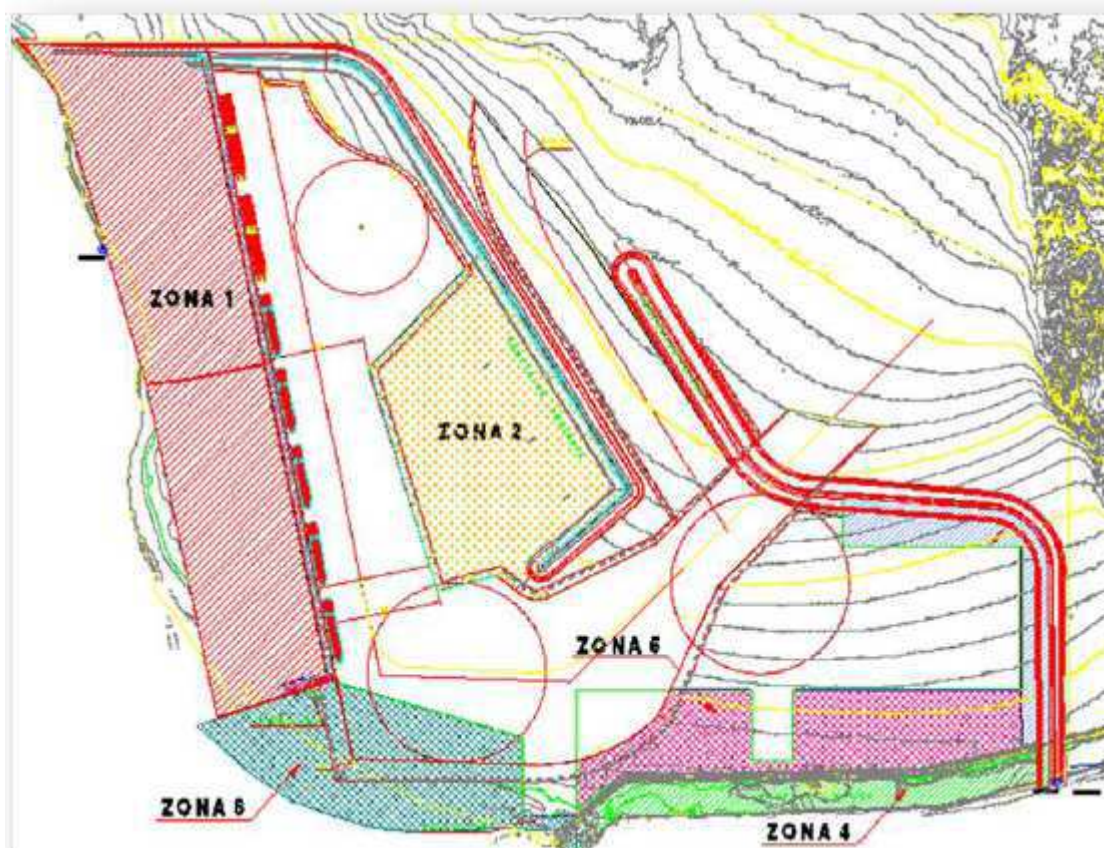
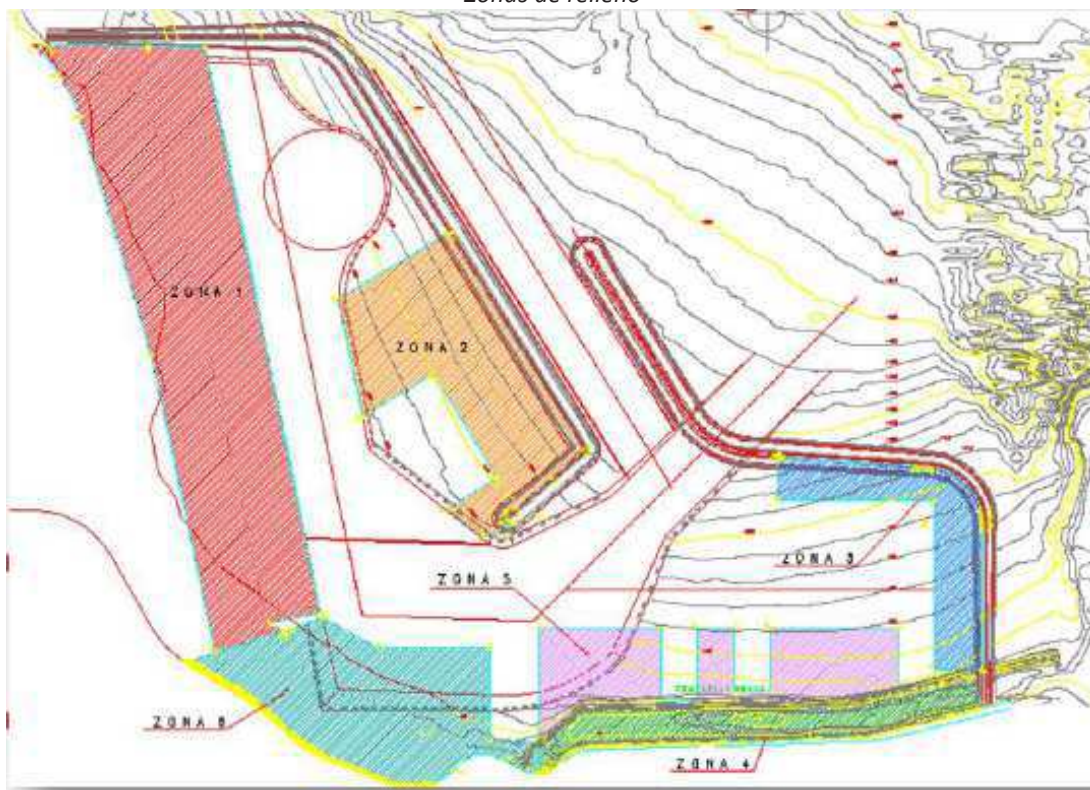
Muelle de contenedores	12 309 681m ³
Zona Poniente	13 260 535m ³
Rompeolas Poniente	2 993 991m ³

Fase II

Resto de la Infraestructura	9 365 757m ³
-----------------------------	-------------------------

Las zonas designadas para rellenos utilizando el material de dragado se pueden ver en la siguiente figura.

Zonas de relleno



7. Elección del equipo de dragado

Como ya sabemos la variedad y método de dragado es muy extensa, algunos de esos métodos solo se pueden utilizar en caso de que se cumplan ciertas características específicas, sin embargo otros métodos son más versátiles.

Algunos equipos de dragado se diseñan para realizar una o varias tareas de dragado, pero con un grado de eficiencia inferior al que se obtendría utilizando el equipo adecuado a cada labor específica.

Si se realiza un estudio cuidadoso del trabajo de dragado que se va a desarrollar, se consigue reducir el amplio abanico de equipos disponibles en el mercado a la hora de elegir el más adecuado, o aumentar la eficiencia del equipo ya seleccionado. Por lo tanto, es importante que dichos métodos de dragado sean analizados u considerados durante la planificación y el diseño de los distintos trabajos a realizar.

Durante el capítulo se hará una discusión sobre los distintos equipos que se pueden utilizar dependiendo de las zonas que vayamos a dragar y se intentará elegir los equipos más específicos posibles por las razones anteriormente enunciadas.

7.1 Definición de las zonas de dragado

A continuación se expondrán las diferentes zonas a dragar y sus características para ponernos en situación para poder hacer un buen análisis de los aspectos anteriormente enunciados.

Recordemos;

- **Fase I**
 - Canal interior y dársena interior: **132.84 ha**
 - Canal de acceso y dársena principal: **156.75ha**
- **Fase II**
 - Canal interior y dársena principal: **105.42 ha**
 - Canal de acceso: **56.62 ha**

Dividiremos las zonas de dragado por sus similares características en ;

- **Fase I**
 - Canal interior, dársena interior y dársena principal **(zona A)**
 - Canal de acceso Fase I **(zona B)**
- **Fase II**
 - Canal interior y dársena principal **(zona C)**
 - Canal de acceso Fase II **(zona D)**

7.2 Método de elección.

Como hemos comentando los de equipos de dragado tiene un campo de aplicación muy amplio, normalmente, el método de selección de los equipos de dragado se basa más en la intuición adquirida con la experiencia de haber realizado trabajos de dragado anteriores, que a un método racional.

En los últimos años con la aparición de nuevas tecnologías, se ha ido desarrollando la idea de que la manera de conseguir la mejor elección consiste en basarse en un método racional sistemático.

Es por ello , que durante el capítulo trataremos de analizar de una manera racional punto por punto los aspectos más importantes que condicionan la elección de un método u otro de dragado.

A la hora de seleccionar el equipo de dragado más conveniente para realizar las operaciones de dragado se debe empezar analizando las características del material que se va a dragar, las condiciones del emplazamiento donde se va a llevar a cabo el proyecto u el tipo de operaciones de dragado que se piensa realizar, en función de dichos parámetros se elige el equipos o los equipos de dragado más convenientes, analizando posteriormente la alternativa más económica entre los distintos equipos seleccionados.

Así pues los aspectos que se estudiarán para la correcta selección son ; influencia del emplazamiento de los trabajos, dimensiones de la zona a dragar, profundidad de dragado, exposición al entorno, situación de los puntos de vertido, restricciones medioambientales , influencia de las características de los suelos a dragar, influencia del tipo de trabajo de dragado a realizar, interferencia con el tráfico marítimo.

Todos ellos se estudiarán para cada zona de dragado en particular.

7.2.1 Influencia del emplazamiento de los trabajos.

Dentro del emplazamiento se reúnen diversos factores que intervienen directamente en la determinación del equipo: dimensiones de la zona a dragar , profundidad de dragado, exposición al entrono, situación de los puntos de vertido, restricciones medioambientales de la zona, etc.

A continuación se expone, de forma resumida cada uno de ellos.

7.2.1.1 Dimensiones de la zona a dragar.

Las dimensiones del lugar donde se van a realizar las operaciones restringen el tipo de equipos que se pueden utilizar. Cuando las dimensiones de la zona son reducidas, como en los canales estrechos, no se pueden utilizar equipos de grandes dimensiones que requieren un espacio mínimo para operar correctamente.

Zona A y C

En estas zonas no van a existir estas limitaciones. Recordemos que la ampliación del puerto de Veracruz se lleva a cabo debido a la creciente economía del país y la necesidad de aprovechar la economía de escala, cada vez llegan al puerto buques de mayor calado, de mayor envergadura. Es decir, estas zonas fueron diseñadas precisamente para ellos, por lo que los canales interiores y dársenas tienen los anchos necesarios para que no sean una restricción a la hora de operar con los equipos de dragado.

Zona B y D

Todo lo que se ha expuesto para las zonas A y C es perfectamente extrapolable, por lo que no tendremos tampoco ninguna limitación desde este punto de vista, pudiendo utilizar equipos de gran envergadura como dragas de succión en marcha, aunque esto lo analizaremos más adelante.

7.2.1.2 Profundidad de dragado.

El calado de la zona donde se piensa trabajar es uno de los factores más importantes, ya que las dragas de tipo estándar se construyen para operar a una cierta profundidad y, aunque , por regla general, existe la posibilidad de que el diseñador pueda incrementar la profundidad a la que puede operar el equipo, esto encarece el coste del mismo.

Este problema se puede acentuar en operaciones de dragado a pequeña escala, puesto que si se eligen equipos demasiado voluminosos con la idea de aumentar la profundidad de dragado suele desembocar en un sobredimensionado excesivo del equipo y, consiguientemente en un incremento importante de los costes de dragado.

En los últimos años, con la aparición de las modernas bombas sumergibles se ha conseguido que los equipos hidráulicos de dragado alcancen profundidades de trabajo importantes. Los equipos mecánicos también son capaces de alcanzar profundidades de dragado elevadas, pero su rendimiento sufre una reducción substancial debido al incremento que experimenta la duración del ciclo de trabajo.

También se debe tener en cuenta la profundidad de la zona sobre la que se va a trabajar ya que influye en la maniobrabilidad del equipo. Así, las dragas de tipo tráiler (o autoportadoras) no tienen problemas para trabajar a grandes profundidades, ya que pueden dragar a profundidades de 30 metros y en muchos casos pueden superar con creces dicha cifra. El problema surge cuando la profundidad es reducida, pues los equipos de grandes dimensiones cuando van cargados alcanzan calados de 6 m a 10 m según sus características, y pueden encallar en caso de no disponer de la profundidad necesaria. Las dragas de cortado u las dragas mecánicas trabajan sin problemas a profundidades en torno a los 3 metros, porque dichos equipos poseen un calado inferior al de los equipos tipo tráiler.

La forma de operar de algunos equipos les permite trabajar en cauces de calado inferior al que necesitan para desplazarse, ya que a medida que realizan la operación de dragado van abriendo camino; éste es el caso de la draga de pala o la draga de retroexcavadora cuando opera en avance.

Zona A y C

Estas zonas tienen un calado mínimo de 5 metros, por esta razón se hace especialmente importante analizar bien la situación, puesto que tendremos múltiples opciones y tendremos que tener en cuenta el rendimiento de los equipos a utilizar ya que el volumen de dragado es considerable y necesitamos elegir un equipo de dragado que nos garantice una buena producción.

Como se ha comentado en aguas someras, podemos utilizar dragas que no tengan un gran calado como son las dragas de cortador y las distintas dragas mecánicas, aparte de otros equipos que son capaces de ir abriéndose camino como son la retroexcavadora y la draga de pala.

Uno de los inconvenientes de este tipo de dragas es que necesitan una serie de anclajes para poder operar lo cual entorpecería y dificultaría la navegación a otras embarcaciones.

Todas estas dragas mecánicas tienen como principal inconveniente, aparte de necesitar una serie de anclajes o spuds, la baja producción con relación a los equipos de dragado continuo. El único equipo mecánico y que a su vez sea continuo es la draga de rosario de cangilones. Esta opción es viable debido a que puede operar a una profundidad mínima de 5 metros, aunque se va a valorar que estos equipos aparte de dificultar el tráfico marítimo por los anclajes de los que se hace servir, considero que la profundidad mínima a la que se va a trabajar está justo en el umbral de utilización de esta draga. Es por ello que se tendrá muy en cuenta que este hecho podría hacer que la posición de la catenaria no sea adecuada y pueda provocar sobreexcavaciones y que no sea una solución óptima.

Otra de las opciones que se tendrán en cuenta son los equipos de succión en marcha más pequeños que pueden operar en profundidades como mínimo de metros.

Zona B y C

En estas zonas no será un gran impedimento la profundidad, ya que las profundidades mínimas no van a ser una condición limitante y las profundidades máximas de dragado que debemos alcanzar como ya se especifico en el capítulo “dragado y relleno de la zona marítima” serán de 16.5m a 17 m.

Como se ha comentado, hoy en día, incluso los equipos mecánicos pueden alcanzar dichas profundidades, aunque como principal inconveniente de estos equipos encontraremos la exposición al oleaje que analizaremos en el siguiente apartado y en sus productividades.

Las dragas mecánicas en comparación de los equipos continuos presentan rendimientos inferiores, lo que ante un proyecto de la envergadura que nos encontramos es uno de los condicionantes a tener más en cuenta.

Los equipos hidráulicos de succión en marcha, trabajan muy bien a estas profundidades y si el volumen a dragar es considerable, son equipos de presentan una gran producción.

7.2.1.3 Exposición al entorno.

Si la zona a dragar se encuentra ubicada en un sitio con oleaje importante, no es conveniente el uso de dragas estacionarias, ya que el oleaje puede causar graves averías en la estructura y en los anclajes. Tampoco es conveniente el uso de barcazas, puesto que durante la maniobra de acercamiento a la draga se pueden producir averías como consecuencia de los choques entre la estructura y los gánguiles.

Cuando, debido a las condiciones del terreno, sea necesario utilizar una draga estacionaria, se deben extremar las precauciones y se han de disponer de remolcadores encargados de arrastrar la estructura hasta la zona protegida en caso de que se produzca un temporal inesperado.

Se debe tener en cuenta que los anclajes de los quipos de dragado pueden ocasionar problemas en las embarcaciones vecinas. Las tuberías utilizadas para el vertido del material también provocan problemas en la navegación. Por tanto, es necesario el conocimiento del tráfico marítimo de la zona antes de elegir el quipo y la forma de operar.

Así pues, las condiciones del agua, las mareas y las tormentas son factores de los que dependerán los diseños y las técnicas de trabajo.

Zonas A y C

Hay que recordar que la ampliación del puerto de Veracruz se realiza en un emplazamiento diferente al que se encuentra el actual puerto, se encuentra al norte de este en la bahía de Vergara por lo que no tendremos una protección frente al oleaje.

En estas zonas en especial solo tendremos el poco abrigo que nos pueda dar la construcción que se vaya desarrollando del dique de poniente en la Zona A y el dique de oriente en la Zona C. Por lo que la utilización de equipos mecánicos se verá dificultada y tendríamos que tener en cuenta todos los aspectos que se han mencionado en la introducción del apartado.

Como dato, cabe destacar que entre los equipos mecánicos la draga de pala tiene un diseño robusto y pueden utilizar pontonas con patas que le permiten trabajar en zonas afectadas por un oleaje moderado.

Esto lo vamos a considerar a la hora de la elección ya que en estas zonas nos encontramos próximos a la costa, en zonas alejadas de la costa estos equipos no son adecuados.

Zonas B y C

En estas zonas nos encontramos alejados de la costa y la exposición al oleaje es considerable por lo que este hecho nos limitará considerablemente los equipos a utilizar.

Las dragas de succión en marcha pueden trabajar bien con oleajes de hasta 5 m de altura de ola, lo que los hace ideales para este tipo de situación.

Otro equipo de dragado que trabaja muy bien en presencia de oleaje es la draga de cuchara con cántara incorporada. Estos equipos si bien pueden trabajar en presencia de oleaje no son adecuados para estas zonas debido a que pueden realizar pequeñas y dispersas tareas de dragado. Es decir, para el dragado de grandes volúmenes no debemos utilizarlas.

7.2.1.4 Situación de los puntos de vertido.

Este parámetro influye de forma decisiva en la elección del equipo, cuando los puntos de vertido se encuentran próximos a la zona de dragado, una de las alternativas más recomendables es el uso de una draga de cabezal cortador. En caso de que no se puedan instalar tuberías flotantes, las alternativas más adecuadas son las dragas de rosario o las dragas de succión en marcha.

Si los puntos de vertido se encuentran a una distancia considerable de la zona de dragado hay que prescindir del uso de tuberías o del vertido de material por impulsión. En los equipos más recomendables en este caso son las dragas de succión, si el material decanta adecuadamente en la cantara y, en caso contrario, las dragas mecánicas complementadas con gánguiles de trasporte.

En nuestro caso en todas las zonas pretendemos utilizar todo el material de dragado para rellenos, como se ha visto en el capítulo “disposición del material de dragado” por lo que la

distancia al lugar de vertido no será un inconveniente. Se pueden utilizar tanto las dragas mecánicas que eleven el material de dragado a sobre el nivel del mar y lo depositen en las zonas de rellenos o podemos optar por dragas de succión en marcha que por medio de tuberías depositen el material.

7.2.1.5 Restricciones medioambientales de la zona.

En ciertas ocasiones las condiciones medioambientales suponen unas limitaciones en los proyectos de dragado. La existencia de hábitats de fauna o flora impiden llevar a cabo las operaciones de dragado o vertido. En otras ocasiones para no enturbiar las aguas se utilizan equipos especiales como las dragas de succión o las cucharas cerradas para terrenos fangosos.

En caso de existir algún núcleo urbano cercano se deben considerar olores o ruidos producidos por las operaciones de dragado, especialmente cuando se dragan rocas con equipos mecánicos.

7.2.2 Influencia de las características de los suelos a dragar.

Las características del terreno es probablemente, el factor que más influye a la hora de elegir el equipo más adecuado para llevar a cabo las operaciones. Así pues, es imprescindible realizar una investigación a fondo del terreno para evitar disgustos posteriores debido a la elección de un equipo poco adecuado para el tipo de material que se va a dragar.

En el capítulo “caracterización del entorno” se hizo un estudio detallado para saber cuáles eran los materiales de los que estaba compuesto el lecho marino. Entre ellos destacaba:

En mayor medida arena limosa (SM), suelta a medianamente compacta, de grano fino a medio, color gris.

También nos encontramos de manera bastante abundante pero en menor medida arcilla de baja plasticidad (CL), muy firme a dura, poco arenosa, color gris y arena arcillosa (SC), suelta a medianamente compacta, de grano fino a medio, color gris.

Y ya en menor proporción pero también presente arena mal graduada poco limosa (SP-SM), suelta a medianamente compacta, de grano fino a medio, color gris.

En el diagrama la opción 3 se adjudica a los modos de aprovechamiento de rocas, la opción 4 al de gravas y arenas, la opción 5 a arcillas duras, la opción 6 a los de limos y arcillas blandas y la opción 7 por último a los de mezclas de diferentes tipos de suelo.

7.2.3 Influencia del tipo de trabajado de dragado a realizar.

Para este tipo de proyectos se suele recurrir, con frecuencia, a equipos de dragado de tipo estacionario, obteniendo unos costes de transporte de material relativamente bajos.

Para estas aplicaciones, la profundidad de dragado se suele ver limitada por la profundidad náutica que raramente excede de los 25 metros, ahora bien uno de los factores más influyentes a la hora de seleccionar el equipo adecuado es la densidad de tráfico marítimo, ya que habrá que escoger un equipo que entorpezca lo mínimo posible la navegación de las embarcaciones mientras se realizan las operaciones de dragado.

Tradicionalmente se utilizaban dragas de rosario para llevar a cabo estos trabajos, pero en la actualidad se están remplazándose por las modernas dragas de succión en marcha. Cuando el proyecto es de carácter constructivo más que de mantenimiento se utilizan dragas de cabezal cortador. En caso de que las labores se tengan que desarrollar en espacios muy reducidos donde los modernos y voluminosos equipos de dragado encontrarían muy difícil el poder maniobrar con soltura se suelen utilizar dragas de cuchara.

7.2.4 Estudio de los diferentes equipos. Técnicas utilizadas para las operaciones de dragado y terrenos más adecuados a cada draga

En la siguiente tabla se presenta de forma resumida, para cada tipo de draga, las diferentes operaciones del proceso de dragado, así como la clase de transporte que se efectúa.

Clasificación de las técnicas aplicadas a cada proceso de dragado según el tipo de draga

EQUIPOS DE DRAGADO	PROCESOS DE DRAGADO					
	ROTURA DE SUELOS COHESIVOS	HERRAMIENTA DE EXCAVACIÓN	TRANSPORTE VERTICAL	FUERZAS DE REACCIÓN		TRANSPORTE HORIZONTAL
				FUERZAS DE EXCAVACIÓN	FUERZAS IMPUESTAS POR LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS	
DRAGA DE SUCCIÓN EN MARCHA	Hidráulica	Tubo de succión	Hidráulico	—	—	Cántara
DRAGA DE SUCCIÓN ESTACIONARIA	Hidráulica	Tubo de succión	Hidráulico	Cables de anclaje	Cables de anclaje	Hidráulico
DRAGA DE CABEZAL CORTADOR	Mecánica	Cabezal cortador	Hidráulico	Cables de anclaje y pilones	Cables de anclaje y pilones	Hidráulico
DRAGA DE RODETE DE CANGILONES	Mecánica	Rodete de cangilones	Hidráulico	Cables de anclaje y pilones	Cables de anclaje y pilones	Hidráulico
DRAGA DE ROSARIO	Mecánica	Rosario de cangilones	Rosario de cangilones	Cables de anclaje	Cables de anclaje	Gánguiles
DRAGA DE CUCHARA	Mecánica	Cuchara	Cable	Peso de la cuchara	Pilones	Gánguiles
DRAGA DE PALA	Mecánica	Cazo	Brazo	Pilones	Pilones	Gánguiles
DRAGA DE RETRO	Mecánica	Cazo	Brazo	Pilones	Pilones	Gánguiles
DRAGA CRAWL CAT	Mecánica	Cabezal cortador o disco cortador	Hidráulico	Pilones	Pilones	Hidráulico

A continuación se resume para cada tipo de draga que estamos teniendo en cuenta hasta el momento, los terrenos más adecuados y los menos convenientes para desarrollar las operaciones de dragado.

- *Dragas de succión en marcha*

Muy apropiadas para el dragado de gravas, arenas sueltas, arenas fangosas, limos, etc. Debido a su forma de operar no se pueden utilizar en terrenos compactos, ya que necesitarían unas bombas de potencia excesivamente elevada para poder aspirar el material. Cuando trabajan sobre terrenos adecuados es un equipo con el que se obtienen muy buenos resultados y los mejores rendimientos.

- *Dragas de succión estacionarias*

Dragan muy bien las arenas sueltas o semicompactas, incluso con contenido de gravas. También dragan muy bien los fangos sueltos. En terrenos compactos o cohesivos no se obtiene buenos resultados, ya que no es posible arrancarlos aplicando únicamente la fuerza de la corriente.

- *Dragas de cabezal cortador*

Son dragas de succión que sirven para toda clase de terrenos, excepto rocas de dureza elevada, gracias a que el cabezal cortador desmenuza el terreno, por compacto que sea, y la bomba centrífuga lo aspira sin problemas.+

Este tipo de equipo u la fraga de succión en marcha son los mas utilizados. Prácticamente, entre los dos se puede dragar todo los tipos de terrenos, excepto las rocas duras, y poseen la ventaja de ser autónomos.

- *Dragas de rosario de cangilones*

En general valen para todo tipo de terrenos, obteniendo grandes producciones. Con las arcillas cohesivas se obtiene malos resultados pues se pegan al cangilón y no caen al voltearlo. Tampoco funcionan bien con los fangos líquidos. En el caso de trabajar sobre arenas compactas no surge ningún problema.

- *Dragas de pala*

Son equipos capaces de manejar un amplio rango de materiales de dificultad considerable, como rocas débiles arcillas resistentes y arcillas con forma de cantos, consiguiendo un grado de eficacia muy elevado.

- *Draga retroexcavadora*

Su campo de aplicación es el mismo que el de las dragas de pala. Su uso se esta extendiendo enormemente por Europa gracias a los rendimientos tan elevados que pueden alcanzar cuando trabajan sobre terrenos apropiados.

Estas son las dragas que seguimos considerando para realizar las operaciones de dragado y los materiales con los que mejor trabajan. A modo resumen se incluye una tabla a continuación.

TIPO DE DRAGA	BUEN COMPORTAMIENTO	MAL COMPORTAMIENTO
Dragas de succión en marcha	Arenas sueltas, finas, limos y fangos arenosos	Terrenos compactos
Dragas de succión estacionaria	Arenas, arenas finas y no muy compactas	Arenas compactas, arcillas o terrenos compactos
Dragas de cabezal cortador	Todo tipo de terrenos excepto rocas duras	Rocas
Dragas de rodete de cangilones	Todo tipo de terrenos excepto rocas	Rocas (Se solventa utilizando cangilones dentados)
Dragas de rosario	Fangos, arcillas y arenas compactas. Con rosario apropiado, margas, conglomerado y rocas blandas	Arcillas muy cohesivas
Dragas de cuchara	Terrenos sueltos o algo cohesivos	Terrenos duros o rocosos
Dragas de pala	Todos salvo los fluidos	Terrenos fluidos
Dragas de retro	Todos salvo los fluidos	Terrenos fluidos

Comportamiento de las dragas en función del terreno (Vigueras; 1997)

7.2.5 Selección final del equipo de dragado

Una vez analizados todos estos factores que influyen a la hora de elegir el equipo de dragado vamos a hacer un pequeño resumen y explicar cuáles han sido los criterios que finalmente nos han llevado a considerar la elección final.

CANALES DE NAVEGACION

En cuanto a los canales de navegación, vamos a utilizar equipos de succión en marcha ya que las profundidades que se necesitan dragar son de entorno a los 16.5 y 17 m y estos equipos están capacitados con creces para estas profundidades y mucho mayores.

Podríamos haber elegido equipos de succión estacionarios o con cabezal cortador ya que también podrían operar a estas profundidades, pero el entorpecimiento de la navegación de otras embarcaciones y sobre todo la exposición al oleaje que estaría presente en esta zona, nos hacen descartarlos y decantarnos por la draga de succión en marcha.

En la siguiente tabla veremos reflejados el compartimiento que tienen las dragas a la hora de trabajar con ciertos materiales y si lo pueden realizar en condiciones climáticas en presencia de oleaje.

TIPOS DE DRAGAS	TERRENOS Y EMPLAZAMIENTOS																	
	Roca Dura		Roca blanda		Roca fragmentada		Bolos y guijarros		Gravas y arenas gruesas		Arenas medias y finas		Fangos y Limos		Arcillas blandas		Arcillas duras	
	EX	EA	EX	EA	EX	EA	EX	EA	EX	EA	EX	EA	EX	EA	EX	EA	EX	EA
Rosario	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI
Cuchara	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI
Cuchara con cántara	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Pala y retroexcavadora	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI
Succión estacionaria	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	--	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	--	NO	NO
Dustpan	NO	NO	NO	NO	NO	--	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	--	NO	NO
De cortador	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI
Succión en marcha	NO	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO

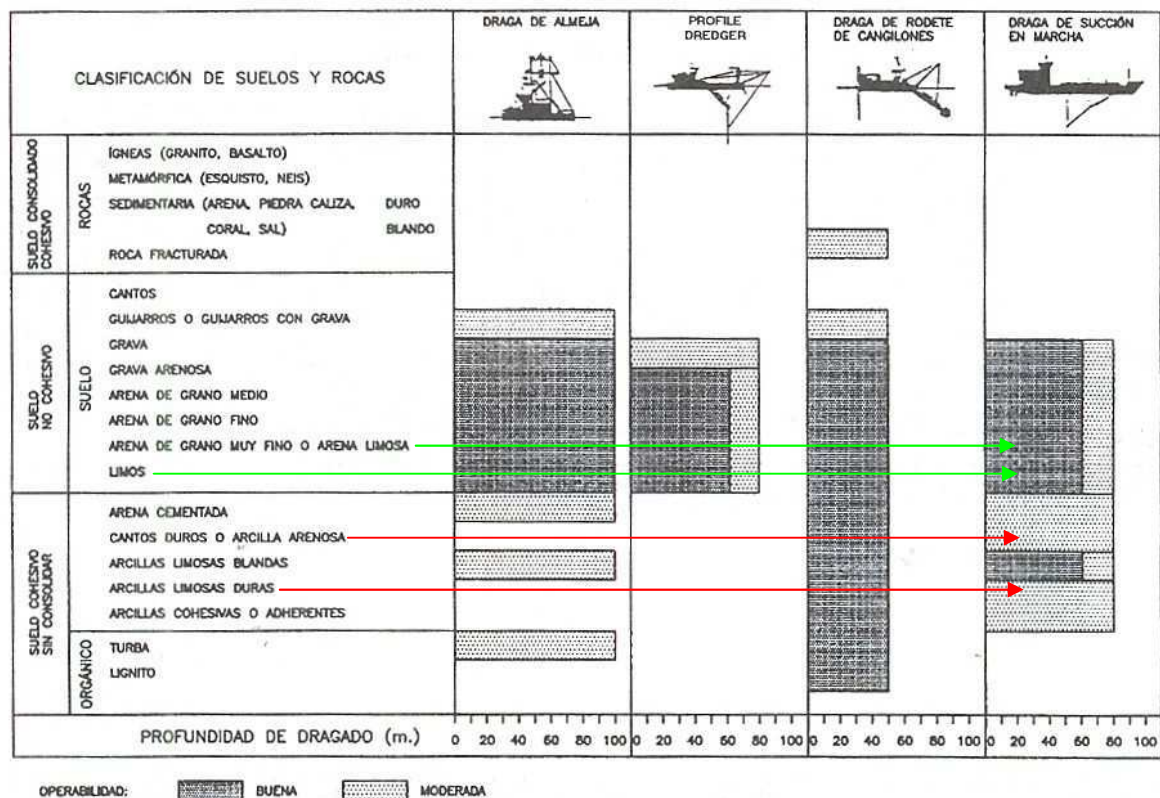
EX: Emplazamiento expuesto al mar y oleajes

EA: Emplazamiento abrigado

SI: Adecuado

No: No adecuado

En cuanto a los materiales que nos encontraremos a la hora de dragar estas dragas de succión en marcha están mas que capacitadas para tener un buen rendimiento. Esto lo podemos observar en la siguiente tablas donde se muestra el comportamiento de esta draga en determinados materiales en función de la profundidad. Esta relación es importante porque no todos los equipos son capaces de dragar ciertos materiales cuando la profundidad es elevada.



Como podemos observar estos equipos para la profundidad que se requiere funcionan adecuadamente. Para los materiales que vemos en el grafico que trabajan de manera moderada podemos observar en la siguiente tabla que se expone a continuación que con los distintos cabezales podemos mejorar las capacidades de este equipo.

TIPO	APLICACIÓN
<i>Fruhling</i>	Sedimentos, arcillas blandas y arenas sueltas.
Sedimento	Sedimentos.
Californiano	Arenas, principalmente arenas compactas.
Venturi	Arenas.
Inyector de agua	Arenas compactas y arcillas de dureza media.
Activa	Arcillas duras, compactas y de dureza media.

De este modo para las arcillas duras que tenemos una proporción mínima en nuestra zona, podremos utilizar un cabezal del tipo activa.

CANALES INTERIORES DÁRSENAS PRICIPALES

El gran inconveniente que encontramos en estas zonas, es que cuando nos encontramos cerca de la costa nos deberemos desenvolver en una profundidad mínima de 5 metros.

En los trabajos en aguas mas someras, como se ha comentados en los apartados anteriores, las dragas más utilizadas son las dragas mecánicas debido a que pueden trabajar en profundidades mínimas de 3 metros incluso en caso de la retroexcavadora de 2 metros.

Estas circunstancias han hecho que se valore de manera importante su utilización.

Por el contrario, la exposición al oleaje, que estas dragas son muy sensibles al oleaje, la gran extensión del área de dragado, se ha considerado finalmente utilizar un equipo de dragado de succión en marcha pequeño- mediano el cual es capaz de operar a profundidades mínimas de 4 metros. Esta limitación hay que tener en cuenta que es debido a al calado del casco , ya que el o los brazos pueden elevarse o bajarse a la profundidad requerida . Por ello elegiremos un equipo de dragado de succión en marcha cuyo calado del casco con la cántara llena sea de 3 metros. Con estas especificaciones la draga podrá dragar mientras navega sin limitaciones para “moverse” debido a que existirá un calado suficiente.

Ya se ha tenido en cuenta que este tipo de dragas aparte de ser muy caras , su transporte es encarece el proceso ya que no existen muchas en el mercado. Para mitigar esto, vamos a programar su utilización con suficiente antelación y debido al gran volumen de dragado que hay que realizar, se considera que finalmente la opción será rentable.

En los siguientes capítulos se detallaran las especificaciones técnicas de la draga a utilizar y se realizara un estudio de su producción.

El objetivo final de este estudio ha sido seleccionar la mejor solución posible , tanto desde el punto de vista técnico como económico.

8. Equipo seleccionado y método de ejecución de dragado

Finalmente vamos utilizar dragas de succión en marcha como se ha podido concluir en el capítulo anterior.

En este presente apartado vamos a detallar algunas de las características técnicas esenciales de este tipo de equipo de dragado así como el modo de ejecución de los trabajos a realizar.

8.1 Draga de succión en marcha

La draga de cántara con tubo de succión que vamos a utilizar es un barco diseñado para poder navegar en aguas profundas, incorpora una cántara (bodega) en el interior de su estructura donde se va a almacenando el material bombeado para su posterior transporte a la zona donde será depositado.

Estos barcos de dragado, se desplazan mediante un conjunto gemelo de hélices propulsoras de gran potencia que les permiten conseguir un alto grado de maniobrabilidad.

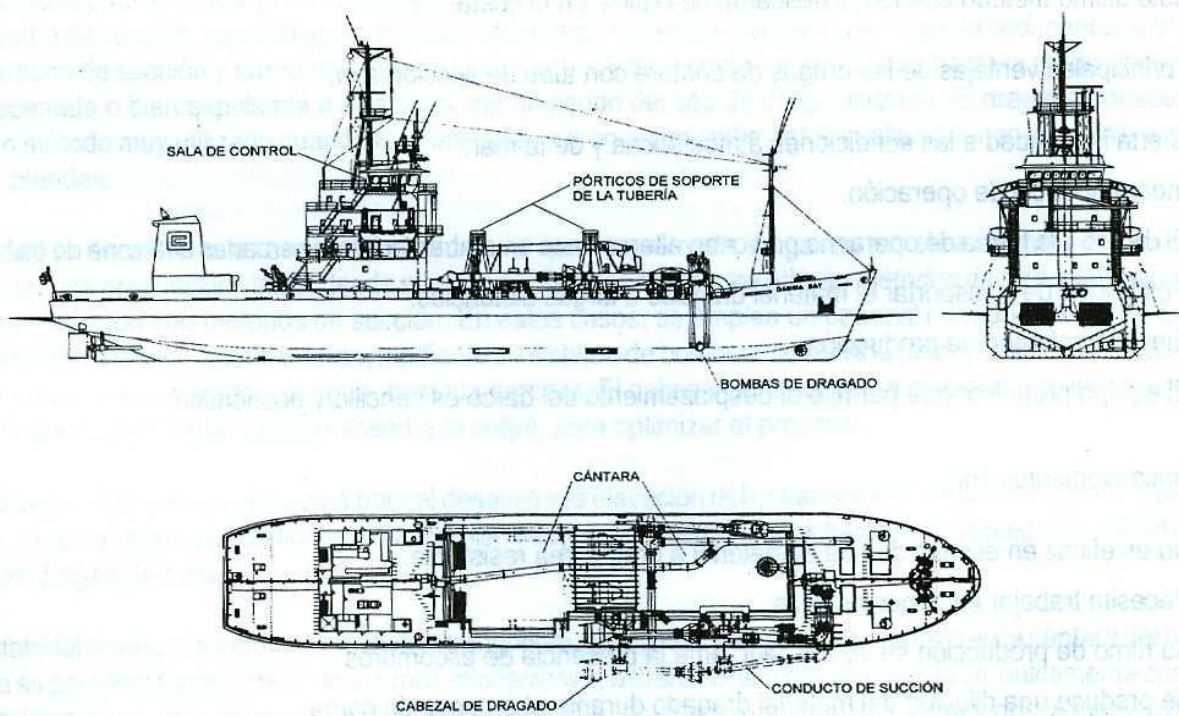
La carga de la cántara se realiza a medida que el barco se desplaza lentamente hacia delante. La descarga tiene lugar mediante la apertura de la compuerta de fondo del barco o por bombeo, siendo habitual el uso de este último método cuando la descarga se realizan en la costa.

Las principales ventajas de las dragas de cántara con tubo de succión son:

- Cierta inmunidad a las condiciones atmosféricas u de la mar.
- Independencia de operación.
- El diseño y la forma de operar no provocan alteraciones en embarcaciones cercanas a la zona de trabajo.
- Posibilidad de transportar el material dragado a largas distancias
- Elevado volumen de producción
- El equipo propulsor que permite el desplazamiento del barco es sencillo y económico.

Los inconvenientes son:

- No es eficaz en el caso de que el material a dragar sea resistente.
- Necesita trabajar en zonas amplias.
- Su ritmo de producción se ve afectado ante la presencia de escombros
- Se produce una dilución del material de dragado durante el proceso de carga.



8.1.2 Ciclo de trabajo

El esquema de trabajo se resume en la figura siguiente:



8.2 Método de operación.

Una vez que la draga llega a la zona de trabajo se arría el equipo de succión con la ayuda de grúas de sujeción. En el caso de que la draga lleve equipadas las bombas de succión en el interior del casco, únicamente se introducirá en el agua el tubo de succión, mientras que las bombas se accionaran desde el interior de la draga. Se pone en contacto el extremo del tubo de succión con la capa de sedimentos que se pretende dragar y se procede a la succión del material a dragar que la draga se va desplazando lentamente hacia adelante.

El material se almacena en la cántara, intentando crear las mínimas turbulencias posibles para facilitar una rápida deposición de los granos, y el bombeo continua hasta que la cántara se llena. En el caso de granos de tamaño fino, solo se podrá almacenar material hasta el momento en que la pulpa alcance el punto de rebose, ya que al superado este punto se obtiene la entrada y salida continua de material sin que la carga almacenada en el fondo de la cantara aumente de forma sustancial. En el caso de materiales gruesos o mixtos, el bombeo puede continuar una vez que se ha superado la línea de rebose, consiguiendo un aumento del volumen de material almacenado.

El equipo de succión lleva equipado en su extremo un cabezal de dragado cuya función es maximizar la concentración de sólidos aspirados del lecho marino. Para ello, se introduce en la capa de sedimentos ayudando a remover el material, que posteriormente, es aspirado por el conducto de succión en ciertas ocasiones, se puede utilizar el cabezal de dragado para facilitar la maniobrabilidad de la draga cuando ésta se desplaza a baja velocidad en zonas poco espaciosas.

El conducto de succión es una tubería articulada gracias a un dispositivo que se encarga de acoplar el tubo de goma a las alargaderas de la estructura erigida de dicho conducto. Por otro lado, habilita al cabezal de dragado para que pueda realizar movimientos verticales y horizontales respecto de la embarcación.

El diseño y las dimensiones de la cámara influyen de forma decisiva en la forma en que se van depositando los granos dentro de la misma. Es muy importante minimizar las turbulencias dentro de la cantara. Los equipos modernos de dragado llevan incorporado un dispositivo que elimina las mezclas de baja densidad ALMOB. Este dispositivo expulsa por la borda la mezcla que no alcanza la densidad mínima preestablecida. De esta forma se consigue maximizar la relación sólido / agua que se almacena en la cántara, siendo de gran utilidad cuando se van a dragar terrenos de grano fino.

Una vez cargada la cantara se introduce el equipo de succión dentro del barco y éste se desplaza hasta el lugar elegido para realizar la descarga del material.

8.3 Limites de utilización de las dragas de succión en marcha

- profundidad mínima a la que se puede operar 4m
- profundidad máxima de dragado 45 m
- -velocidad máxima de navegación 17 nudos
- mínimo perímetro de giro 75 m
- Altura máxima de ola 5m
- velocidad máxima de la corriente 3 nudos
- espesor máximo de hielo 300mm
- resistencia máxima al corte del material a dragar 75kpa
-

Consideraciones

Hemos tenido en cuenta que la draga debe operar en una calado mínimo de 5 metros , asegurándonos que puede dragar mientras esta navegando ya que este equipo no se puede abrir camino a él mismo.

Para maniobrar en aguas tan poco profundas se puede ayudar el cabezal de dragado para facilitar la maniobrabilidad de la draga cuando ésta se desplaza a baja velocidad en zonas poco espaciales. Aunque este es un recurso en casos muy específicos.

- Las especificaciones técnicas de nuestro equipo de dragado serán las siguientes :
- Eslora total 102 m
- Manga 18m
- Capacidad de la cántara 3500 m³
- Diámetro de la tubería de succión 800 mm
- Profundidad máxima de dragado 25 m
- Potencia de las bombas de dragado 2*1075kW
- Velocidad de navegación 15 nudos
- Velocidad de navegación con la cantara llena 11 nudos
- Descarga por tubería
- Calado con cántara llena 4 m

8.3 Equipo auxiliar

En este tipo de dragas no se dispone de n equipo auxiliar extenso, los únicos componentes que suelen sufrir modificaciones son: cabezal de dragado y el método de descarga. A continuación se describen las diferentes opciones que pueden presentar estos componentes.

Cabezales de dragado

Este apartado cobra especial importancia debido a la presencia, aunque en una baja proporción comparado con los otros materiales, de arcillas duras semicompactas. De este modo nos apoyaremos en la utilización de los cabezales de dragado.

En la siguiente tabla se muestra los diferentes tipos de cabezales que existen y cual vamos a elegir para la situación que acabamos de exponer.

TIPO	APLICACIÓN
<i>Fruhling</i>	Sedimentos, arcillas blandas y arenas sueltas.
Sedimento	Sedimentos.
Californiano	Arenas, principalmente arenas compactas.
Venturi	Arenas.
inyector de agua	Arenas compactas y arcillas de dureza media.
Activa	Arcillas duras, compactas y de dureza media.

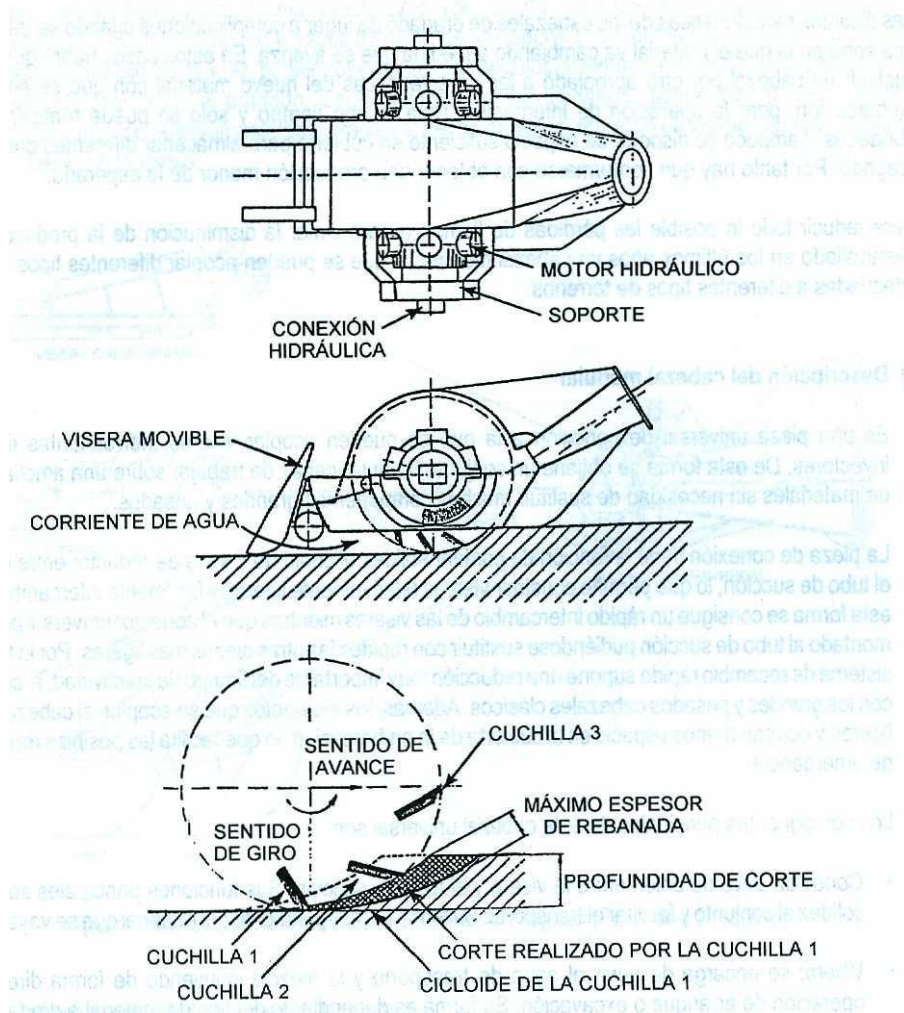
Por lo expuesto anteriormente vamos a utilizar un cabezal activa para poder dragar las pocas arcillas duras que nos encontremos.

Las distintas características de los cabezales da lugar a complicaciones cuando se trabaja sobre una zona en la que el material va cambiando a medida que se avanza. En estos casos habrá que optar por sustituir un cabezal por otro apropiado a las características del nuevo material con que se encuentre la embarcación, pero la operación de intercambio lleva mucho tiempo.

Tampoco se dispone de espacio suficiente en cubierta para almacenar diferentes cabezales de dragado. Por tanto hay que conformarse con obtener una producción menor de la esperada.

Para reducir todo lo posible las pérdidas de tiempo o para evitar la disminución de la producción se ha desarrollado en los últimos años un cabezal modular al que se le puede acoplar diferentes tipos de viseas adecuadas a diferentes tipos de terrenos.

Cabezal cortador tipo activo



8.3 Mecanismos de descarga de la cántara

Las dragas de succión en marcha tienen varios métodos de descarga del material que almacenan en la cántara. En este apartado solo vamos a describir la descarga por bombeo a través de tubería ya que este va a ser el método que vamos a utilizar para poder suministrar a los rellenos el material de dragado.

Descarga por bombeo a través de la tubería

El material dragado que se va utilizar es para la restauración de terrenos, por ello vamos a utilizar el equipo de bombeo en combinación con un sistema de transporte de tuberías para descargar el material directamente sobre la zona que se pretende restaurar. La forma de operar es la siguiente: una vez considerado el calado de las embarcaciones que se van a utilizar se instalará una tubería fija sobre la boya en una zona que permita el acercamiento de la embarcación.

Esta tubería servirá de conexión entre la draga y el sistema de tuberías que transportan el material hasta tierra firme. Una vez que la draga se haya aproximado a la boya se conecta la cántara con la tubería fija mediante una tubería de descarga ubicada en la proa de la embarcación. La draga dispone de una bomba auxiliar que se utiliza para aspirar agua por una válvula situada en la parte inferior del casco.

Dicha corriente se mezcla con el producto almacenado en la cántara formándose una pulpa y facilitando la labor a las bombas de descarga. Generalmente, las bombas de dragado son de baja presión, por lo tanto no poseen capacidad suficiente para bombear el material hasta largas distancias, a no ser que se incorporen bombas elevadoras de presión en puntos intermedios del recorrido, pero en nuestro caso esto no es necesario debido a que las zonas a rellenar están muy próximas.

Las tuberías utilizadas para transportar el material dragado hasta terreno firme son de dos tipos: tuberías sumergidas y tuberías flotantes.

Debido al tráfico marítimo presente en las zonas donde vamos a realizar las operaciones de dragado, vamos a utilizar las tuberías sumergidas, teniendo en cuenta a el calado que deben dejar para poder permitir la navegación de las demás embarcaciones.

Tuberías dispuestas sobre el fondo marino

Las tuberías que vamos a utilizar están construidas con acero e incluyen una junta obturadora comprensible dispuesta entre las aletas de la tubería, consiguiéndose un dispositivo impermeable al agua.

Este tipo de tuberías las aposentaremos sobre el terreno y ramificaremos a lo largo de su trayectoria, de forma que cada una de estas ramificaciones pueda depositar el material en zonas distintas, o bien, en distintos puntos de un mismo área. Así se consigue una mejor distribución del material y también permite añadir más tuberías a una línea sin necesidad de parar el proceso de dragado. Además, el extremo de descarga se equipará con un difusor mejorando la distribución del material que ya de por sí es buena.

9. Taludes sumergidos y bermas

Durante el capítulo, haremos una breve discusión sobre los taludes sumergidos que vamos a proyectar y si estos son adecuados. A su vez, también se analizará las zonas en las que sea necesario proyectar bermas por la proximidad de diversas estructuras.

Es importante destacar que los taludes que son estables sumergidos totalmente no serán los mismos taludes para aquellos taludes zonas que están sumergidas parcialmente o durante un tiempo independientemente de que el material sea el mismo. Como siempre, el mayor enemigo del ingeniero civil es la presencia de agua.

9.1 Taludes

Para el dragado de los canales de navegación, en los cuales tenemos el propósito de aumentar su calado, debemos formar una zanja cuyos laterales tendrán una mayor o menos inclinación en función de la naturaleza del terreno sobre el que se está trabajando y de la acción de las corrientes, el oleaje y el paso de las embarcaciones.

Si estos laterales se viene abajo, el material pasaría a ocupar la zanja abierta, con lo que la operación de dragado no habría servido para nada, ya que el nuevo calado obtenido se rellenaría con el material desprendido. Para evitar este contratiempo, la zanja se excava con taludes laterales iguales o mayores que los que alcanzara al final de la estabilización. de esta forma se puede mantener la excavación realizada sin peligro de desmoronamiento. Ahora bien, este proceso de sobrexcaución lateral para aumentar la estabilidad se debe minimizar, siempre dentro de los factores de seguridad posibles, ya que implica un aumento en los costes de las operaciones.

La inclinación que se debe de dar al talud dependerá, principalmente, del tipo de material sobre el que se está trabajando. En el caso de materiales fluidos, la mínima inclinación provocara su deslizamiento, por lo que taludes con pendientes de 1V:60H no son suficientes para contrarrestar el deslizamiento, sin embargo, cuando se trabaja sobre roca se pueden realizar taledes casi verticales, cuya pendiente no dependerá del material sino de parámetros relativos a la ejecución de los trabajos.

Debido a la forma de operar de la mayoría de los equipos de dragado, resulta muy complicado excavar el terreno con pendientes que se estipulan en los planos de proyecto. Por lo que es habitual estudiar la posibilidad de realizar excavaciones más sencillas en las que se tiene en cuenta que los posteriores desprendimientos dejen los taludes con las inclinaciones precisas en el proyecto. En la siguiente tabla se representan las pendientes más habituales que se dan a los taludes en función del tipo de material sobre el que se esté trabajando.

Pendientes más habituales (Viguera Gonzalez, 1997)

TIPO DE TERRENO	PENDIENTE DEL TALUD (V/H)
Terrenos rocosos	Vertical
Arcillas compactas	1/1 - 1/2
Arenas gruesas	1/4 - 1/6
Fangos fluidos	1/10 - 1/50

Como vimos en el capítulo de “dragado y rellenos del área marítima” se estipularon en el proyecto base los siguientes taludes por zonas.

ZONA 1 MUELLE DE CONTENEDORES:

- Dársena de maniobras circular de 600 m de diámetro situado en la zona 1 en naranja en la próxima figura; taludes de 3:1 (H:V) en sus paredes.
- Canal interior de 2733 m con un ancho de plantilla de 422 m; taludes de 3:1 (H: V) en sus paredes.
- Canal de acceso de 1,865 m de longitud, de orientación N45ºE, ancho de plantilla de 330 m, taludes de 5:1 (H: V) y profundidad de -17.00 msnm.
- Dársena principal circular de 800 m de diámetro situado en la zona 2 en azul en la próxima figura , taludes de 5:1 (H: V)

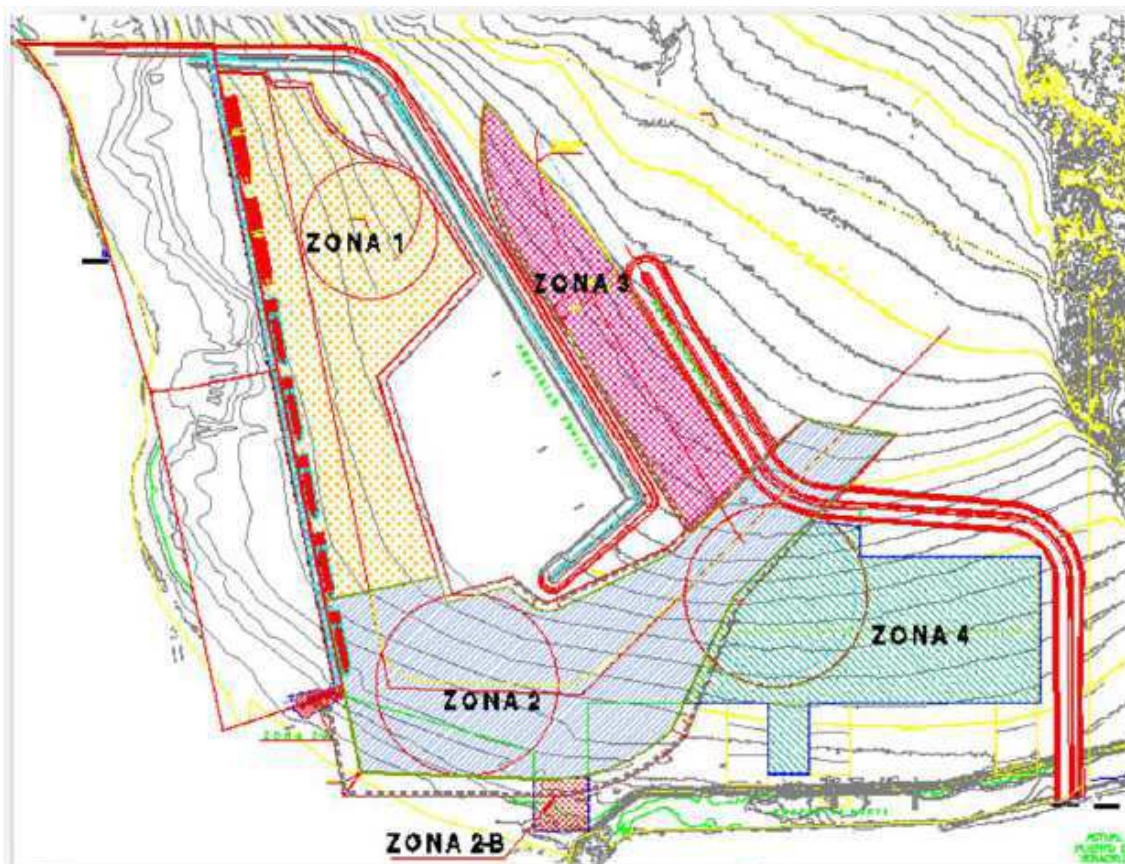
ZONA 2 MUELLES DE CARGA GENERAL Y DE GRANEL:

- Canal interior taludes en sus paredes de 5:1 (H: V)
- Canal de acceso (para esta fase cambiará de dirección hacia el N45W), taludes en sus paredes de 5:1 (H: V).
- Dársena principal circular de 800 m de diámetro situado en la zona 4 en verde ver en la figura siguiente taludes de 5:1 (H: V)

Como podemos observar se proyectaron zonas con taludes variables de 1/3 a 1/5 (V:H).

En la tabla donde se exponen las pendientes más habituales dependiendo de la naturaleza del material para arcillas compactas se recomiendan taludes de 1/1 a 1/2 en nuestra situación, la proporción de arcillas que nos encontramos es muy pequeña además que no están completamente consolidadas sino que están semiconsolidadas por lo que para quedarnos del lado de la seguridad, se van a modificar los taludes proyectados y vamos a tomar los más habituales para arenas gruesas.

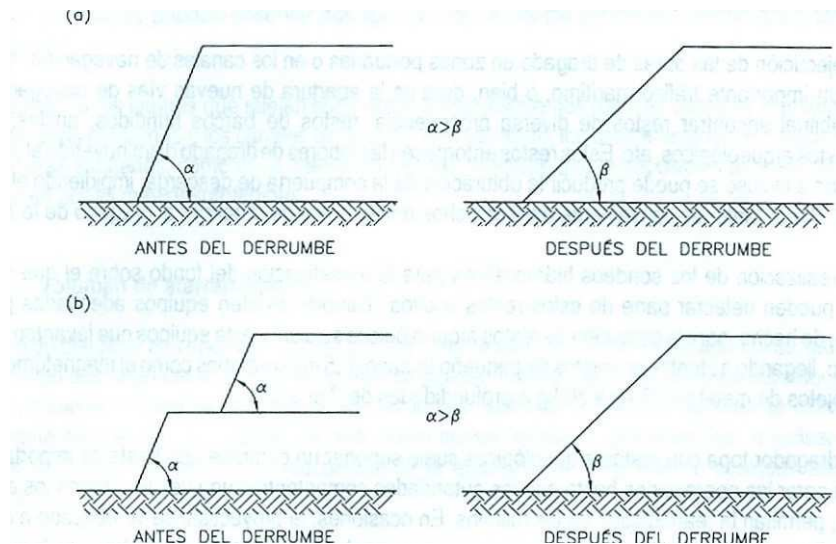
Para arenas gruesas la horquilla de valores es la siguiente 1/4 a 1/6 (V:H), por lo que tomaremos taludes de 1/5 en todas las zonas.



Procedimientos para evitar los efectos de los desprendimientos

Los procedimientos más habituales para evitar o contrarrestar los efectos de los desprendimientos de los taludes, son los siguientes:

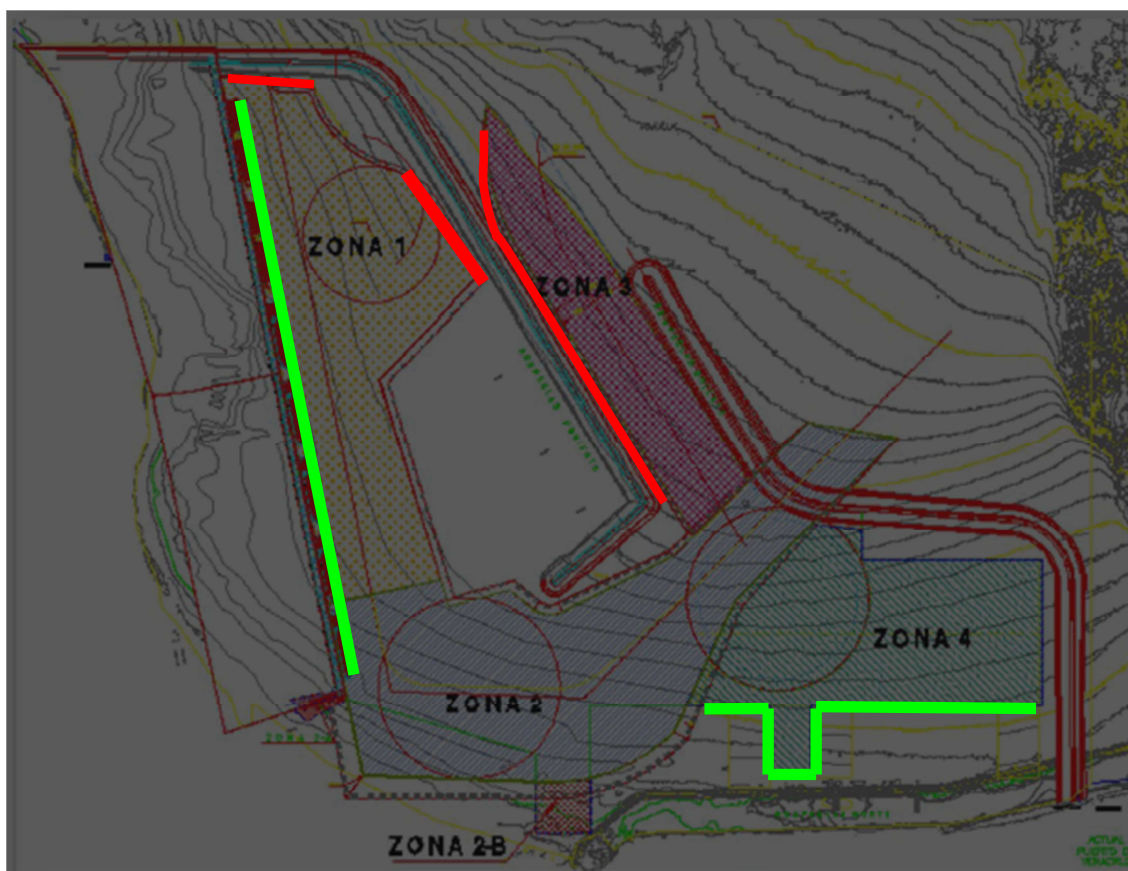
- Apertura de un canal con mayor anchura que la del fondo del canal proyectado, ver apartado a) de la próxima figura, de forma que al derrumbarse las paredes de los taludes se obtengan las pendientes proyectadas y el material desprendido y acumulado en el fondo no supere el calado considerado durante la elaboración del proyecto. Este método se debe aplicar después de realizar los estudios adecuados, ya que cuanto más ancha sea la zanja mayor será el coste de operación, pero excava zanjas demasiado estrechas para abaratar los costes supone la posibilidad de que se reduzca la anchura del canal durante el aterramiento, por lo que sería necesario un segundo dragado de limpieza, lo que encarecería el proceso.
- Cuando el canal es muy profundo se realiza la excavación por escalones, apartado b) de la próxima figura. entre taludes consecutivos se deja un escalón lo suficientemente profundo, que sea capaz de absorber los derrumbes de cada cara, quedando al final de los desprendimientos un talud único más o menos uniforme.
- Creación de una fosa al pie del talud que se encarga de recoger los materiales desmoronados, realizando un dragado posterior de limpieza para eliminar dichos materiales.



9.2 Bermas de estructuras.

Vamos a tener que realizar operaciones de dragado cerca de estructuras calzadas y cerca del dique de poniente durante el dragado del segundo canal de navegación, esto hace que corran el peligro, dichas estructuras, de ser desestabilizadas durante el proceso de excavación.

En el mapa que se muestra a continuación vamos a marcar las zonas que pueden verse comprometidas por este hecho.

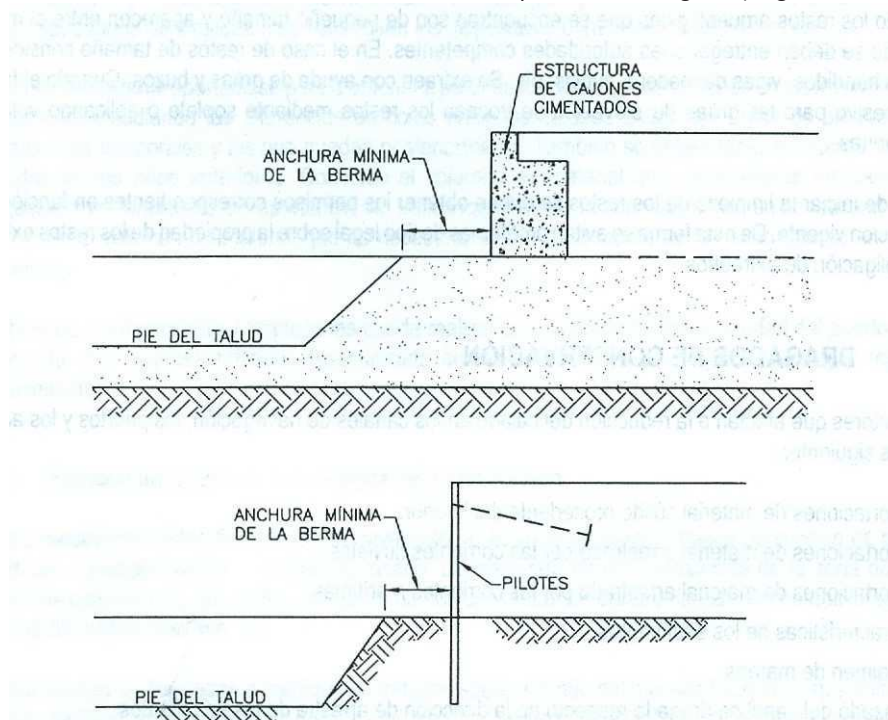


En las zonas marcadas en verde tendremos que tener cuidado con las estructuras calzadas al terreno como son los muros de contención para los rellenos.

En las aéreas marcadas en rojo, sobre todo en el canal de navegación de la zona 3 tendremos que tener especial cuidado para que el dique de poniente no vea comprometida su estabilidad, ya que este en esta fase de las operaciones de dragado ya estará completamente finalizado.

Por todo esto, es conveniente dejar una anchura mínima de berma delante de la estructura y fijar el talud entre el nivel de la berma y el nivel del fondo que se pretende alcanzar. De esta forma se fija el pie del talud que servirá como punto de referencia a la hora de ejecutar las operaciones, ya que, si no se sobrepasa dicho punto, durante el proceso de dragado, se consigue mantener la anchura mínima de la berma y por tanto se evita el descalzado de la estructura existente en la zona sobre la que se está trabajando. Observar la siguiente figura.

Protección de las estructuras calzadas, durante el proceso de dragado (Vigueras ,1997)



10. Programa de trabajos y producción

10.1 Programa de trabajos

La programación de trabajos es vital para lograr una obra terminada con los máximos parámetros de calidad, coste y tiempo deseados. Cuanto mejor efectuada y organizada este la programación menos problemas e imprevisto se tendrá durante la ejecución de la obra.

Debido a la gran magnitud de nuestro proyecto adquiere una gran importancia esta programación, debido a los diferentes trabajos a realizar las diferentes subcontratas y el calado de todas estas actividades.

Con el fin de que esta programación inicial se ajuste a la realidad de la manera más fiel posible, ya sabemos que esto no va a ser posible por otro lado, vamos a analizar y a estudiar cual es el número de equipos de dragado que vamos a utilizar y cuál es la producción que se espera. De este modo estaremos en condiciones de saber el tiempo que vamos a tardar en realizar las operaciones de dragado y ajustar todos los parámetros que sean necesarios para cumplir los plazos.

Como ya se expuso en capítulos anteriores, la programación de la obra es la siguiente:

[illegible]

Y en la segunda fase las operaciones de dragado tiene una duración estimada de 18 meses.

10.2 Producción

Para ello definiremos en primera instancia el método de calculo que vamos a emplear y seguidamente se expondrán las especificaciones técnicas del equipo de dragado a utilizar y se aplicará dicho método.

10.2.1 Métodos de procedimiento de cálculo de la producción

Por un lado, tenemos el método de Vidal Martín y Paris Solas (1997) (VP) expuesto en el *Curso General de Dragado* y por otro lado tenemos el método de cálculo propuesto por Bray, Bates y Land (1997)(BBL) en el libro *Dredging , a Handbook for Engineers*.

Estén segundo método es más completo, ya que calcula los diferentes factores de reducción que representan las pérdidas de tiempo originadas por los motivos recorridos, tiempo de viraje de la embarcación etc. Y los aplica sobre la producción teórica calculada inicialmente, obteniendo la producción real de la draga. Además es un método generalizado que se puede aplicar a cada equipo, modificando las variables adecuadas en función de la draga que se este estudiando.

Por estas razones y debido a que Vidal y Paris no dan un método de cálculo para las dragas de succión en marcha vamos a utilizar este segundo método.

10.2.2 Producción de la draga de succión en marcha: Método BBL

A la hora de aplicar el método será necesario conocer el tipo de terreno y, en el caso de suelos cohesivos, el tamaño de grano. Se inicia el proceso identificando la unidad básica de producción, U_m , que para este tipo de dragas coincide con la capacidad de la tolva, H . Dicha unidad se acota entre dos niveles de rebose máximo y mínimo, ya que las dragas de succión en marcha se dimensionan para que sean capaces de transportar una carga específica en la cántara y no un volumen. El nivel más bajo se utiliza en el caso de los suelos granulares que sedimentan con facilidad, mientras que el nivel superior se corresponde con suelos de grano fino que permanecen en suspensión durante un largo periodo de tiempo. La unidad productiva se modifica al tener en cuenta el factor de esponjamiento del material dragado. Dicho factor de esponjamiento representa la relación existente entre el volumen que ocupa el material una vez depositado en la cantara el volumen que ocupa el mismo material in situ. En el caso de dragar materiales de grano grueso se puede utilizar la tabla que sigue a continuación donde se representan los valores más habituales que adopta el factor de esponjamiento, ahora bien, cuando se esté trabajando sobre sedimentos finos cohesivos bien consolidados, el factor de esponjamiento puede alcanzar valores de 2.5 o superiores.

TIPO DE TERRENO	FACTOR DE ESPONJAMIENTO, B
Roca dura	1,50 -2,00
Roca de dureza media	1,40 -1,80
Roca blanda	1,25 -1,40
Gravas fuertemente compactadas	1,35
Gravas sueltas	1,1
Arena fuertemente compactada	1,25 -1,35
Arena medianamente blanda a dura	1,15 -1,25
Arena blanda	1,05 -1,15
Sedimentos depositados libremente	1,00 -1,10
Sedimentos consolidados	1,10 -1,40
Arcillas muy duras	1,15 -1,25
Arcillas medianamente blandas a duras	1,10 -1,15
Arcillas blandas	1,00 -1,10
Mezcla de arenas gravas y arcillas	1,15 -1,35

$$U_m(m3)=\frac{H}{B}$$

Donde:

H= capacidad de la cántara de la draga (m3)

B= factor de esponjamiento

A continuación, es necesario conocer el tiempo invertido en desarrollar las operaciones que constituyen el ciclo de trabajo de la draga de succión en marcha:

- a) Carga (succión)
- b) Giro de la draga cada vez que termina la pasada de una zona.
- c) Navegación hasta el punto de vertido y vuelta a la zona de trabajo.
- d) Descarga del material de dragado.

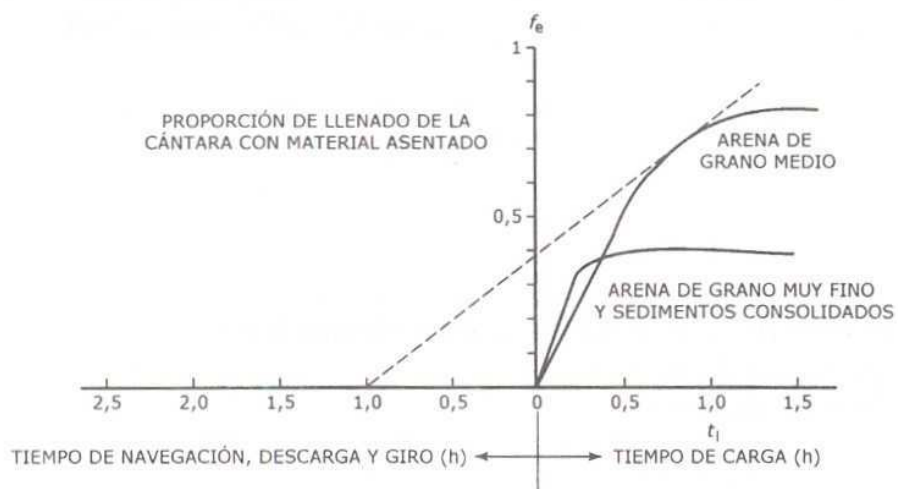
a) Operación de descarga

El tiempo necesario para rellenar la cántara hasta el punto de rebose es bastante similar en todas las dragas de succión, independientemente de la capacidad de la cántara, ya que cuanto mayor es la cántara., mayores dimensiones tiene las bombas y el conducto de succión. Las variaciones en el tiempo de la carga dependen del tipo de terreno, de las pérdidas por derramamiento al superar el nivel de rebose de la cántara, de la concentración de material que se alcanza en el conducto de succión debido a la profundidad, de las obstrucciones, etc.

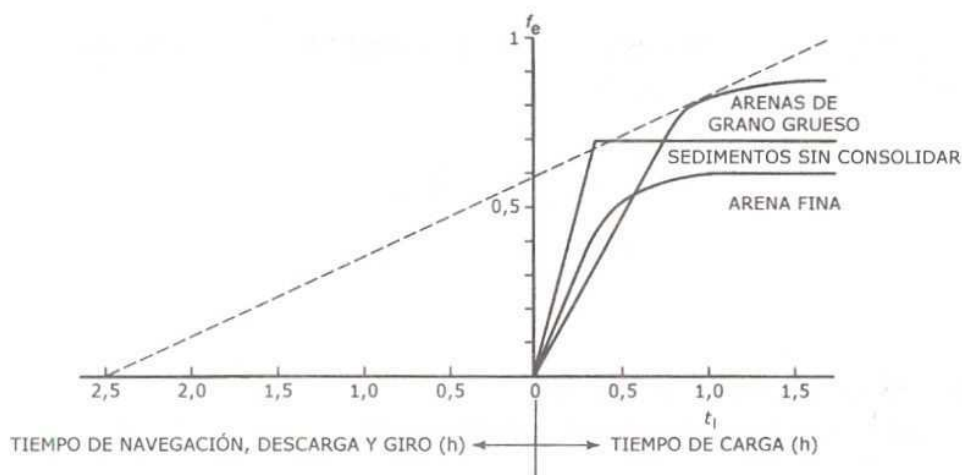
En la figura siguiente se muestra las curvas de carga para distintos tipos de terrenos u suponiendo que las dragas trabajan a la profundidad normal para la que se han diseñado. Los tiempos de carga serán superiores en el caso de que las operaciones se realicen a mayor profundidad, a no ser que se instale la bomba en el conducto de succión, o si se produce cualquier tipo de obstrucción en el cabezal de succión.

A partir de las gráficas poner numero se puede obtener el tiempo transcurrido durante la operación de carga, t_l , en función del grado de llenado de la cántara, f_e .

Curvas de carga de la draga de succión en marcha . A) Arenas medias, arenas muy finas y sedimentos consolidados. B) Arena fina, arena gruesa y sedimentos sin consolidar (Bray, Bates y Land, 1997)



(A) ARENAS MEDIAS, ARENAS MUY FINAS Y SEDIMENTOS CONSOLIDADOS



(B) ARENAS FINAS, ARENAS GRUESAS Y SEDIMENTOS SIN CONSOLIDAR

b) Giro de la draga al finalizar la pasada de un tramo

Cada vez que la draga realiza un giro al final de una pasada se pierde un tiempo importante. Suponiendo que la draga se desplaza a una velocidad de 2 nudos, el número de giros se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Numero de giros} = \frac{3.91 * t_l}{l}$$

Donde:

t_l = Tiempo invertido en la operación de la carga (h)

t_t = Longitud de la zona de dragado (km)

Si la draga se desplaza a una velocidad más lenta, como suele ser habitual en aguas confinadas, el número de giros se verá reducido en proporción. El tiempo invertido en realizar los giros, T_g , será:

$$T_g = \frac{3.91 * t_l * t_t}{l}$$

Donde:

t_t = Tiempo invertido en hacer girar a la draga al inicial de cada pasada (h)

t_l = Tiempo invertido en la operación de carga (h)

l = Longitud de la zona de dragado (km)

c) Navegación

el tiempo empleado para navegar hasta el punto de vertido y retornar hasta la zona de trabajo, T_{nav} , se obtiene a partir de la expresión:

$$T_{nav} = \frac{1.02 * g}{V_g}$$

donde:

g = Distancia hasta el punto de vertido (km)

V_g = Velocidad de navegación de la draga cargada (nudos)

Esta expresión no tiene en cuenta que en el viaje de vuelta la draga se desplaza a mayor velocidad, ya que esta descargada, ahora bien, se ve compensado por el hecho de que tampoco se consideran los periodos de aceleración u deceleración que sufre la draga al comiendo y finalización del desplazamiento.

d) Descarga del material dragado

El tiempo empleado en descargar el material dragado, t_d , dependerá del método utilizado para realizar la descarga. En caso de utilizar descarga por el fondo, el tiempo invertido será muy pequeño, en el caso de utilizar el bombeo, el periodo se puede alargar hasta 60 min o más.

Para conocer la producción es necesario obtener, en primer lugar, el tiempo de carga a partir de las gráficas de la figura 9.7. Para ello, se calcula el periodo total de tiempo no productivo, T_{cnp} , sumando los tiempos de giro, navegación y descarga:

$$T_{cnp} = \frac{3.91 \cdot t_l \cdot t_t}{l} + \frac{1.02 \cdot g}{V_g} + t_d$$

Donde:

t_l = Tiempo invertido en la operación de carga (h)

t_t = Tiempo invertido en hacer girar la draga al final de cada pasada (h)

l = Longitud de la zona de dragado (km)

g = distancia hasta el punto de vertido

V_g = Velocidad de navegación de la draga cargada (nudos)

t_d = tiempo invertido en descarga del material (h)

Una vez obtenido T_{cnp} , se entra en las gráficas de la figura 9.7 trazando desde el valor de T_{cnp} , una tangente a la curva correspondiente al material que se vaya a dragar y se obtiene el factor de llenado de la tolva, f_e , y el tiempo de carga t_l (si este valor no se conoce al principio de las operaciones, se realiza un cierto número de interacciones hasta obtener el valor final). Así pues, ya se conocen la carga total de la draga:

$$C_T = \frac{H \cdot f_e}{B}$$

Y el tiempo total invertido en el ciclo de trabajo de la draga, T_{tc} :

$$T_{tc} = t_l + T_{cnp} = t_l + \frac{3.91 \cdot t_l \cdot t_t}{l} + \frac{1.02 \cdot g}{V_g} + t_d$$

La producción máxima, P_{max} , se obtiene dividiendo ambas expresiones:

$$P_{max} = \frac{C_T}{T_{tc}} \text{ (m}^3/\text{h)}$$

Simplificaciones

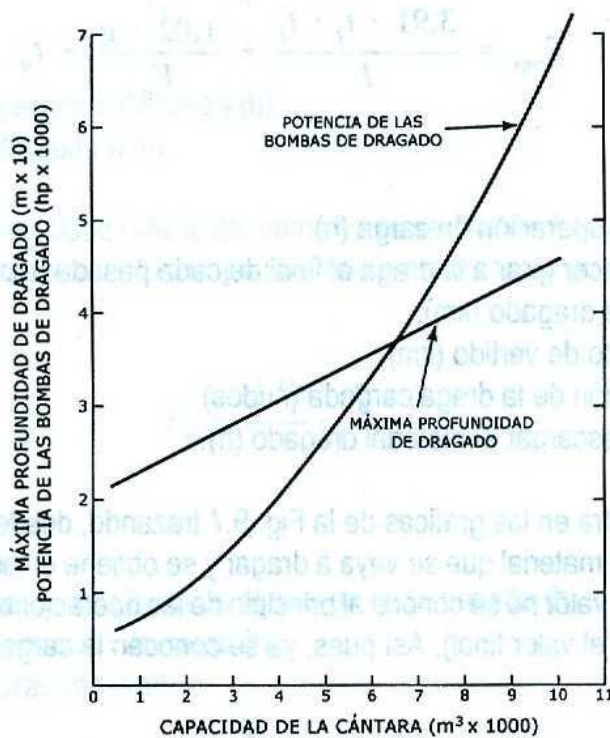
A partir de los ábacos de las figuras xy se pueden obtener los valores estándar de las profundidades de dragado y las velocidades de navegación. También se recomienda utilizar los siguientes valores estándar para el tiempo de giro y el tiempo de descarga, en caso de que no sea conocidos;

- (t sub t) = 4 min = 0.066 h
- (t sub d) = 5 min =(n descarga por el fondo) = 0.083h

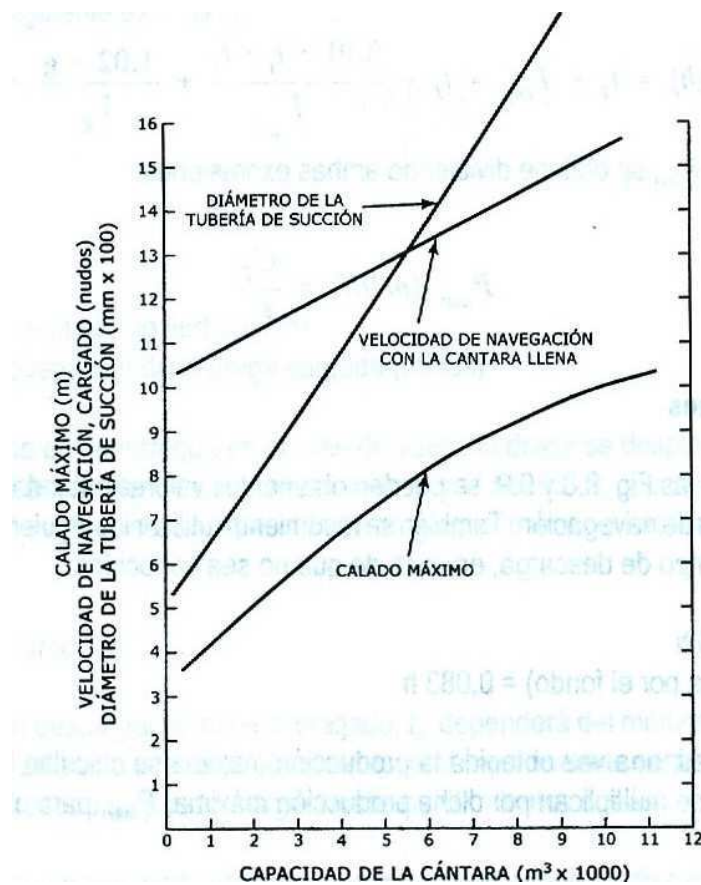
Como en casos anteriores, una vez obtenida la producción máxima se calculan los factores de reducción y se multiplican por dicha producción máxima (P sub max) , para obtener la producción real, P , de la draga.

$$p_{max}(\text{m}^3/\text{h}) = f_d * f_o * f_b * P_{max}$$

*Profundidad máxima de dragado y potencia de las bombas para las dragas de succión en marcha
(Bray, Bates y Land, 1997)*



Otras características de las dragas de succión en marcha . velocidad de navegación con la cántara llena , calado máximo y diámetro de las tuberías (Bray, Bates y Land, 1997)



10.2.3 Aplicación para calculo de la producción en la operación de dragado del puerto de Veracruz

La draga de succión en marcha que vamos a utilizar para desarrollar las operaciones de dragado tendrá las siguientes especificaciones técnicas:

Eslora total 102 m
Manga 18m
Capacidad de la cántara 3500 m³
Diámetro de la tubería de succión 800 mm
Profundidad máxima de dragado 25 m
Potencia de las bombas de dragado 2*1075kW
Velocidad de navegación 15 nudos
Velocidad de navegación con la cantara llena 11 nudos
Descarga por tubería
Calado con cántara llena 4 m

La zona que se va a dragar, como hemos visto en capítulos anteriores predomina materiales de grano de fino a medio, arcillas de baja plasticidad y arena limosa etc. Que se extiende un área aproximada de 1500m metros.

Tomando las distancias del diámetro de las dársenas y la longitud de los canales de navegación e interiores obtenemos esta media ya que estas zonas tiene una longitud de ; 600,800,1865 y 2755 metros como se ha visto en capítulos anteriores. Por lo que a la hora de hacer los cálculos tomaremos esta distancia como 1.5 km. El punto de vertido se ha considerado que esta a una distancia media de 2 km, esta distancia será menor en la mayoría de los casos, pero para quedarnos del lado de la seguridad tomaremos 2 km como distancia del punto de vertido a la zona de dragado.

Las interrupciones por tráfico marítimo e inclemencias meteorológicas son de consideración media.

La unidad básica de producción es la de capacidad de la cántara, H. dicha unidad se modifica al tener en cuenta el factor de esponjamiento del material dragado. Como se explicó en el apartado anterior, en el caso de dragar materiales de grano grueso se puede utilizar la tala que hay al principio del capítulo para obtener el factor des esponjamiento, como no tenemos grano grueso y los materiales finos podrían tener hasta un factor igual a 2.5 , tomaremos un valor medio de 1.6, B.

Conocido el factor de esponjamiento, se calcula la unidad básica de producción de modificada,

$$U_m(m3)=\frac{H}{B}=\frac{3500}{1.6}$$

A continuación, es necesario conocer el tiempo invertido en desarrollar las operaciones que constituyen el ciclo de trabajo de la draga de succión en marcha.

En este caso vamos a suponer que conocemos el tiempo de carda, cuyo valor es de 0.9 h. Para el tiempo de giro al final de cada pasada y el tiempo de descarga se utilizan valores estándar que hemos visto en el apartado de *simplificaciones*.

Así pues tomamos como $t_t = 4 \text{ min} = 0.066 \text{ h}$.

En cuanto a t_d las simplificaciones nos dicen que se toma 5 min en caso de descarga por fondo, en nuestro caso, al tener que colocar el material de dragado en la zona de rellenos tendremos que realizarlo por medio de tuberías. En la exposición del método que desarrollan Bray, Bates y Land, nos dicen que el tiempo de descarga en el caso de hacerlo por bombeo puede durar incluso 60 min, por ello consideraremos que en nuestro caso se tarda aproximadamente 50 min = 0.833 h.

La velocidad de desplazamiento, mientras se procede al llenado de la cántara, es de 2 nudos.

Para calcular el tiempo total invertido en realizar los giros T_g , se utiliza la expresión:

$$T_g = \frac{3.91 * t_l * t_t}{l} = \frac{3.91 * 0.9 * 0.066}{1.5} = 0.1548$$

El tiempo empleado en navegar hasta el punto de vertido y retornar a la zona de trabajo, T_{nav} , se obtiene a partir de la siguiente expresión:

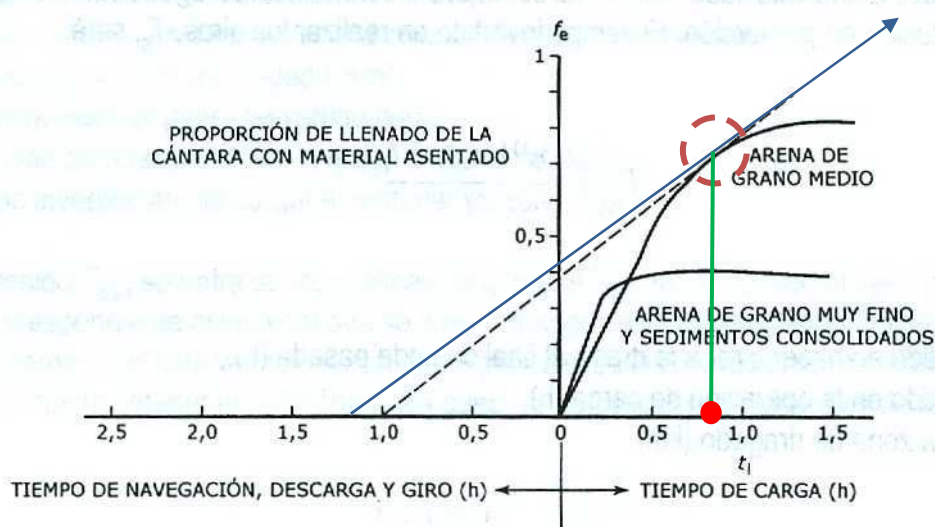
$$T_{nav} = \frac{1.02 * g}{V_g} = \frac{1.02 * 2}{11} = 0.185$$

El periodo total de tiempo no productivo, T_{tc} , sumando los tiempos de giro, navegación y descarga es:

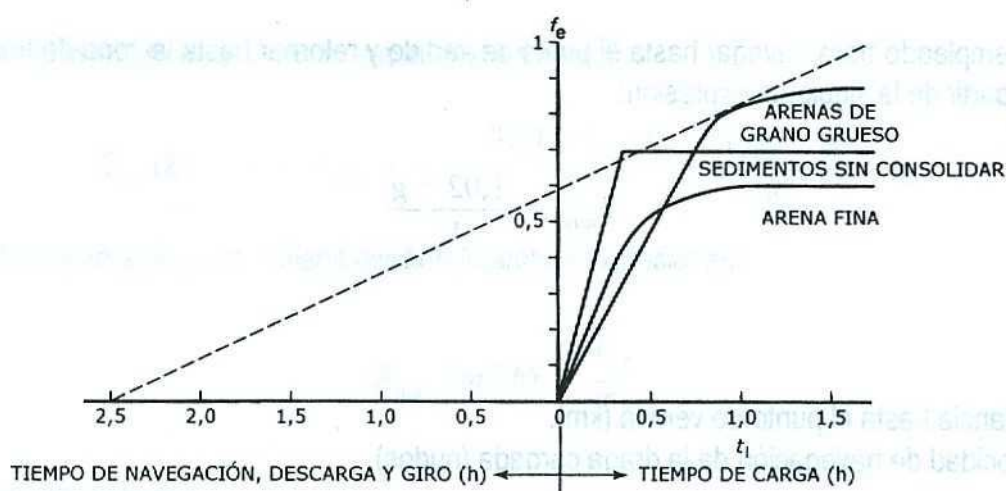
$$T_{cnp} = t_l + \frac{3.91 * t_l * t_t}{l} + \frac{1.02 * g}{V_g} + t_d = 0.1548 + 0.185 + 0.833 = 1.173$$

Una vez obtenido T_{tc} , en las gráficas, trazando, desde el valor de T_{tc} , una tangente a la curva correspondiente al material que se vaya a dragar y se obtiene el factor de llenado de la tolva, f_e , y el tiempo de descarga, t_l .

En la gráfica entraremos en sedimentos consolidados ya que tenemos arcillas semiconsolidadas y otros materiales semiconsolidados por lo que para estar del lado de la seguridad en cuestión de producción y tiempos que esto se traducirá en el aspecto económico entraremos en esta gráfica. La tangente la haremos a la curva de arena de grano medio mediante la línea que vemos en azul en la siguiente gráfica. El punto de tangencia expresado en naranja y trazamos una vertical en verde hasta el eje de abscisas obteniendo un valor de 0.8 aproximadamente, expresado en el punto rojo.



(A) ARENAS MEDIAS, ARENAS MUY FINAS Y SEDIMENTOS CONSOLIDADOS



Alcanzado este momento en el método de cálculo, ya se puede obtener la carga total de la draga:

$$C_T = \frac{H * f_e}{B} = \frac{3500 * 0.8}{1.6} = 1750$$

Y el tiempo total invertido en el ciclo de trabajo de la draga, T_{tc} :

$$T_{tc} = t_l + T_{cnp} = 0.9 + 1.173 = 2.073$$

$$\text{La producción máxima, } P_{max}(\text{m}^3/\text{h}) = \frac{C_T}{T_{tc}} = \frac{1750}{2.073} = 845$$

Una vez obtenida la producción máxima se han de calcular los factores de reducción. Para ello, se ha supuesto que la draga trabaja dos turnos diarios de ocho horas cada uno. Durante esas 16 horas de trabajo se supone una pérdida de tiempo de 1 h debido al tráfico marítimo y de 2 h como consecuencia de los factores meteorológicos y las condiciones del mar.

$$f_t = \frac{TTD - TPT}{TTD} = \frac{16 - 1}{16} = 0.937$$

$$f_w = \frac{NTDA}{NTD} = \frac{14}{16} = 0.875$$

$$f_d = f_t * f_w = 0.937 * 0.875 = 0.82$$

Se considera que tanto la dotación como el equipo de dirección desempeñan sus labores con la mejor eficiencia posible, por lo que $f_o = 0.9$. por último, se considera que el equipo no es de nueva adquisición pero que esta en perfecto estado y se ha utilizado poco por lo que consideraremos el factor de averías $f_b = 0.95$

Conocidos los diferentes factores de reducción que modifican la producción máxima se puede calcular la producción real de la draga, aplicando la siguiente expresión:

$$p_{max}(\text{m}^3/\text{h}) = f_d * f_o * f_b * P_{max} = 0.82 * 0.9 * 0.95 * 845 = 592.43$$

10.2.4 Resultado

Este resultado sería la producción de una sola draga de estas características expresada en m³ por hora.

Con este resultado ahora seremos capaces de saber cuántas dragas deberemos contratar para que los plazos dentro de la programación inicial de todas las actuaciones de la Ampliación del puerto de Veracruz los podamos cumplir y organizar de manera adecuada.

10.3 Calculo del número de equipos.

Fase 1

Como hemos visto en otros capítulos, durante la primera fase debemos dragar 28244062 m³.

Suponiendo que las dragas trabajen en ciclos de 8 horas dos veces al día hacen un total de 16 h al día.

Teniendo en cuenta lo que hemos considerado en el apartado anterior que durante esas 16 horas de trabajo se supone una pérdida de tiempo de 1 h debido al tráfico marítimo y de 2 h como consecuencia de los factores meteorológicos y las condiciones del mar. Estamos teniendo un tiempo productivo al día de 13 h diarias.

Considerando una sola draga tardaríamos en dragar todo ese volumen en un total de 47674.93 horas que traducido en días teniendo en cuenta que cada día se aprovechan 13 horas hacen un total de 3668 días.

La primera fase esta prevista que se desarrolle las operaciones de dragado expresado en días en 1095 días, lo que nos daría que necesitamos 3.35 dragas para finalizar en este tiempo o lo que es lo mismo mas de 3 dragas.

Por ello para esta primera fase necesitaremos contratar 4 dragas de succión en marcha con estas características.

Fase 2

Como hemos visto en otros capítulos, durante la segunda fase debemos dragar un total de 8889504 m³.

Con las mismas suposiciones que se han considerado para el cálculo de la fase 1 obtenemos:

Considerando una sola draga tardaríamos en dragar todo ese volumen en un total de 15006 h que traducido en días teniendo en cuenta que cada día se aprovechan 13 horas hacen un total de 1155 días.

La segunda fase esta prevista que se desarrolle las operaciones de dragado expresado en días en 548 días , lo que nos daría que necesitamos 2.1 dragas para finalizar en este tiempo o lo que es lo mismo mas de 2 dragas.

Por ello para esta primera fase necesitaremos contratar 3 dragas de succión en marcha con estas características.

10.3.1 Consideraciones

Tenemos que tener en cuenta que estos cálculos son puramente matemáticos, es decir que no se está teniendo en cuenta el aspecto económico. Lo que se pretende con esta afirmación, es hacer caer en la cuenta, de que tanto en la primera como en la segunda fase tendríamos días en los que las maquinas están paradas, con la consiguiente pérdida económica que esto conlleva.

Es cierto que estos días que las dragas están paradas de mas podríamos decir que podemos utilizarlo como margen y así asegurarnos de que cumplimos los plazos, pero como buenos profesionales nos vemos en la obligación de tener en cuenta otras opciones como:

En la primera etapa se produce un desfase de días no tan considerable como en la segunda fase, en la cual con dos únicas dragas estaríamos muy cerca de cumplir los plazos, por lo que una opción viable es que tomemos dos dragas de mayores capacidades de sus cántaras con lo que las producciones de las dragas aumentarían y con ello disminuiría los tiempos de dragado.

Hay más posibilidades encaminadas a reducir costes que se podrían tener en cuenta, como alquilar equipos completamente nuevos, hacer ciclos de trabajo más largos ya que la zona está cerrada al público y los ruidos no generaría problema.

11. Justificación económica

En este capítulo se pretende hacer una breve justificación económica y hacer un cálculo lo más aproximado posible al presupuesto que deberemos destinar al desarrollo de las actividades de dragado.

Antes de entrar de lleno en ello, hay que mencionar que esta justificación económica no se va a realizar de manera tan exhaustiva, en lo que a comparación de precios se refiere entre diferentes equipos de dragado, como en otras actividades a desarrollar en la Ampliación del puerto de Veracruz. Esto se debe a que en el capítulo de elección del equipo de dragado, se realizó un proceso en el que se tomó el tiempo necesario y se realizó con cuidado recopilando toda la información disponible. En primer lugar se llevó a cabo una correcta evaluación técnica, donde se utilizó como soporte, una base de datos en la que se analizaron las ventajas y los

Inconvenientes de los equipos disponibles, su interacción con las características del suelo, las dimensiones de la zona a dragar y las condiciones límite medioambientales, tales como las condiciones del mar, corrientes, climatología, navegabilidad y distancias de transporte. Posteriormente se realizó una evaluación económica basada en cálculos de producción y rendimientos. Todo ello incide directamente en el aspecto económico, por lo que ya se eligió la opción económicamente más saludable. El objetivo final de todo este capítulo anterior fue seleccionar la mejor solución posible, tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Por todo lo expuesto, en este capítulo vamos a exponer un precio aproximado de lo que costaran estas operaciones.

Cuadro de precios

Teniendo en cuenta los datos facilitados por el cuadro de precios referencia de ingeniería civil, este tipo de dragas tiene un precio aproximado por hora de alquiler de 565,56 €/H.

Tenemos que tener en cuenta que no es el tiempo en el que las dragas están en funcionamiento sino que es un alquiler.

En nuestro caso, hemos previsto que la primera fase de las operaciones de dragado se desarrollen en un total de 3 años o lo que es lo mismo 1095 días que traducido en horas son un total de 26.280.

Durante esta primera fase vamos a utilizar 4 dragas, por lo que teniendo en cuenta el precio de alquiler la hora y los días que necesitamos dichas dragas además del número de dragas, el presupuesto total en esta primera fase asciende a 59.451.667,2€, entorno a 59.5 millones de euros aproximadamente .

En cuanto a la segunda fase, esta se desarrollara, en cuanto a las operaciones de dragado, en año y medio, o lo que es lo mismo 13.140 horas.

En esta segunda fase utilizaremos 3 dragas y el precio del alquiler es exactamente el mismo.

El presupuesto destinado aproximado en esta segunda fase al dragado asciende a 22.297.528,8 €, entorno a 22.3 millones de euros.

Vamos a incluir un sobre coste del 2% debido a posibles sobre excavaciones que se pueden producir tanto a la hora de realizar bermas que no estaban incluidas en el proyecto inicialmente y modificación de taludes ascendiendo a un total y final de 83,44 millones de euros

Por lo que el presupuesto aproximado para el conjunto de las operaciones de dragado asciende a un total y final de 81.749.196 €, en torno a 83,44 millones de euros.