



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Escuela Técnica
Superior de Ingeniería
de Caminos, Canales y
Puertos



Trabajo final de Grado

ESTUDIO DE SOLUCIONES PARA LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE VERACRUZ (MÉXICO):

ESTUDIO DE LOS DRAGADOS

Grado en ingeniería civil

Autor: *Ibarrý Yelko Ekame Moreno*

Tutor: *Jose Cristobal Serra Peris*

Cotutor: *Josep Ramón Medina Folgado*

ESTUDIO DE LAS CANTERAS Y SUMINISTRO DE MATERIALES

Grado en ingeniería civil

Autor: Ernesto J. Ruiz Cotillas

Tutor: Jose Alberto Gonzalez Escriva

Cotutor: Jose Cristobal Serra Peris

Valencia, Septiembre 2016



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 1

Memoria

Ruiz Cotillas, Ernesto José	Ekame Moreno, Ibarry Yelko

DEFINICIÓN DEL TRABAJO.

EL presente estudio se engloba en un proyecto conjunto elaborado por un grupo taller de 6 alumnos sobre la Ampliación del Puerto de Veracruz.

Este en concreto atribuye a dos estudios:

- Estudio de Dragados
Autor: Ibarry Yelko Ekame Moreno
- Estudio de Canteras y suministro de materiales
Autor: Ernesto Jose Ruiz Cotillas

Con referencia a la división de trabajo realizado en el desarrollo de este trabajo académico, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

Todo estudio relacionado con dragado ha sido realizado por Ibarry Yelko Ekame Moreno, mientras que la parte relacionada con suministro de material la ha elaborado Ernesto Jose Ruiz Cotillas. EL resto de documentos englobados en el documento 1 y 2 son de autoría común.

A modo explicativo definimos en esta tabla los documentos realizados distintamente por cada alumno.

Documento	Autor
1. Memoria	Elaboración común. Ambos
2.1 Descripción de proyecto base	Elaboración común. Ambos
2.2 Estudios previos	Elaboración común. Ambos
2.3 Analisis de proyectos referentes	Elaboración común. Ambos
2.4 Planteamiento de alternativas	Elaboración común. Ambos
3. Desarrollo del estudio de Dragado	Ibarry Ekame Moreno
4. Desarrollo del estudio de canteras y suminitro	Ernesto J. Ruiz Cotillas
Plano nº1. Planta general	Elaboración común. Ambos



1. Memoria

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



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ÍNDICE

1.	Objetivo del estudio	2
2.	Descripción del proyecto base.....	2
2.1	<i>Localización</i>	2
2.2	<i>Situación actual del puerto</i>	3
2.3	<i>Justificación de la actuación</i>	4
3.	Datos de partida.....	4
4.	Estudios previos.....	5
4.1	Batimetría.....	5
4.2	Topografía	5
4.3.	Clima	6
4.4.	Condiciones geológicas	6
4.5.	Características geotécnicas	6
4.6.	Hidrología superficial	7
5.	Planteamiento de soluciones al trazado.....	7
6.	Desarrollo del estudio. Dragado.....	9
6.1	Introducción.....	9
6.2	Operaciones previas	10
6.2.1	<i>Áreas de fondeo</i>	10
6.3.	Caracterización del entorno.....	12
6.3.1	<i>Investigación del lugar de dragado</i>	12
6.4.	Zonas y cuantificación del volumen de dragado	13
6.5.	Aprovechamiento del material de dragado.....	15
6.6.	Disposición del material de dragado: Rellenos	15
6.7	Método de elección.....	16
6.8	Draga de succión en marcha.....	17
6.9	Taludes sumergidos y bermas.....	17
6.9.1	<i>Taludes</i>	17
6.9.2	<i>Bermas de estructuras</i>	18
6.10	Programa de trabajos y producción.....	18
6.11	Justificación económica.....	18

7. Desarrollo del estudio de canteras y suministro de materiales.....	19
7.1 Información previa.....	19
7.2 Habilitación de la zona	20
7.3 Material de origen en cantera	21
<i>7.3.1 Justificación económica en la elección de vía de transporte..</i>	<i>22</i>
<i>7.3.2 Calculo de volúmenes.....</i>	<i>23</i>
7.4 Material de elaboración in situ	23
<i>7.4.1 Especificaciones del material.....</i>	<i>23</i>
<i>7.4.2 Calculo de volúmenes.....</i>	<i>24</i>
7.5 Medios de colocación.....	25
<i>7.5.1 Colocación de rocas en cuerpo de rompeolas.....</i>	<i>25</i>
<i>7.5.2 Colocación de elementos prefabricados en cuerpo</i>	<i>25</i>
7.6 Valoración económica	25
8. Documentos de que consta el estudio.....	26
9. Material de apoyo. Bibliografía.....	26

1. Objetivo del estudio

En el presente estudio desarrollamos la definición, análisis y valoración de dos partes específicas del proyecto de ampliación del puerto de Veracruz, en México.

- Estudio sobre el dragado para la nueva construcción del puerto.
- Estudio de las canteras y suministro de materiales de la actuación.

Estos análisis quedan englobados en un proyecto común general que abarca todas las obras necesarias para la ampliación.

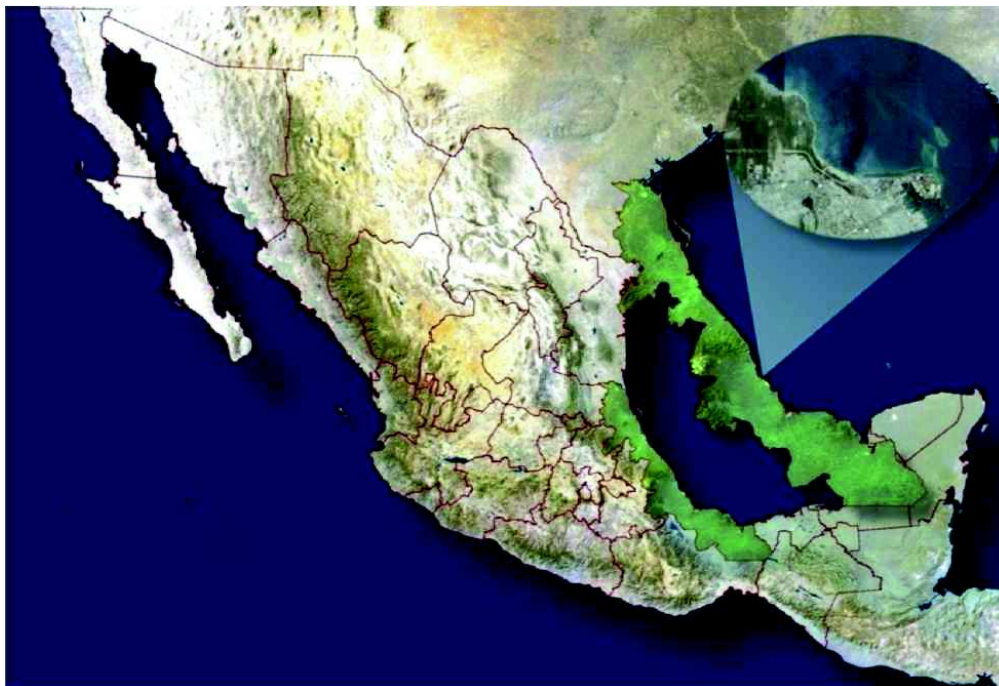
Ello nos lleva a iniciar una descripción general del proyecto y una valoración de su procedimiento acorde a los estudios específicos desarrollados y posteriormente el desarrollo de cada estudio específico.

2. Descripción del proyecto base.

2.1 Localización.

El proyecto objeto de estudio consiste en la Ampliación del Puerto de Veracruz en la Zona Norte. La ubicación del mismo se pretende disponer en la bahía de Vergara, justo al norte del recinto portuario actual, la cual se sitúa en el municipio de Veracruz, en el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. En la siguiente imagen se muestra la ubicación de la ampliación:

Figura 1. Emplazamiento de la ampliación del puerto



2.2. Situación actual del puerto.

El Puerto de Veracruz es considerado como el principal puerto comercial del país, sin embargo, actualmente enfrenta una grave limitante por falta de espacios para la ampliación de su infraestructura portuaria, de servicios y de desalojo de mercancía.

Desde la década pasada, el dinámico comercio mundial ha generado que los puertos sean puntos estratégicos comerciales, lo que para el caso del puerto de Veracruz representa un importante incremento de movimiento de carga de importación y exportación de la economía nacional e internacional.

A nivel nacional, Veracruz es uno de los principales puertos del país por donde se mueven las mercancías del comercio exterior con alto valor comercial sin incluir el manejo de petróleo.

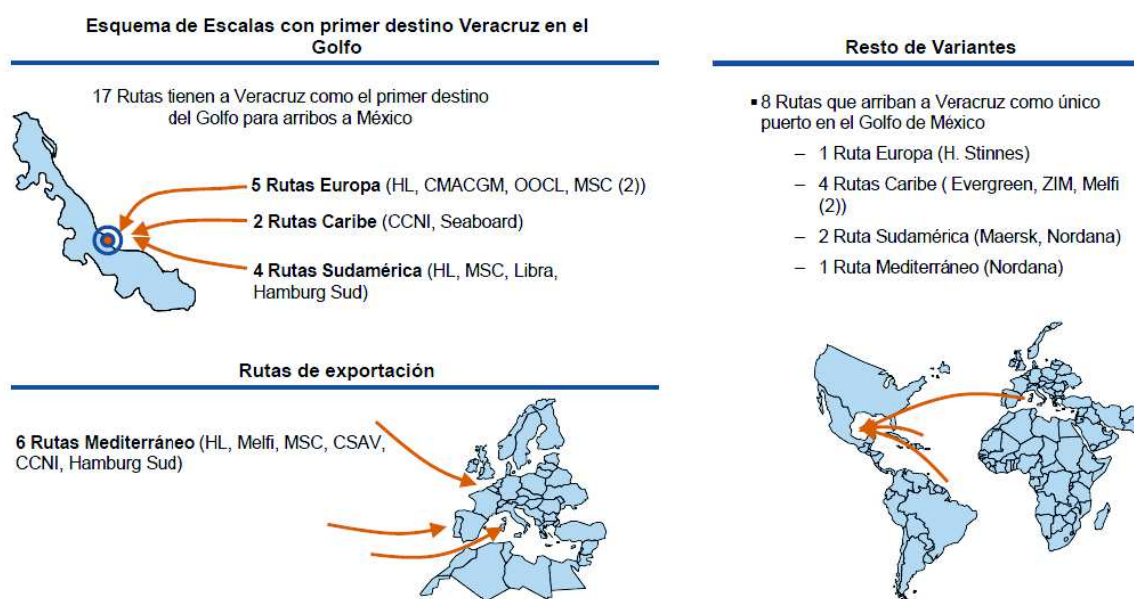
Considerando el movimiento registrado en los puertos comerciales durante 2010, Veracruz participa con el 12% en tonelaje y el 11.26% en número de buques (sin incluir petróleo) a nivel Nacional.

A nivel internacional, el Puerto de Veracruz tiene más de 60 servicios marítimos regulares que cubren los continentes de América, Europa y África, donde Estados Unidos, Alemania y Colombia son los principales países generadores de carga. Estos servicios y alcances hacen de Veracruz uno de los puertos con mejor conectividad marítima de todo México.

Es importante destacar que 8 de las rutas comerciales que transitan por el Golfo de México tienen a Veracruz como único puerto de escala de tráfico marítimo.

Actualmente los productos con origen y destino el Golfo de México son atendidos en los principales puertos y terminales ubicados en Houston, New Orleans, Gulfport, Tampa, Veracruz y Altamira, lo que le da a dicho recinto portuario una gran relevancia respecto al comercio marítimo mexicano.

Figura 2. Escalas con primer destino Veracruz en el Golfo de México



2.3. Justificación de la actuación.

El desarrollo de este proyecto obedece a la necesidad inmediata de atender los incrementos sustanciales de carga que llegan al puerto, aunado al crecimiento global de la economía y de nuevas tecnologías de transporte de mercancía, las cuales se ven reflejadas en buques de mayores dimensiones con mayores necesidades de infraestructura portuaria, obteniendo una disminución en los costos por transporte y permitiendo la diversificación de clientes en Canadá, Argentina, Europa y Brasil

Con la ampliación se verían solventadas carencias que el actual puerto no podría solventar. Además de esto, de acuerdo a los diversos estudios para definir el sitio idóneo para tal fin, se concluye que la zona norte es la que presenta mejores condiciones técnicas de acuerdo a diversos factores, entre los que destacan los siguientes:

- Presenta menor impacto negativo al ambiente
- Esta claramente comunicado con el puerto actual
- Se evitan aglomeraciones de tráfico urbano y de carga
- Se crean las condiciones propicias para su desarrollo a futuro.
- Existen áreas en tierra adecuadas para el desarrollo de las líneas de negocio relacionadas con la logística de mercancías.
- No hay problema de propiedades presentes.

3. Datos de partida.

Como datos de partida para empezar a desarrollar este estudio se tienen los documentos que conforman el proyecto base redactado con el fin de llevar a cabo las obras de ampliación del actual puerto de Veracruz (México).

Para el desarrollo de este estudio de soluciones, se tomarán los datos que sean necesarios de dicho proyecto base (concretamente de la Declaración de Impacto Ambiental).

Puesto que previo a la redacción de este estudio se ha realizado un estricto análisis de la documentación incluida en el proyecto, se han detectado diversas incongruencias e indefiniciones, así como datos erróneos (por ejemplo en cuanto al oleaje).

Necesitábamos uno datos iniciales, y por ello se ha decidido redactar un documento llamado “Análisis de proyectos referentes” en el que se comentan aspectos sobre la información precedente a la elaboración de los presentes estudios.

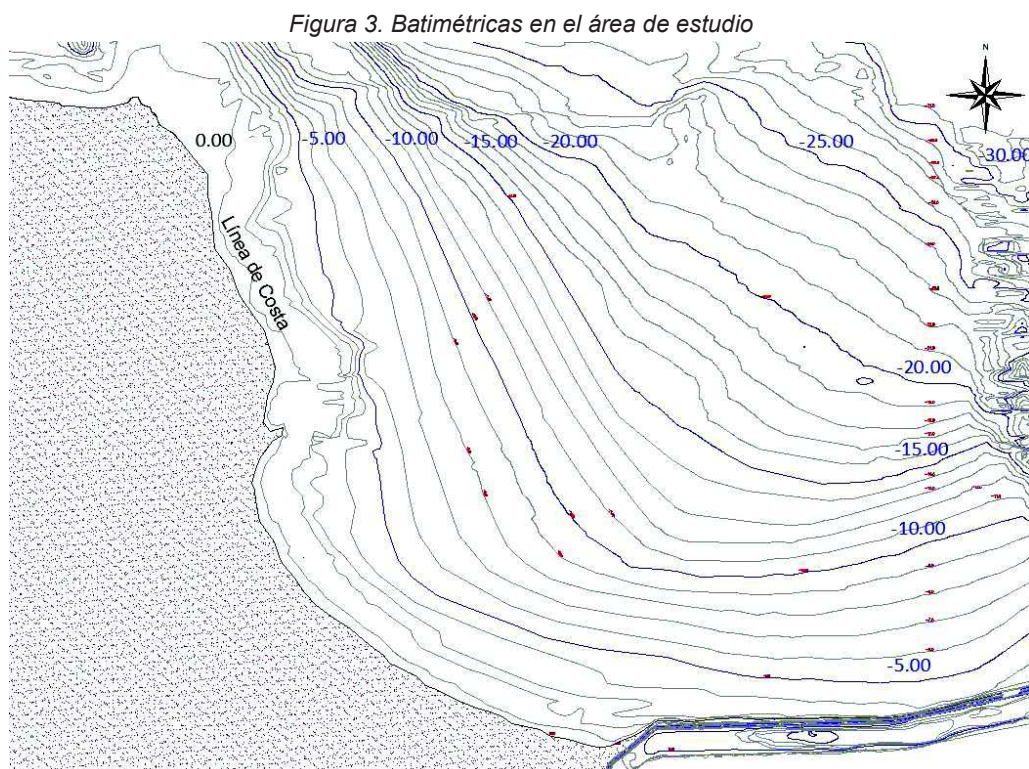
Por tanto, los datos empleados para llevar a cabo este estudio se han tomado del proyecto base, teniendo en cuenta las deficiencias comentadas, y de información extra de un proyecto referente de cálculo de los rompeolas efectuado por dos de nuestros compañeros.

4. Estudios previos.

Previo a los estudios referentes a la ejecución del proyecto se requiere información del estado de la zona a construcción. La información aportada por la Declaración de impacto ambiental y varios soportes de información en web de detalla en el documento “2.2 Estudios Previos”

4.1. Batimetría.

El proyecto base nos proporciona un plano de batimetría de la bahía.



Las líneas paralelas a la costa nos muestran una claridad en el análisis de las profundidades.

Aunque el oleaje será cambiante y poco previsible por lo cerrado de la zona, las líneas batimétricas nos servirán de apoyo para las decisiones sobre la maquinaria de dragado y los calados de los buques que intervendrán en el proceso constructivo en la bahía.

4.2. Topografía.

El área corresponde a la parte central del Golfo de México, dentro de la Planicie Costera del Golfo, que se caracteriza, en la región, por el desarrollo de planas aluviales y de lodo, por la construcción de montículos eólicos a lo largo del cordón litoral y por la formación de lagunas marginales separadas del mar por una barra pre litoral.

4.3 Clima.

Su clima es tropical, con una temperatura media anual de 25.3°C; con lluvias abundantes en verano y a principios del otoño.

El dato de precipitación media anual es de 1,669.2 milímetros.

4.4 Condiciones geológicas

Morfológicamente el área está conformada por lomeríos acordonados de bajo relieve constituidos por arenas de médano. Particularmente, en la zona afloran superficialmente una unidad sedimentaria constituida por depósitos eólicos del cuaternario reciente, así como depósitos acomodados por la acción de la alta marea.

En esta provincia predominan los materiales sedimentarios marinos no consolidados tales como arcilla, arena y conglomerado.

4.5 Características geotécnicas y estratigráficas.

Los estudios de APIVER (autoridad portuaria del puerto de Veracruz) realizaron una serie de sondeos con el fin de caracterizar los estratos para la zona de ubicación del rompeolas y para las zonas a dragar que fueran necesarias.

Obtuvieron de esa forma una caracterización exacta del terreno bajo mar.

La exploración del subsuelo se realizó a través de 55 sondeos, los cuales se distribuyeron en la zona de estudio de la siguiente manera: 30 sondeos a lo largo del área de muelles, 13 sondeos en la zona de dragado y 12 sondeos para el área destinada a las escolleras.

El procedimiento para la caracterización y definición de los estratos se basó en el análisis de los resultados obtenidos en los ensayos de campo y laboratorio de acuerdo a la clasificación de los suelos (SUCS) con base en los resultados de las humedades naturales, granulometrías, contenidos de finos y límites de Atterberg.

4.6 Hidrología superficial

El Sistema Ambiental Regional se encuentra ubicado en la Región Hidrológica "Papaloapan" que abarca gran parte de la porción centro sur de Veracruz. Las corrientes que la integran tienen una disposición radial y paralela, controlada por algunas elevaciones de la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcanico. Las cuencas que la conforman son: "Papaloapan" y "Jamapa".

La zona presenta un volumen de lluvia de 17,672 millones de m³ anuales y una escorrentía virgen de 7,562 millones de m³. Los ríos Actopan, La Antigua y Jamapa no destacan precisamente por ser muy caudalosos; sin embargo, La Antigua abastece a numerosas unidades de riego. Dentro de toda la Región, el río La Antigua es el que presenta un mayor volumen de extracción superficial de agua para riego

Es importante extraer del estudio hidrológico que la escorrentía que tiene influencia en la dinámica litoral de Bahía de Vergara se encuentra fuera de su cuenca hidrológica, al norte de la bahía, ya que en esta no se encuentran escorrentías de importancia. El río La Antigua aporta gran parte del material terrígeno que es acarreado por el transporte litoral, así como el agua que es transportada por la corriente superficial, lo cual es un factor de importancia en la calidad del agua en la bahía.

5. Planteamiento de soluciones al trazado

Se pretende describir de forma detallada cada una de las diferentes alternativas que se plantean con referencia al trazado de los diques, y por tanto a su distribución en planta sobre el plano.

Mediante la información precedente nos instaban a un procedimiento y una configuración de los diques concretas. A partir de este momento, realizamos un estudio para valorar si existe una alternativa al trazado de los diques diferente a la propuesta.

En el proyecto base nos definen la siguiente configuración del dique. El trazado definido que se presenta consta de dos diques (Poniente y Oriente) de construcción en dos fases temporales.

Figura 4. Diseño en planta del proyecto base



A partir de dicho planteamiento, las diferentes alternativas consistirán en modificaciones del mismo para valorar si podría ser una solución más óptima que la proporcionada.

Se proponen:

- *Alternativa 0.*
Consiste en la no modificación del proyecto y por tanto en realizar la solución el proyecto base. Ejecución en dos fases. Primero el dique de Poniente y posteriormente el dique de Oriente.
- *Alternativa 1.*
Con el mismo trazado que en el caso base se propone realizar las obras simultáneamente en una única fase. En este caso, se llevaría a cabo simultáneamente la ejecución de los dos diques.

La tercera opción que constaría de la modificación del diseño en planta es descartada en el análisis por razones de falta de información y de no poder ser comparable cuantitativamente.

Por tanto se valorarán una serie de ventaja e inconvenientes de cada una de las fases (incluyendo aspectos de dragado y suministro de material) y posteriormente se procede a un análisis multicriterio que nos ofrezca resultados con valoración numérica.

Los criterios de evaluación utilizados son:

- Criterios Medio Ambientales

Se considerará que la opción que presente una afección o impacto menor al medio ambiente será la opción con mayor valoración dentro de estos criterios. Se pondera con el 25 % del global.

- Criterios Económicos

El criterio de elección teniendo en cuenta el aspecto económico será analizar cuál de las alternativas es más económica; diferenciando entre la inversión inicial y el coste total de ejecución de las obras. 55% del global

- Criterios Constructivos

Se asignará una valoración mayor a aquella alternativa que mayor simplicidad en el programa de trabajo presente. 20% del global.

Tras el análisis completa y numérica se determina que la *“Alternativa 0”* es la más ventajosa, aunque con una pequeña diferencia respecto a la *“Alternativa 1”*.

En este caso concreto y específicamente para las tareas del presente proyecto, nos presenta como solución optima la *“Alternativa 0”*.

Por tanto se completara el estudio de dragado y suministro de materiales para una obra de ejecución en dos fases.

6. Desarrollo del Estudio de dragado.

6.1 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.

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.

6.2 Operaciones previas

Para poder definir bien las áreas de fondeo y elegir la opción mas adecuada según fase en la que nos encontremos del proyecto se contrató un estudio de maniobrabilidad.

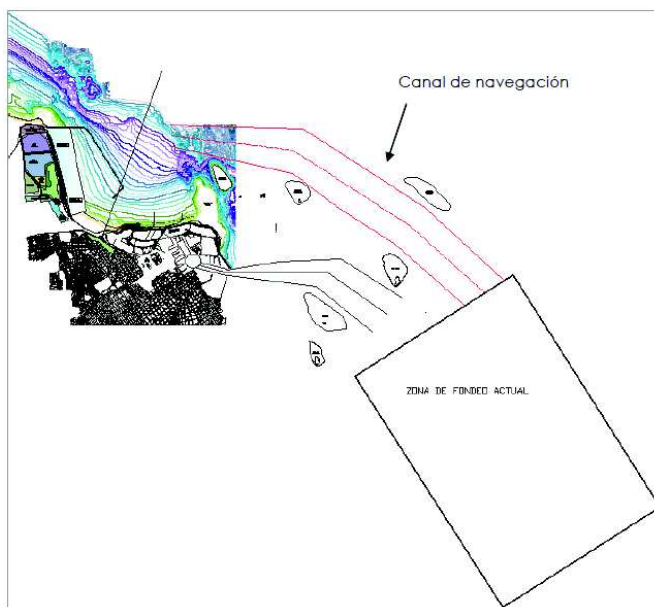
Tras los datos arrojados de este estudio se llegó a las siguientes conclusiones :

6.2.1 Áreas de fondeo.

Primera opción de zona de fondeo

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.

Figura 5. Primera opción de zona de fondeo



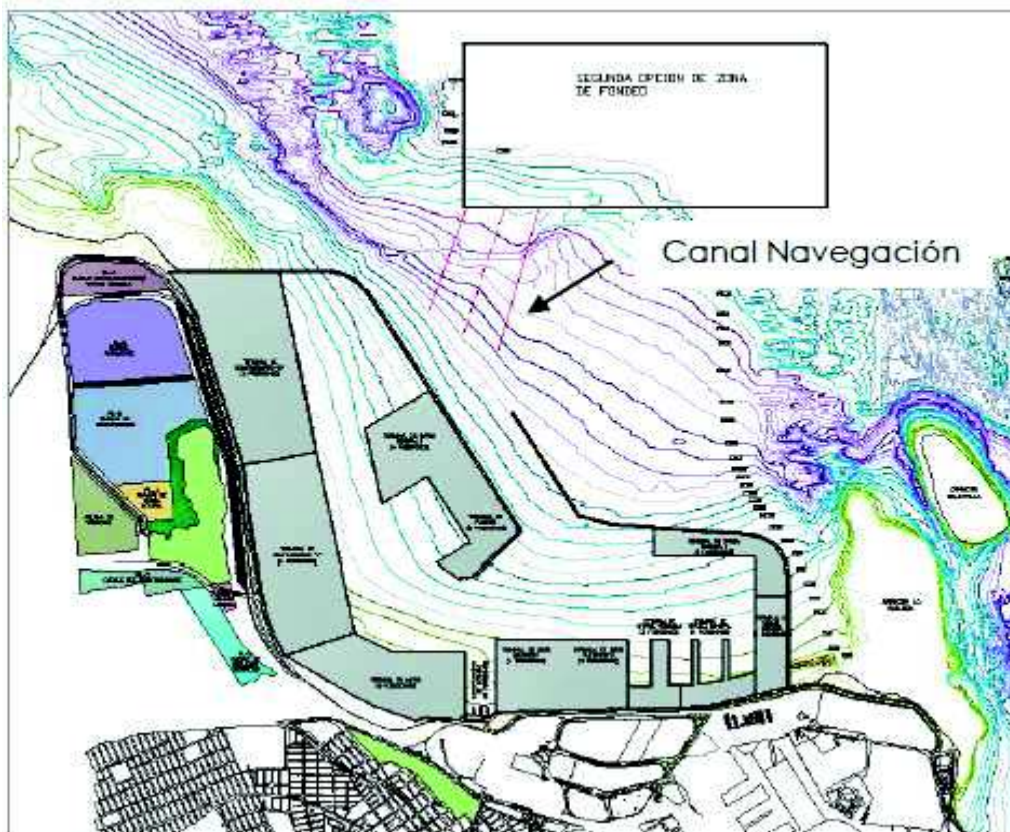
Del estudio de maniobrabilidad se desprendió que durante la primera fase esta zona de fondeo era la mas adecuada puesto que los canales naturales de navegación contaban con los anchos requeridos y esta solución era mas conveniente que utilizar la segunda opción para la zona de fondeo puesto que en esta segunda opción tendría que realizarse dos canales de navegación para acceder al área de fondeo durante la primera fase de las obras de dragado.

Segunda opción de zona de fondeo

La segunda opción es situar al noroeste del nuevo emplazamiento de la zona portuaria el área de fondeo.

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.

Figura 6. Segunda opción de zona de fondeo



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.

6.3 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 de los terrenos que nos permitan predecir la aplicabilidad y los rendimientos de los equipos de dragado.

6.3.1 Investigación del lugar de dragado.

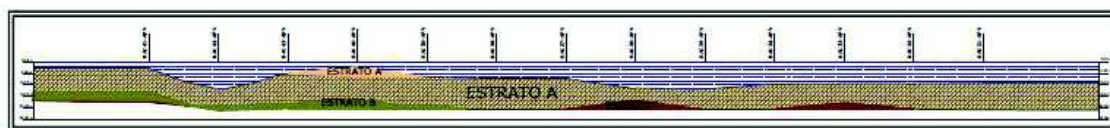
La **Administración Portuaria Integral de Veracruz S.A. de C.V. (APIVER)**, asignó a la empresa **Geotecnia y Supervisión Técnica S.A. de C.V. (GEOTEST)** llevar a cabo la caracterización geotécnica de la zona de proyecto, debido a la necesidad de determinar las características geotécnicas del subsuelo del sitio donde se planea llevar a cabo las operaciones de dragado.

En 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.

Y se obtuvo la siguiente estratigrafía de la zona de dragado :



6.4 Zonas y cuantificación del volumen 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

Fase II

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

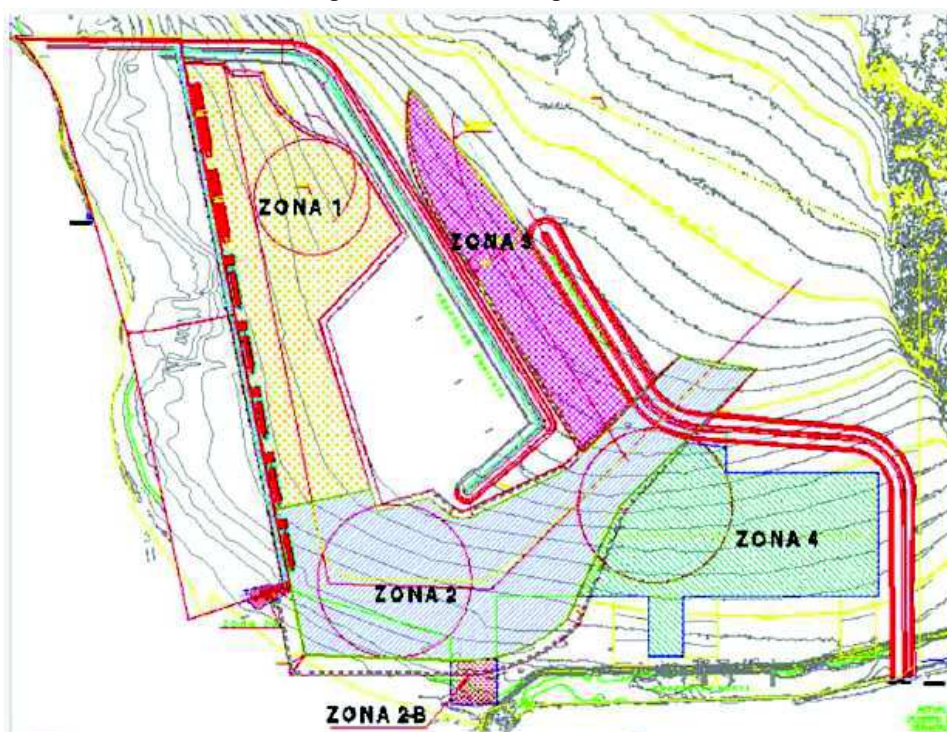
Fase I + Fase II

Zona	Volumen
Rompeolas Poniente	1 293 539 m ³
Rompeolas Oriente	7 595 965 m ³
Zona 1	10 136 504 m ³
Zona 2	18 107 558 m ³
Zona 3	1 293 539 m ³
Zona 4	7 595 965 m ³
Total	37 929 854

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.

Figura 7. Zonas de dragado



6.5 Aprovechamiento del material de dragado

Durante este capítulo desarrollaremos un sistema para la caracterización y definición del material de dragado para poder decidir si este es apto o no para ser utilizado en los rellenos u otras actividades dentro de nuestra obra de Ampliación del puerto de Veracruz.

Finalmente se concluyó , que el material era apto para ser aprovechado.

6.6 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

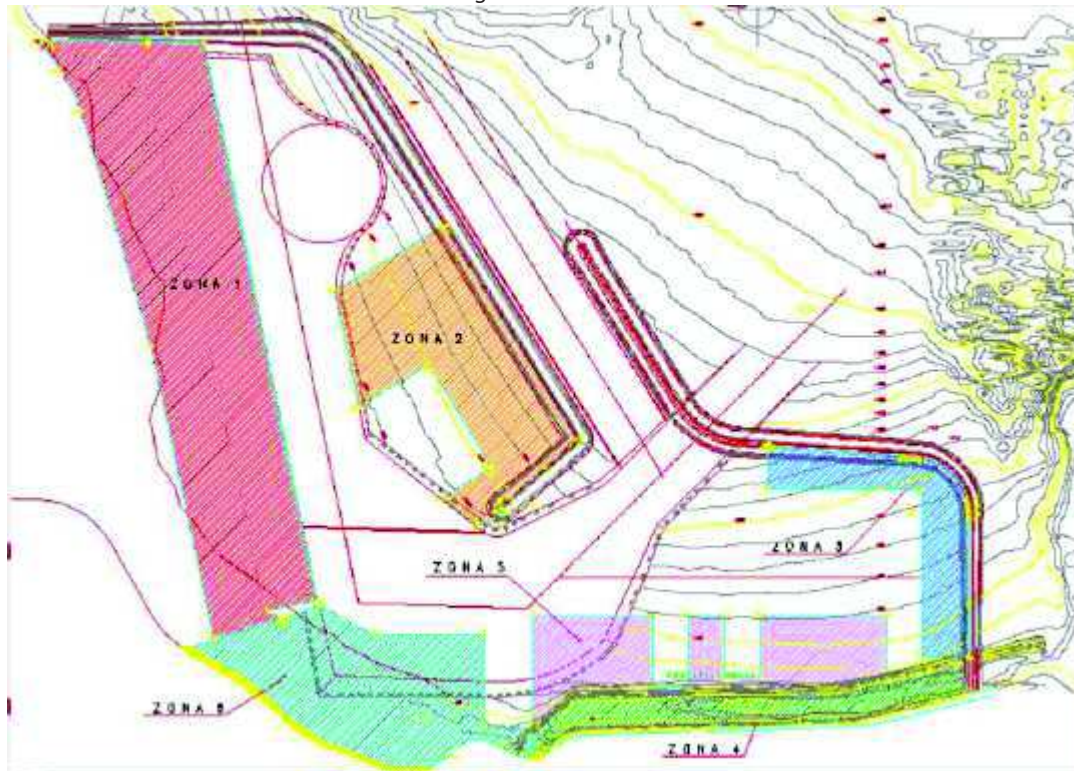
Muelle de contenedores	12 309 681m³
Zona Poniente	13 260 535m³
Rompeolas Poniente	2 993 991m³

Fase II

Resto de la Infraestructura	9 365 757m³
-----------------------------	-------------------------------

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

Figura 8. Zonas de relleno



6.7 Método de elección.

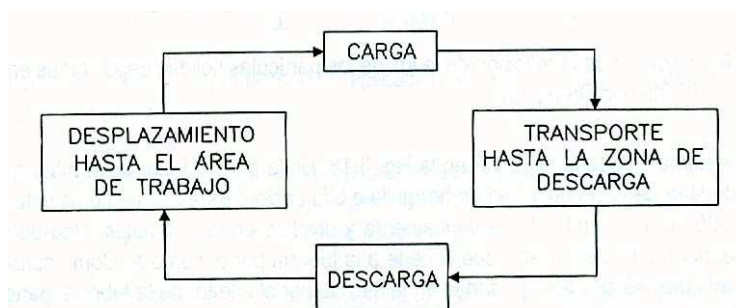
A la hora de seleccionar el equipo de dragado más conveniente para realizar las operaciones de dragado se debe empezar analizando las características del material que se va a dragar, las condiciones del emplazamiento donde se va a llevar a cabo el proyecto u el tipo de operaciones de dragado que se piensa 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.

Para elegir el método de dragado más conveniente, se tuvieron en cuenta diversos factores que inciden directamente en el rendimiento de los equipos de dragado y en consecuencia tendrán un impacto económico en el proyecto general.

De la conclusión del método de elección del equipo de dragado, se concluyó que la mejor opción tanto a nivel técnico como económico era utilizar dragas de succión en marcha que se adaptasen a las condiciones de las zonas de dragado. Las especificaciones técnicas de dichas dragas los encontraremos en el capítulo de “draga de succión en marcha”.

6.8 Draga de succión en marcha

En este capítulo hacemos una descripción de las especificaciones técnicas de la draga que vamos a utilizar así como del modo de ejecución de estas dragas así como su ciclo de trabajo.



6.9. 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.

6.9.1 Taludes

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 taludes casi verticales, cuya pendiente no dependerá del material sino de parámetros relativos a la ejecución de los trabajos.

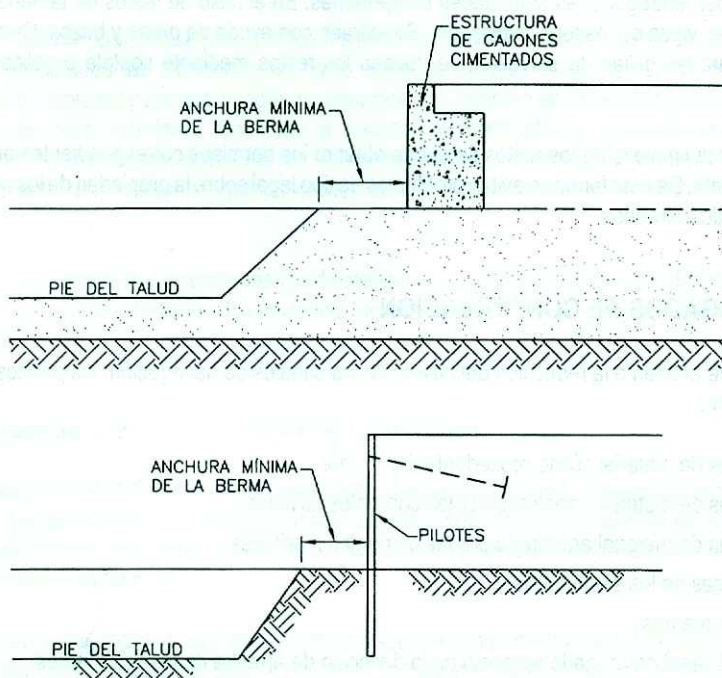
Debido a la forma de operar de la mayoría de los equipos de dragado, resulta muy complicado excavar el terreno con pendientes que se estipulan en los planos de proyecto. Por lo que es habitual estudiar la posibilidad de realizar excavaciones más sencillas en las que se tiene en cuenta que los posteriores desprendimientos dejaran 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.

6.9.2 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 nuestro caso tenemos varias zonas comprometidas, que se marcarán en el mapa y se hará un análisis de las precauciones técnicas que debemos tomar para realizar las operaciones de dragado.

Figura 9. Estructuras de bermas



6.10. Programa de trabajos y producción

En estos capítulos, se expone el programa de trabajos general de la obra de Ampliación y se especifican los plazos para las operaciones de dragado para ambas fases.

Seguidamente se expone un método de cálculo de la producción de una draga de succión en marcha y finalmente se calcula el número de equipos a alquilar para cumplir los plazos estipulados.

6.11. Justificación económica

Finalmente se hace una valoración económica de las actividades de dragado, apoyándonos en los cuadros de precios y haciendo cálculos aproximados para el presupuesto que se debe destinar a estas actividades.

7. Desarrollo del Estudio de canteras y suministro de materiales.

Consiste en un estudio específico sobre los materiales a utilizar en el proyecto de ampliación del puerto de Veracruz..

Así, de forma detalla se realiza un análisis de las canteras, plantas y formas de transporte y colocación de los materiales en obra. En definitiva, se muestra descriptivamente el proceso y la preparación de todos los elementos que formaran los rompeolas definidos en los proyectos referentes.

7.1. Información previa

Como datos de partida tendremos ciertas informaciones y estudios de la zona, que junto a la alternativa elegida en el documento 2.4 (proceso de ejecución en dos fases) nos dan el inicio para diseñar el proceso de suministro de materiales acorde a dichos supuestos.

Planteamos ciertos datos de partida proporcionamos y que atienden a :

- *La distribución de los materiales en los diques.*

El proyecto referente nos proporciona las secciones de los diques diseñadas y su distribución del material en cada una de ellas. Con todo ello podremos obtener posteriormente el cálculo de los volúmenes necesarios de cada material y poder hacer un estudio de su viabilidad económica según los lugares de origen y la vía de transporte.

- *Características particulares de los materiales.*

Se definen una características específicas de los materiales a utilizar, entre otras la densidad, la porosidad, el resultado a ensayos de resistencia y consistencia.

En esta tabla se muestra a modo resumen los que se emplearan para el cálculo de material necesario:

Material	Elemento	Densidad	Porosidad
Hormigón	Cubipodo	2,3 Tn/ m ³	40%
	Cubo	2,3 Tn/ m ³	40%
Roca	Espaldón	2,7 Tn/ m ³	0%
	Escollera	2,7 Tn/ m ³	38%
	Todo uno	2,7 Tn/ m ³	35%

- *Procedencia de los materiales.*

Por medio del requerimiento de la autoridad competente, para los materiales utilizados en la elaboración de las obras, y por consiguiente en la construcción de los rompeolas, se buscará preferir la adquisición con las empresas materialistas locales y regionales. Fomentando así, la detonación de actividades económicas adicionales en la zona.

Por ello, en la elección de los yacimientos de origen del material se ha de considerar esta especificación.

- *Procedencia de los materiales.*

Por medio del requerimiento de la autoridad competente, para los materiales utilizados en la elaboración de las obras, y por consiguiente en la construcción de los rompeolas, se buscará preferir la adquisición con las empresas materialistas locales y regionales. Fomentando así, la detonación de actividades económicas adicionales en la zona.

Por ello, en la elección de los yacimientos de origen del material se ha de considerar esta especificación.

- *Distribución de los accesos.*

Se pretende hacer un estudio de las vías de comunicación que existen entre los puntos del país y el puerto para poder evaluar las zonas más adecuadas y comunicadas para el transporte de materiales. Diferenciamos:

- Enlaces marítimos
- Enlaces terrestres

7.2. Habilitación de la zona.

Previo al inicio de las actividades en la bahía, la zona debe prepararse adecuadamente para el inicio de las actividades de proyecto. Se deberá cerrar el acceso público a ésta con el objeto de reducir la probabilidad de accidentes a transeúntes y mitigar los efectos temporales que sobre el paisaje tendrán la presencia de maquinaria y equipo, como parte de los procesos constructivos.

Se definirá una serie de tareas o restricciones a cumplir antes del comienzo de las tareas de suministro y explotación, y por tanto antes de la ejecución de la obra.

7.3. Materiales con origen en cantera.

Como hemos concretando, debemos buscar bancos y empresas locales para la extracción del material. Previo estudio de la zona, se desarrolla un análisis en varios puntos donde cumplen los requisitos especificados a los banco de roca basáltica.



Figura 9. Localización de las zonas de cantera disponibles

Posteriormente y conociendo las posibilidades se procede a un estudio de cada una de ellas definiendo el material que proporcionan, su localización y su comunicación hasta el puerto de Veracruz, definiendo distancia y tiempo de transporte.

Las canteras posibles son:

- Actopan: 90km vía terrestre
- Alto Lucero: 100 Km vía terrestre
- Playa Lucero: 75 km vía marítima
- Balzapote: 200 km vía terrestre

7.3.1 Justificación económica en la elección de la vía de transporte.

Aunque hemos definido el origen de los materiales pétreos y las especificaciones de proyecto sobre los equipos disponibles de transporte. Así pues, debemos proceder a contemplar las opciones de transporte posibles valorando su viabilidad, coste y tiempo de ejecución para distribuir y programar el transporte de la forma más eficiente.

Este estudio resulta vital pues la optimización de recursos es la base de un proyecto. En el se plantea las diferentes soluciones mediante cálculos de precios, sabiendo el equipo necesario y el volumen total de material y obteniendo la vía mas factible para que el material se transportado.

Transporte desde Playa muñeco

El yacimiento de playa muñeca es totalmente costero y cuenta con un muelle cargadero ya construido por tanto se plantea el estudio de si resulta mas económica el transporte terrestre o marítimo, siendo este ultimo el más adecuado para nuestro proyecto.

Transporte desde Alto Lucero

Para el caso de las canteras interiores de Alto Lucero, su distancia al cargadero en playa muñeco es de 95 km, aproximadamente la misma distancia que existe al puerto de Veracruz, por tanto, directamente concluimos que el transporte terrestre es la mejor opción.

La justificación es clara puesto que añadiríamos el precio del transporte marítimo a un transporte terrestre que nos da el mismo coste que únicamente este último hasta el lugar final del material

Transporte desde Actopan

Para los bancos de la zona de Actopan sí que podemos hacer un análisis sobre la viabilidad el transporte combinado puesta que la distancia al cargadero es de 55 km y la distancia total a puerto d Veracruz es de 90 km.

Se baraja pues la posibilidad del transporte combinado (tierra y mar) frente al únicamente terrestre.

Tras el estudio económico, elegimos la opción del transporte terrestre.

7.3.2 Cálculo de volúmenes.

A raíz de las configuraciones de los rompeolas establecida en el apartado 2.1 (datos de partida. Sección de diques) obtenemos el volumen necesario a aportar de cada material distribuyéndolo en fases.

Esta distribución hace más visible para la empresa suministradora la necesidad de cada material clasificado, acorde con el tramo que se está ejecutando.

Para el cálculo del volumen partimos de los planos de proyecto con el valor del área de sus secciones y la longitud de cada tramo. Posteriormente se calculara el volumen real teniendo en cuenta la porosidad definida en el apartado 2.2 y que se recuerda en las tablas siguientes.

7.4 Materiales de elaboración in situ.

El resto de elementos constituyentes de los rompeolas son los prefabricados (cubos y cubípodos), además del hormigonado del espaldón y la losa posterior. Por tanto, el suministro de hormigón conlleva un suficiente volumen para integrar un plan de elaboración in situ, diseñando y habilitando una planta de hormigón completa, cuyas partes se detallan en posteriores párrafos.

Se procede a definir como serán esas partes que pertenecen a la zona y que constara de:

- Planta de trituración de grava
- Planta de fabricación del hormigón
- Parque de prefabricados
- Patio de acopios.

7.4.1 Especificaciones del material.

Los elementos prefabricados de hormigón son los que compondrán la capa resistente de los rompeolas. En el proyecto se definen cubos y cubípodos en diferentes capas para ambos diques.

Cubípodos del proyecto.

Peso (Tn)	28	33	41	42	60	77	91	122	158	187
Diámetro nominal (m)	2,3	2,43	2,61	2,63	3,97	3,22	3,41	3,56	3,88	4,11

Cubos del proyecto.

Peso (Tn)	5	8	10	13	16	20
Diámetro nominal (m)	1,3	1,52	1,63	1,78	1,91	2,1

Por otra parte, hay una cantidad e hormigón que se destina a la construcción de los espladones y que presentan las siguientes características:

- Hormigón con tamaño de árido grande (hasta 120 mm)
- Baja relación agua /cemento
- Hormigón de consistencia seca

Es importante resaltar que la utilización de este hormigo conlleva emplear sistemas que permitan la puesta en obra del hormigón de consistencia seca y árido grueso, como son la colocación con cinta o cazo, el vertido directo, etc.

Estos hormigones no son bombeables y por tanto se necesitarán equipos potentes de vibrado.

7.4.2 Cálculo de volúmenes.

Como en el caso anterior, ya tenemos los datos de partida suficiente para conocer el volumen de hormigón requerido.

Así, durante la **fase 1**. Dique de Poniente, la planta deberá generar **1.001.908 m³** de hormigón de los cuales 450.561 son para posterior colado y elaboración de piezas de la capa protectora.

El resto, 551.447 m³ de de hormigón de consistencia son transportados en cuba por vía terrestre y colocados sobre los encofrados del espaldón en el momento de su construcción.

Durante la **fase 2**. Dique de Oriente, la planta deberá generar **1.167.9769 m³** de hormigón de los cuales 433.933 son para posterior colada y elaboración de piezas de la capa protectora.

El resto, más de 733.836 de hormigón de consistencia son transportados en cuba por vía terrestre y colocados sobre los encofrados del espaldón en el momento de su construcción.

7.5 Medios de colocación

7.5.1 Colocación de rocas en cuerpo de rompeolas.

La colocación del material con origen en banco de préstamo se ejecutara por medios marítimos y terrestres atendiendo a la fase de construcción.

Para la fase inicial de configuración del núcleo cada rompeolas procederemos a hacerlo por vía marítima. Para ello será necesario la utilización del cagadero provisional instalada en la bahía.

El vertido del núcleo se ejecutará con gánguiles por fondo y laterales. Estos últimos ofrecen una mayor precisión, ya que la velocidad de caída y el control de esparcimiento son inferiores.

Para los elementos de núcleo por fase terrestre, se procederá al vertido directo de dumpers o camiones, además de una máquina de empuje para el avanza que evite posibles riesgos de vuelco.

La colocación de rocas se hará con grúas equipadas con pinza, pulpo o bandeja, que se carga con una pala desde el rompeolas. Un punto importante en este vertido es el ancho de coronación y la cota de trabajo. Ambos valores están relacionados por la pendiente del talud de la sección a construir.

7.5.2 Colocación de elementos prefabricados en cuerpo de rompeolas.

Los elementos prefabricados que constituyen la coraza o capa resistente se colocarán por vía terrestre. La necesidad de colocación más exacta de los elementos y organización y la secuencia constructiva en la que el núcleo nos sirve de camino de servicio nos facilita esta elección.

7.6 Valoración económica de la extracción y suministro del material.

A partir de las tablas de volúmenes definimos el material necesario para cada fase de construcción y obtenemos su valor de obtención y de transporte en el caso de material de origen pétreo, y el valor de suministro del hormigón de la planta, ya sea en elemento prefabricado o en construcción del espaldón.

Se ofrece un desglose de precios atendiendo a cada fase y tipo de material y considerando tanto el precio de extracción como el coste de transporte.

Como resultado al presupuesto relacionado con el suministro tenemos:

Material extraído de cantera suministrado a destino puerto de Veracruz: 117.526.000€

Material elaborado in situ suministrado a destino puerto de Veracruz: 147.757.365€

8. Documentos de que consta el estudio

- **Documento 1:** Memoria
- **Documento 2:** Planteamiento de soluciones.
 - 2.1 Descripción de proyecto base
 - 2.2 Estudios previos
 - 2.3 Análisis de proyectos referentes
 - 2.4 Planteamiento de alternativas
- **Documento 3:** Desarrollo del Estudio. Dragados.
- **Documento 4:** Desarrollo del Estudio. Canteras y suministros de materiales
- **Anejo Planos**

9. Bibliografía. Material de apoyo.

- “Recomendaciones del diseño y ejecución de las Obras de Abrigo” en su edición de 2009, de las Recomendaciones para Obras Marítimas (ROM 2.0N11) de Puertos del estado, editado por el Ministerio de Fomento de España.
- VIDAL MARTÍN, R y PARIS SOLAS, C (1997) .: “Equipos de dragado (2) Equipos mecánicos y complementarios”. Conferencia 6. Curso General de Dragados. Entes Publico Puertos del Estado.
- VIGUERAS GONZALEZ , M (1997) .: Organización y ejecución de las obras” . Conferencia 7. Curso General de Dragados . Entes Publico Puertos del Estado.
- VIGUERAS GONZALEZ , M y PEÑA CONDE, J.:” Dragas y Dragados “.Entes Publico Puertos del Estado.
- R.N Bray , A.D Bates y J.M. Land (1997):. Dredging:a Handbook for Engineers” 2nda Edición . Arnold.
- ©VAN DER SCHRIECK DREDGING TECHNOLOGY (2014) “Dredging Technology”
- SANZ BERMEJO , C.: “Manual de Equipos de Dragado”
- “Cuadro de precios de referencia de Ingeniería Civil, seguridad y salud y ensayos de control de calidad”. CICC

