



4 Desarrollo del Estudio. Canteras y suministro de materiales

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



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ÍNDICE

1.	Introducción	2
2.	Información previa.....	2
2.1	<i>Diques. Distribución de los materiales.....</i>	<i>2</i>
2.2	<i>Características particulares de los materiales</i>	<i>8</i>
2.3	<i>Procedencia de los materiales</i>	<i>9</i>
2.4	<i>Distribución de accesos</i>	<i>10</i>
3.	Preparación y habilitación de la zona.....	11
4.	Suministro de materiales.....	12
4.1	<i>Con origen en cantera.....</i>	<i>12</i>
4.1.1	<i>Canteras.....</i>	<i>12</i>
4.1.2	<i>Balzapote</i>	<i>14</i>
4.1.3	<i>Actopan</i>	<i>15</i>
4.1.4	<i>Alto Lucero</i>	<i>16</i>
4.1.5	<i>Especificaciones características de los bancos</i>	<i>18</i>
4.1.6	<i>Equipos de transporte</i>	<i>19</i>
4.1.7	<i>Justificación económica en la elección de vía</i>	<i>21</i>
4.1.8	<i>Calculo de volúmenes.</i>	<i>24</i>
4.2	<i>De elaboración in situ.....</i>	<i>30</i>
4.2.1	<i>Planta trituradora de gravas.....</i>	<i>30</i>
4.2.2	<i>Planta fabricación del hormigón</i>	<i>31</i>
4.2.3	<i>Parque de prefabricados</i>	<i>31</i>
4.2.4	<i>Especificaciones características</i>	<i>32</i>
4.2.5	<i>Cálculo de volúmenes</i>	<i>33</i>

5.	Medios de colocación.....	36
5.1	<i>Colocación de rocas en cuerpo de rompeolas</i>	<i>36</i>
5.1.1	<i>Vía marítima</i>	<i>36</i>
5.1.2	<i>Vía terrestre</i>	<i>37</i>
5.2	<i>Colocación de elementos prefabricados en cuerpo de rompeolas ...</i>	<i>37</i>
6.	Otros suministros de material.....	38
7.	Valoración económica.....	39
7.1	<i>Material de origen pétreo.....</i>	<i>39</i>
7.2	<i>Material de elaboración in situ.....</i>	<i>40</i>

1. Introducción

En el documento siguiente se plantea el estudio específico sobre los materiales a utilizar en el proyecto de ampliación del puerto de Veracruz.

Se entiende que el análisis de explotación y suministro de los materiales engloba el conjunto de operaciones para explotar, clasificar, transportar y almacenar de los mismos, necesarias para la construcción de los Rompeolas del puerto de Veracruz, de acuerdo a lo indicado en los planos definitivos y a lo ordenado por el supervisor de obra.

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.

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.

2. Información previa

Revisando los documentos disponibles extraemos información que concluye los datos necesarios que a continuación se exponen.

2.1 Diques. Distribución de los materiales.

Como se especificó en el apartado 2.3. Las secciones de los diques del proyecto de referencia, y por tanto recalculadas con los nuevos valores de oleaje, corresponden a las que serán ejecutadas en nuestro proyecto. Por tanto las secciones proporcionadas en el presente documento provienen de un trabajo de cálculo de los rompeolas, y a las cuales proporcionaremos los materiales constituyentes.

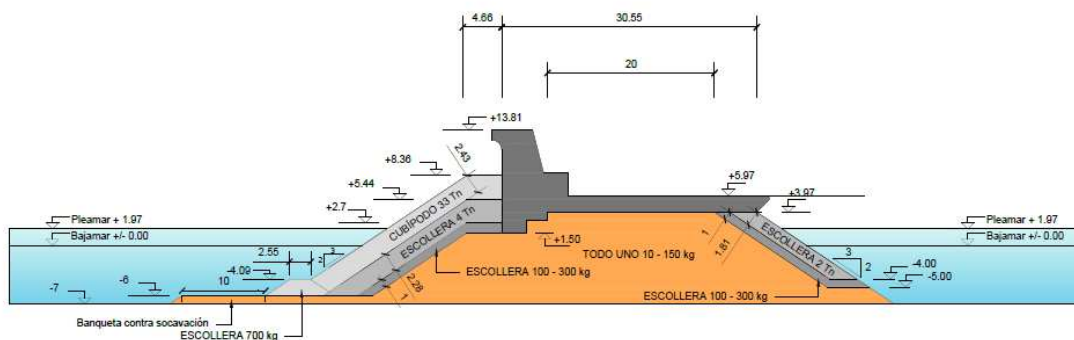
Diferenciando en cada una de las fases de construcción, la ejecución de cada etapa se dividirá en tramos con sección diferente atendiendo a las características a las que se solicitan.

En las figuras inmediatas se observa la distribución por tramos y las secciones que corresponden a cada uno para poder visualizar la configuración de los materiales sobre dichos diques.

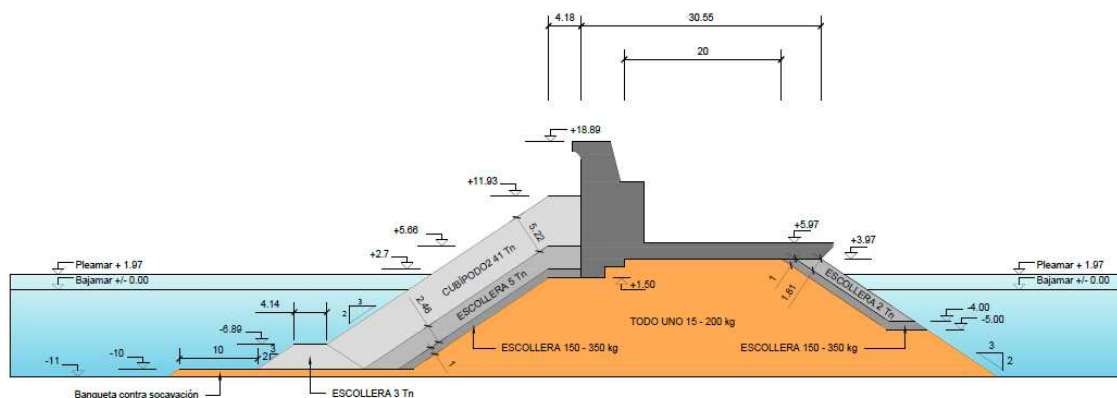
ETAPA 1. DIQUE DE PONIENTE*Figura 1. Planta distribución de cuerpos. Dique Poniente*

La construcción del dique de Poniente, inicio de la obra de ampliación, se definirá en 5 tramos, cuerpo 1, cuerpo 2, sección de codo, cuerpo 3 y sección de morro. Las secciones se definen a continuación mediante planos de proyecto.

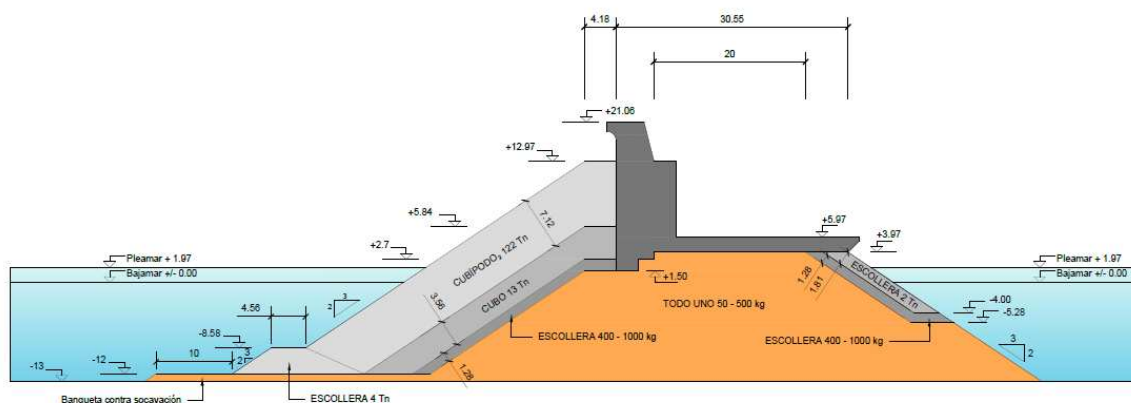
- *Sección C1. Longitud: 844m.*



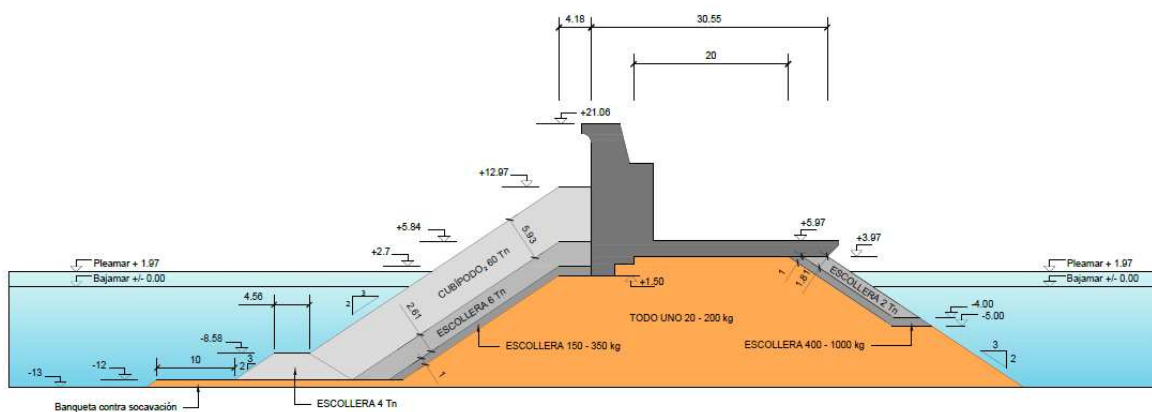
- Sección C2. Longitud: 400 m.



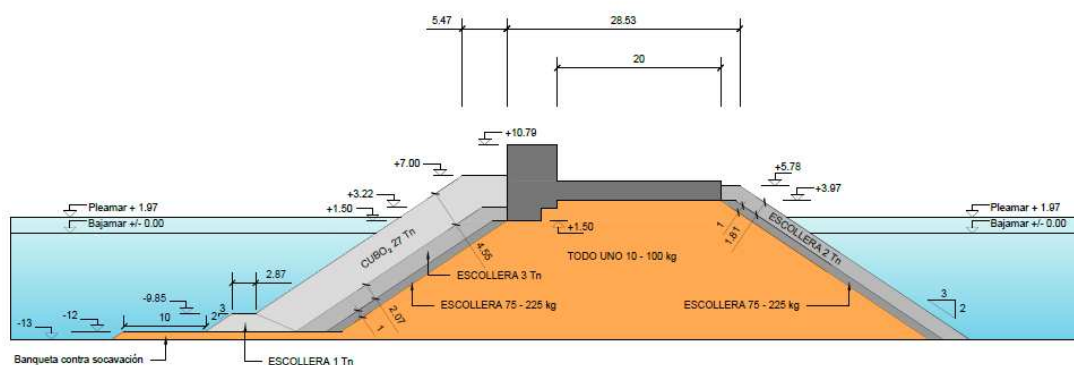
- Sección Codo. Longitud: 388 m.



- Sección C3. Longitud: 1660 m.

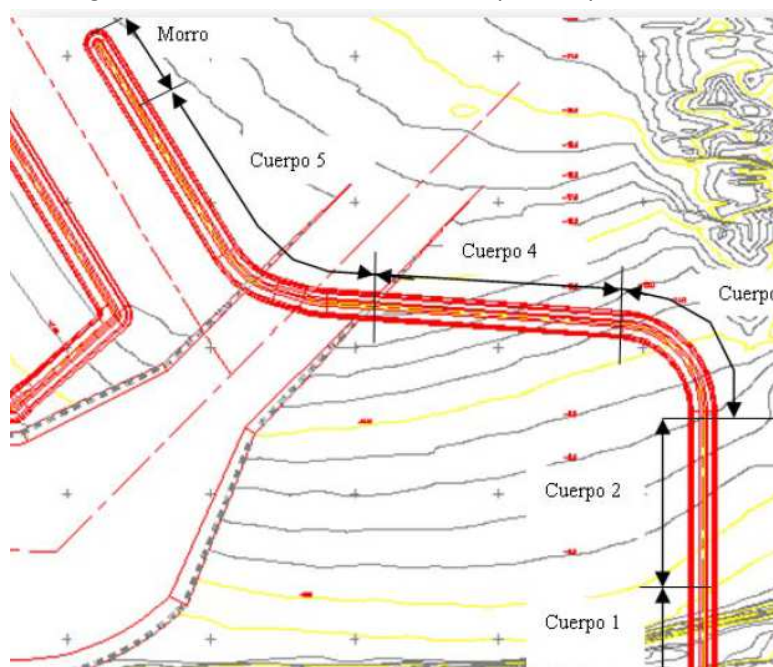


- Sección Morro. Longitud. 492 m.



ETAPA 2. DIQUE DE ORIENTE

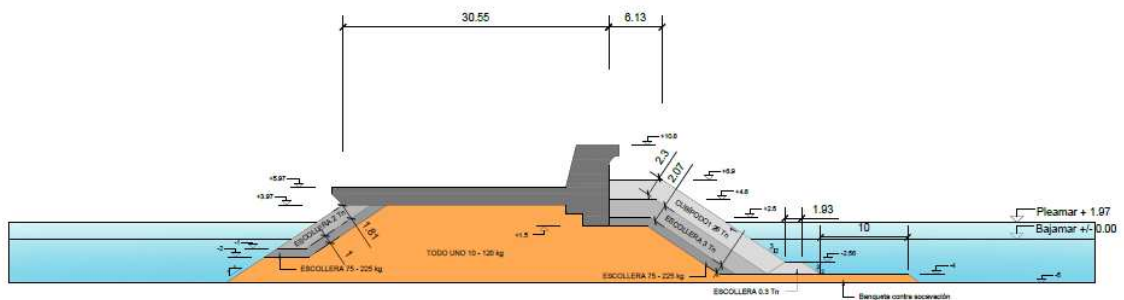
Figura 2. Planta distribución de cuerpos. Dique Oriente



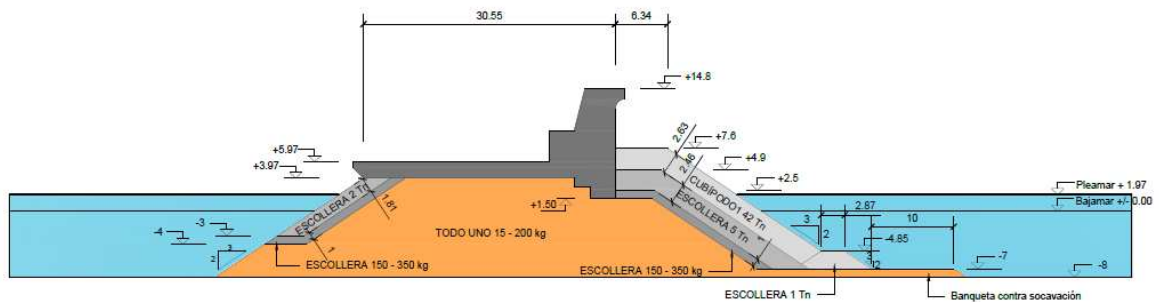
En Fase 2, se ejecuta el dique de Oriente, distribuido en 6 secciones. Como en el caos anterior se distinguirá la sección c3 (primer codo) y la sección en el morro, puesto que en el proceso de cálculo se ha considerado sus problemas por geometría y su comportamiento de forma diferente a la sección predecesora.

El rompeolas se configura con las secciones definidas a continuación, en orden constructivo:

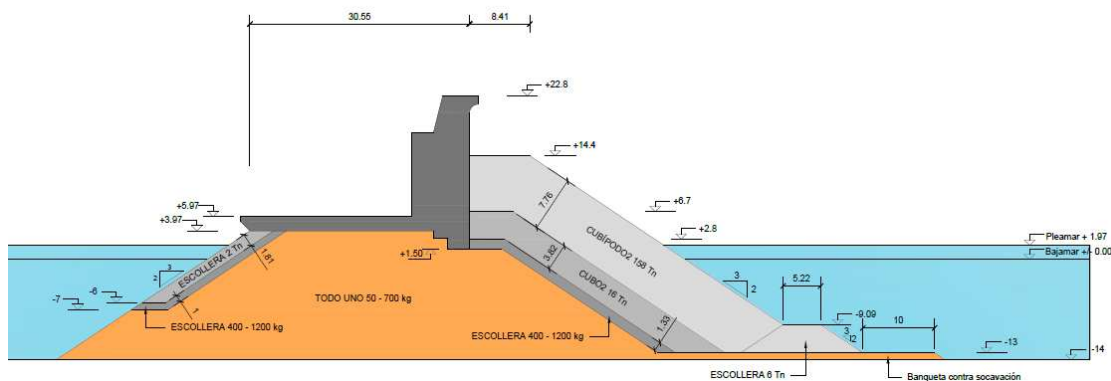
- *Sección C1. Longitud: 487 metros*



- *Sección C2. Longitud: 200 metros*



- *Sección C3 codo. Longitud: 498 m*



2.2 Características particulares de los materiales.

Definimos las especificaciones particulares correspondientes a los tipos de materiales de los que se requiere para la configuración de los diques.

2.2.1 Material pétreo

Como hemos visto, el proyecto necesita de un abastecimiento de material rocoso en sus distintos elementos de escollera, todo uno, o con destino la planta de machaqueo y su posterior clasificación.

Se deberá verificar antes de proceder a la extracción los datos relativos a la calidad del material, y para ello las normas que deberán satisfacer las rocas naturales que se apliquen al proyecto, son las siguientes:

- Resistencia a la compresión húmeda 150 kg/cm^2 (mínimo).
- Resistencia a la compresión en estado húmedo aplicándola paralelamente a los planos de formación cuando los haya 100 kg/cm^2 (mínimo).
- Absorción en por ciento 4.0 (máxima).
- Densidad 2.6 T/m^3 (mínimo).
- Resistencia al intemperismo acelerado (sanidad), por ciento de pérdida en peso 10 (máximo).
- Resistencia al desgaste determinado por la prueba de los ángeles en por ciento 40 (máxima).

2.2.2 Hormigón

EL material utilizado para la construcción de los elementos prefabricados (cubos y cubípodos) y para la losa y espaldón deberá ser hormigón.

Se deberá verificar la dosificación a utilizar para su elaboración, de forma que cumpla a las especificaciones en cuanto a peso y resistencia de los elementos prefabricados de acuerdo a proyecto. Se exigirán las condiciones siguientes:

- Resistencia a compresión mínima a los 28 días de 250 Kg/cm^2
- Consistencia. Se requiere un asentamiento en el cono de Abrams de $7.5 \pm 2.5 \text{ cm}$.
- Densidad 2.3 T/m^3 (mínimo).

- Se utilizará cemento Portland Tipo II CPO 30 RS (resistente a sulfatos).
- El agua utilizada debe ser limpia y exenta de materias orgánicas, lodos, aceitas o sustancias perjudiciales para la elaboración del hormigón.

2.2.3 Valores de proyecto

A continuación, en la figura, a modo simplificado, se muestra las características de estos materiales que constituyen las secciones anteriores.

Estas características son una información de partida obtenida según solicitudes calculadas en el proyecto referente, y necesarias para el cálculo posterior de volumen necesario de cada material. Además de estar dentro del ratio de cumplimiento de las especificaciones al contratista.

Figura 3. Tabla valores de proyecto de los materiales

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%

2.3 Procedencia de los materiales.

Para los materiales utilizados en la elaboración de las obras, y por consiguiente en la construcción de los rompeolas, se buscará preferenciar la adquisición con las empresas materialistas locales y regionales. Fomentando así, la detonación de actividades económicas adicionales en la zona.

Para el caso de insumos provenientes de la explotación de recursos naturales, como el agua, arena y roca, el contratista será el encargado de su explotación o adquisición, garantizando en todo momento que se cumplirá con los permisos ambientales correspondientes.

Tanta para el suministro a la planta de elaboración del hormigón como para las plantas de elaboración y machaqueo de áridos el suministro de la roca debe especificarse en una cantera relativamente próxima a la zona portuaria, perteneciente a una empresa local, si fuera posible.

2.4 Distribución de los accesos.

Los enlaces de la zona de ubicación del proyecto nos dan la guía para la definición del trayecto de la maquinaria de suministro de materiales y del modo a proceder.

La elección de la vía de abastecimiento de materiales se verá influida por la situación de las canteras, y la facilidad y viabilidad económica del trayecto desde ellas hasta la ubicación de depósito. A continuación se describen las vías de acceso al puerto existente a inicio de obra.

2.4.1 Enlaces marítimos

El puerto de Veracruz es uno de los puertos con mejor conectividad marítima de México, ofreciendo una conexión a más de 150 puertos a través de 27 líneas navieras y 54 rutas marítimas que proporcionan servicios regulares con destinos a los principales puertos del Golfo, la costa este de Estados Unidos, Europa, Centro y Sudamérica.

2.4.2 Enlaces terrestres

Línea ferrocarril

El puerto de Veracruz cuenta actualmente con 24.3 km aproximados de vías férreas, además de 6.5 km de vías a cargo de los cesionarios del puerto. Esto sin tomar en cuenta las vías ya construidas y que se encuentran sin actividad de tráfico por el momento, las cuales servirán para conectar a la Zona de Actividades Logísticas.

Figura 4. Líneas de comunicación de ferrocarril con Veracruz



Línea carretera

La infraestructura carretera cuenta con vías de acceso desde la zona portuaria hacia, al menos, 12 de las principales ciudades del norte, centro y sur del país. Así se muestra en la figura 5.

Figura 5 . Línea de comunicación carretera con Veracruz



Estos accesos y enlaces son, por definición las principales vías de comunicación del puerto con el resto del país. Posteriormente, de forma más concreta se especificará las trayectorias y la vía a proceder para el transporte del material, según se haya seleccionado el lugar de origen y se haya valorado el modo de transporte.

3. Preparación y 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.

A partir del momento en que la zona queda totalmente despejada se deben llevar a cabo una serie de actividades preliminares que permitan la habilitación de las zonas relacionadas con el suministro y acopio de materiales, y los accesos que nos permitan el enlace de estas con la colocación en obra de los elementos.

Cronológicamente las actividades preliminares deberán ser:

- 1) Limpieza del lugar de trabajo y **despeje de la zona** portuaria determinada para la instalación de las plantas y zonas de acopio.
- 2) Se comenzará por habilitar los atracaderos para el **Puerto de Servicio** (Cargadero). Dicho cargadero será la interface entre la cadena de vertido de material del banco y los buques o maquinaria que procedan a su colocación en obra. Su acceso terrestre debe ser sencillo, además de tener profundidad suficiente para los equipos de manipulación marítimos, junto con abrigo necesario para los mismos en la temporada de trabajo de éstos. Se diseña en función de las variables medioambientales y climáticas del lugar que posibiliten la carga y depende del número y tipo de embarcaciones a emplear. Cuando se va a realizar el vertido o colocación de roca con medios marítimos es una instalación fundamental, ya que garantiza y posibilita la carga.
- 3) Se habilitarán la zona para la construcción de los elementos de hormigón. Dentro de esta área se contará con una planta de trituración de grava, planta de fabricación de hormigón, parque de prefabricados y la zona para el acopio de prefabricados.

4. Suministro de materiales

En el presente tramo del estudio se describe de forma específica cada una de la procedencia, transporte y descarga de los materiales. Por tanto, exponemos, diferenciando su origen, el proceso desde el inicio de su extracción hasta que se encuentra en condición de ser cargados y colocados.

Se incluye en cada apartado el volumen de cada material o elemento que se requiere en cada uno de los tramos descritos en el proyecto referente y señalado en el apartado 2.1 del presente documento.

4.1 Con origen en cantera.

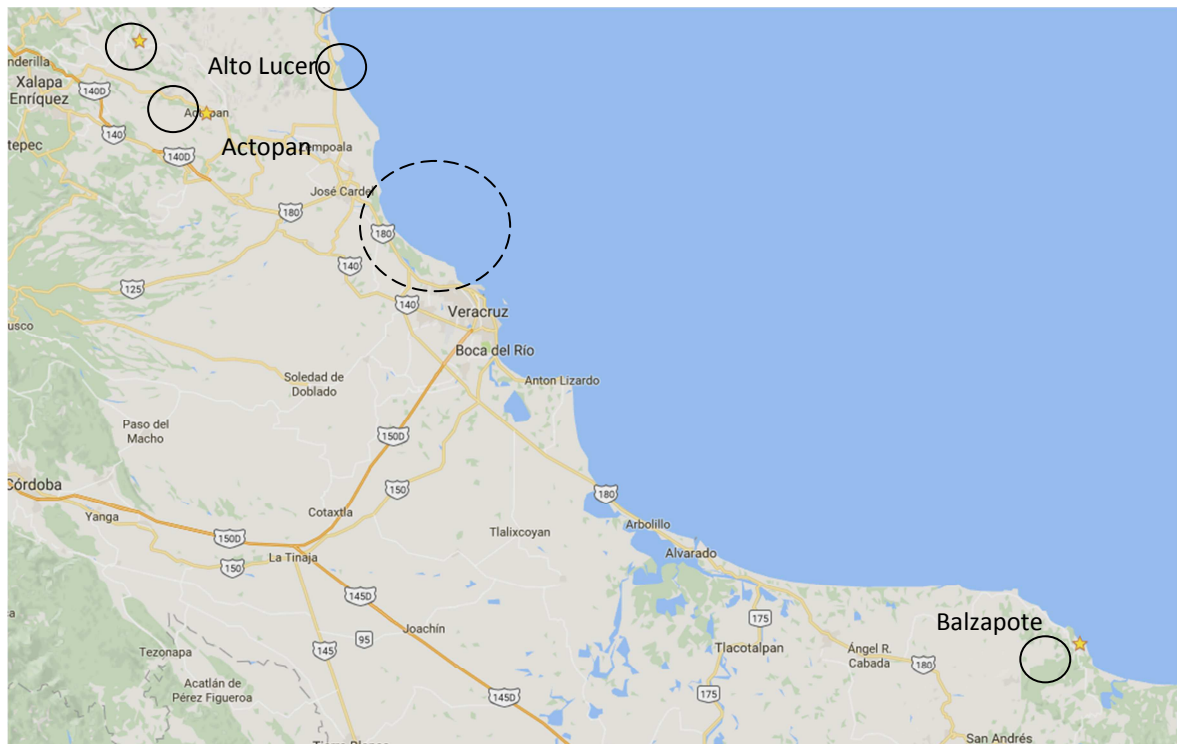
4.1.1 Canteras

Las condicionantes específicas nos instan al contrato con una empresa local y por tanto que sea operativa en bancos de extracción de roca en un radio cercano.

La necesidad y las especificaciones de los materiales deben de cumplirse, y por tanto realizar un estudio de los materiales que proporcionan dichos bancos.

El análisis de la zona del estado de Veracruz nos reporta a varios lugares donde encontrar bancos o matrices de roca. Analizamos los bancos s más óptimos cumpliendo las especificaciones de proyecto y los que podrían incluir en un principio el proyecto base para su explotación.

Figura 6. Localización de las zonas de cantera disponibles



4.1.2 Balzapote

Localización	Balzapote es un ejido que se encuentra en la ciudad de San Andrés. (Estado de Veracruz) En el término de esta localidad existen hasta tres bancos de posible extracción de piedra
Material	De acuerdo con el proyecto presentado por Apiver podríamos obtener 7 millones de metros cúbicos de roca basáltica con la finalidad de adquirir agregados aptos para construcción.
Trayecto terrestre	El trayecto hasta la zona portuaria de nueva ubicación sería, en comparación con el resto de bancos posibles, el más largo, a una distancia de casi 200 km y una accesibilidad por carretera complicada. El tiempo medio de un camión cargado de material pétreo desde el banco hasta la zona de descarga del nuevo puerto alcanzaría las 4 horas.
Trayecto marítimo	La principal ventaja es la posibilidad del transporte marítimo. Lo que nos reportaría: - Aumento de la capacidad de carga por trayecto - Reducción los tiempos de viaje - Posible colocación directo durante la fase marítima - Necesidad de construcción de cargadero en la costa de Balzapote.

Aunque la valoración de esta ventaja situación geográfica pueda llevar su aceptación, como así hacia el proyecto base, estos bancos pertenecen a una zona costera ubicada en la Biosfera de los Tuxtles. Esta reserva alberga un centenar de aves en su ecosistema natura. Aunque no es una zona protegida legalmente, sería necesaria la tramitación de permisos municipales.

Además de ser una zona turística y muy defendida por sus habitantes. La valoración mediambiental presentada sobre la zona hace imposible su explotación aunque así lo habilitara el proyecto.

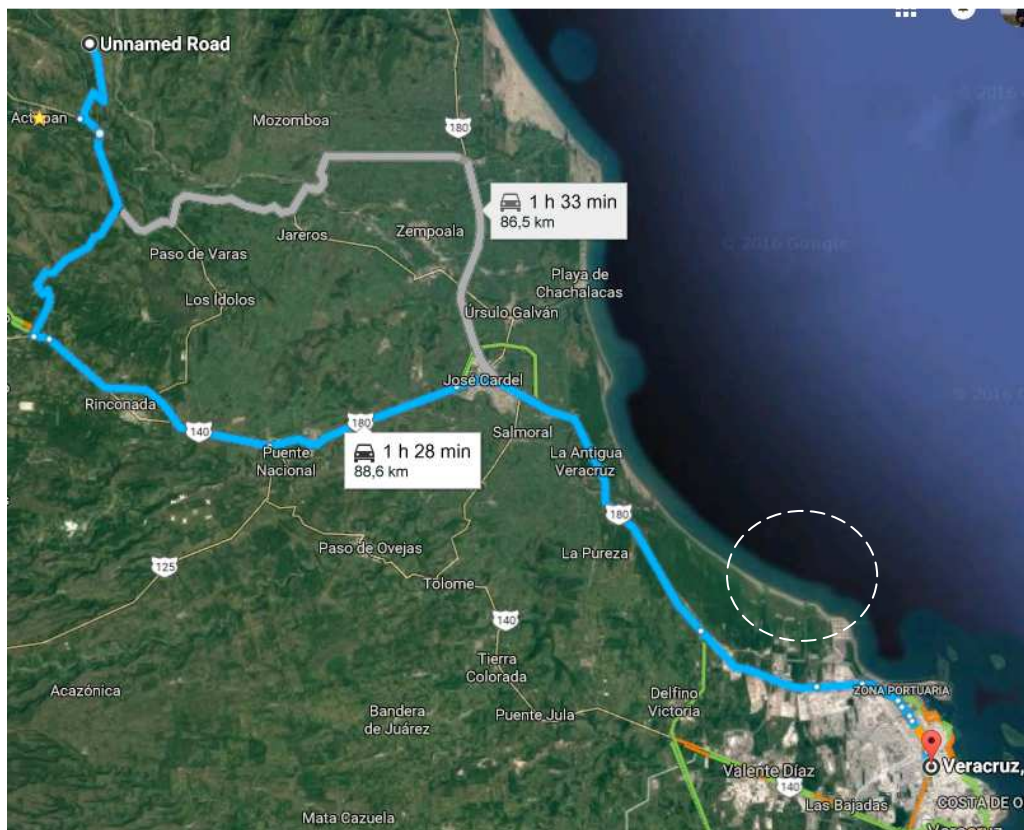
Tras proceder a un estudio aéreo, existen informes que reportan que pueden hallarse materiales similares en zonas cercanas al lugar en la ampliación, por tanto nuestro proyecto se basará en la utilización de los bancos de Actopan y Alto Lucero en primera y segunda Fase.

Si fuera necesario por volumen de material, existe una zona en la localidad de Ursulo Galván que podría ser habilitada (previo trabajos preliminares) para su explotación.

4.1.3 Actopan

Localización	Tres bancos pertenecientes al término de Actopan, en el estado de Veracruz, muy próximo a la capital Xalapa.
Material	Posibilidad de explotar los bancos de roca basáltica. Existe espacio suficiente para el clasificado de la escollera y por tanto el transporte del material seleccionado en tamaños.
Trayecto marítimo	El emplazamiento de la cantera, en una zona interior del estado, hace más viable el transporte por carretera. La posibilidad del transporte combinado añadiría un plus de kilómetros y de tiempo. Además de la construcción de un muelle cargadero, adicional al de la zona de actuación, que apoyara la descarga de los caminos para el trayecto marítimo.
Trayecto terrestre	La media de distancia de los bancos del recinto de Actopan al puerto de Veracruz, en su nuevo emplazamiento, es de aproximadamente, 90km. La comunicación es directa mediante la carretera federal 140 y 180 y los posteriores ramales habilitados en el puerto. No existe ninguna travesía interurbana. Se estima una duración de trayecto entre 90 y 120 minutos. (velocidad de un camión medio cargado con material pétreo para escollera o todo uno)

Figura 7. Recorrido desde Actopan a la zona portuaria de Veracruz



4.1.4 Alto Lucero

Localización	Bancos pertenecientes al término de Alto Lucero, en el estado de Veracruz. Dos de ellos, ya listos para su explotación. EL resto es un yacimiento costero de basalto en Playa muñecos.
Material	Roca basáltica de densidad muy similar a las de las anteriores opciones.
Trayecto marítimo	En el caso de la extracción en Playa muñecos, volveríamos a plantear la posibilidad del transporte marítimo. La calidad del material y ser un yacimiento costero en su totalidad es la ventaja más concluyente. Existiría esta opción en el caso de tener un volumen alto de piezas de escollera que hiciera poco productivo su transporte integro por carretera.

Esta explotación aumenta un dato más a sus principales ventajas puesto que existe en su emplazamiento un pequeño cargadero que nos insta a ahorrar en su construcción y bastaría con que fuera habilitado para las cargas en gánguiles.

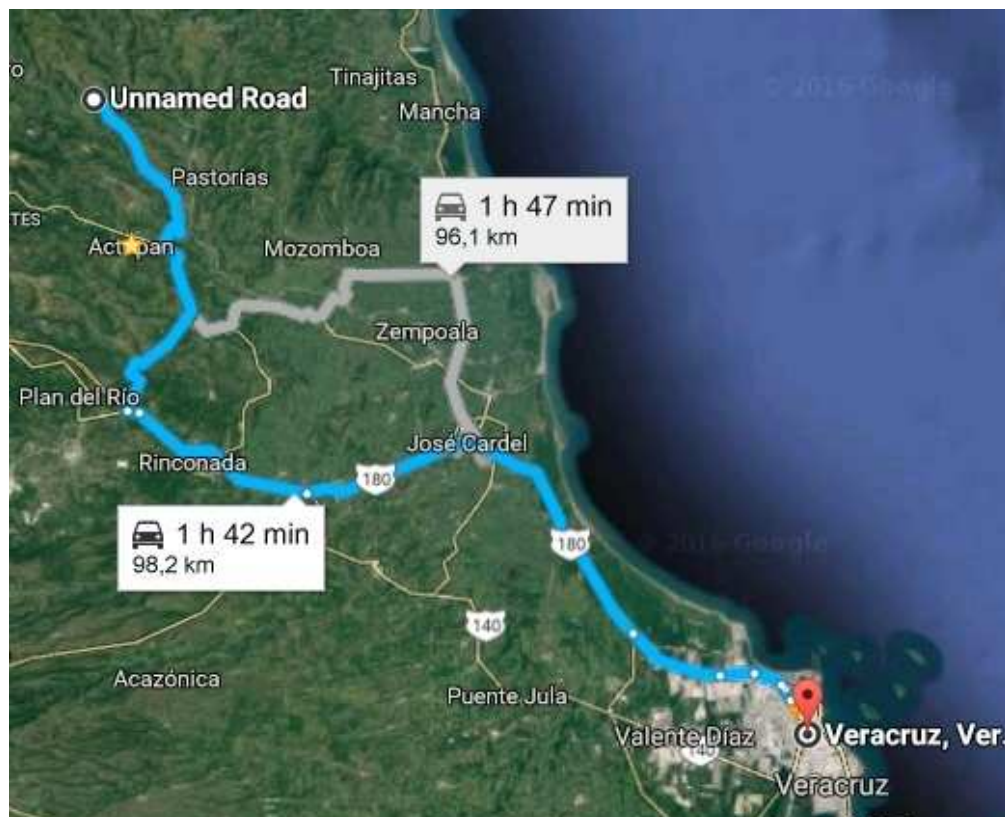
Trayecto terrestre

La media de distancia de los bancos de Alto Lucero al puerto de Veracruz, en su nuevo emplazamiento, es de aproximadamente, 100km.

La comunicación es directa mediante la carretera federal 180 y los posteriores ramales habilitados en el puerto. Estimamos un trayecto superior a los 130 minutos.

La distancia desde Playa muñecos, es levemente menor, unos 93 km y algo más breve, aunque la vía de comunicación es la misma federal 180 pero por su ramal costero.

Figura 8. Recorrido desde Alto Lucero a la zona portuaria de Veracruz



El origen pues de los materiales pétreos partirá de explotar una serie de bancos con origen, en primera fase, en Actopan, Alto Lucero y playa muñeco, con posibilidad de utilizar en posterior fase otros yacimientos en Úrsulo Galván, si fuera necesario.

4.1.5 Especificaciones características de los bancos

Seleccionado los lugares de orígenes, debemos de constar los elementos y acciones a desarrollar en dichos bancos para su explotación y que se citan a continuación:

- La báscula para el pesaje de las piezas se localizará en el banco de materiales. Por tanto la clasificación de los mismos será in situ y previa al transporte.
- Las rocas derrumbadas deberán ser clasificadas de acuerdo con los diferentes rangos que marque el proyecto. Incluye:
 - o Escollera de 0,2 Tn, 0,3 Tn ,0,5 Tn, 0,7 Tn 1Tn, 2 Tn, 3Tn, 4 Tn y 6 Tn
 - o Escollera de 13-38 kg, 75-225Kg, 100-300 kg, 150-350 kg, 250-750 kg 400-1000 Kg, 440-1200 kg y 500-1500 Kg
 - o Todo uno 5-20 Kg , 10-100 Kg, 10-120 kg, 10-150 Kg, 15-200 kg,20-200Kg, 25-400 kg, 50-500 Kg, 50-700kg, 50-900 Kg
 - o Material requerido por la planta de trituración en el parque de elaboración del hormigón para prefabricados.
- Se debe cargar el material de roca para transportarlo a la obra solamente de los almacenamientos de roca clasificada que previamente hubiere aprobado el Supervisor de Obra.
- Deberá generarse un acceso a la pedrera, incluyendo desmonte, limpieza, retirada de material de desmonte, acondicionamiento del camino para vehículos pesados, desvío a caminos existentes y mantenimiento.
- Apertura de la pedrera, incluyendo: exploración, estudios, construcción de patios de selección y carga.
- Explotación de la pedrera, incluyendo: barrenación, explosivos, voladura, selección, acopio, carga a vehículos de transporte, rezague, carga de rezaga y transporte (en su caso) a la zona de desperdicio incluyendo: tendido, limpieza de frente y almacenamiento.

- **Habilitación de una zona para el depósito de los desperdicios.**
En casos en que no pueda hacerse en la propia zona, habilitar una zona de almacenamiento temporal en un radio no superior a 80km, o en el propio puerto de destino.

4.1.6 Equipos de transporte

Según las especificaciones de proyecto, dependiendo de las características del material, del terreno y de las vías de comunicación existentes, así como la ubicación del banco o cantera, el equipo de transporte puede ser camiones, dumper o góndolas por vía terrestre y barcasas de vertido lateral o con compuertas de fondo, por vía marítima.

Los bancos de Actopan y de la región interior de Alto Lucero se encuentran a suficiente distancia de la costa para que sea inviable el transporte combinado y por tanto para las canteras más interiores emplearemos transporte por carretera (recorrido que no excede de 100 km). Los equipos definidos son:

- **Camiones de volteo ordinarios.** con una capacidad entre 20 y 90 m3.

La dimensión de la obra y las infraestructuras existentes limitan la utilización de estos camiones al transporte de material machacado en las comunicaciones de la obra en puerto o al transporte de desperdicios en el banco de roca.

- **Góndolas con descarga lateral (de volteo).**

El transporte de material por vía terrestre se hará en góndolas con descarga por volteado de capacidades superiores a 60 Tan que puedan depositar directamente sobre la traza sin riesgo de vuelco.

Cargarán el material del banco de Actopan y los bancos interiores de Alto Lucero hasta su llegada al puerto donde podrán descargar en el muelle cargadero para su posterior colocación por gánguil o verter directamente en la traza del dique por vía terrestre

Resulta evidente, por el volumen de los materiales, que los transportes terrestres están limitados para llevar una gran cantidad, mientras que las capacidades de las barcasas son superiores y de más fácil transporte.

Estamos ante un proyecto de gran magnitud volumétrica y debe proyectarse con la mayor optimización posible.

La necesidad de cargas más efectivas en cuanto a capacidad de transporte hace necesario optar por la organización de un transporte de material tanto por vía terrestre como marítima.

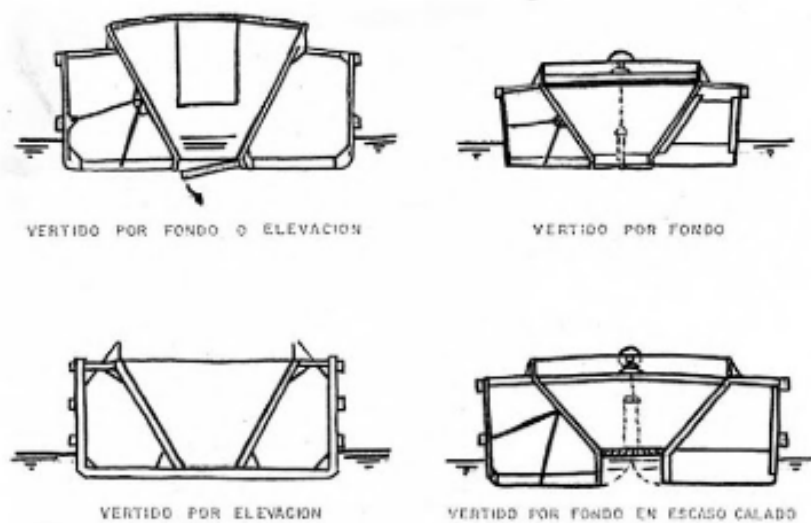
Para los transportes de vía marítima emplearemos:

- **Gánguil con apertura por compuertas de fondo.**

Se utilizará para el transporte por mar.

Deberá prepararse el muelle existente en el yacimiento de Playa Muñeco desde donde se hará la carga para el transporte hasta la zona de colocación. El vertido de la escollera proveniente de este medio deberá hacerse directamente en la traza del dique, por lo que la programación de los trabajos deberá ser esencial.

Figura 7. Tipos de vertido de fondo en gánguil



4.1.7 Justificación económica en la elección de las vía de transporte.

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.

Transporte desde Playa muñeco

EL muelle existente en Playa Muñeco y la aceptación de la explotación de su yacimiento costero nos ofrece una ventaja para el transporte marítimo. A su vez, este tipo de transporte permite la llegada de la misma y colocación directa en la traza el dique.

Para continuar con el análisis debemos valorar el volumen que se ha de transportar de cada uno de los materiales. Es evidente, que el núcleo de material Todo-uno es muy superior al de las escolleras de diferente tamaño. Por tanto, considerando que el material de playa Muleco es suficiente para abastecer la totalidad del dique en primera y segunda fase.

Es óptimo definir que el todo uno se extraerá de Playa muñeco y se transportara vía marítima.

Es justificable la decisión bajo la consideración siguiente:

Un gánguil de 500 m³ de capacidad, con la densidad de nuestro material podría transportar 1350 Tn de material pétreo para núcleo.

La velocidad del gánguil media la aproximamos a 10 nudos, algo más de 15 km/h en un trayecto por mar de 75 km y por tanto tardara un gánguil repleto 5 horas en alcanzar el puerto de Veracruz.

El precio de este gánguil en €/h es de 253.

Un camión de vuelco lateral de capacidad 60 Tn tarda en hacer el trayecto por carretera de 89 km, 2 horas.

Su precio es de 78€/h.

El proyecto en fase 1, requiere una cantidad de material para núcleo cercana a los 5.484.596 Tn.

Lo que requiere 4063 gánguiles con un precio total aproximado de 10.278.539€ o 91.410 camiones con un coste aproximado de 28.519.000 €

Transporte desde Actopan y Alto Lucero

Como hemos definido, resulta óptimo explotar el material de núcleo de la cantera costera para su colocación directa y por tanto el resto de escollera deberá tener como origen las canteras de Actopan y Alto Lucero.

Por consiguiente, debemos considerar si, económicamente es más beneficioso el transporte terrestre hasta el puerto de Veracruz o en cambio, procedemos a una vía combinada con transporte hasta un cargadero y posterior transporte marítimo.

Resulta lógico, que para un transporte combinado, utilizaremos un cargadero ya disponible porque su construcción elevaría considerablemente el coste y nos llevaría a descartar directamente dicha opción.

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

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.

Con los mismos equipos que en el análisis de Playa Lucero planteamos:

Un gánguil de 500 m³ de capacidad, con la densidad de nuestro material podría transportar 1350 Tn de material de escollera o núcleo.

La velocidad del gánguil media la aproximamos a 10 nudos, algo más de 15 km/h en un trayecto por mar de 75 km y por tanto tardara un gánguil repleto 5 horas en alcanzar el puerto de Veracruz.

El precio de este gánguil en €/h es de 253.

Un camión de vuelco lateral de capacidad 60 Tn tarda en hacer el trayecto por carretera desde el banco en Actopan hasta el embarcadero es de 65 km, 1,4 horas, y hasta el puerto de Veracruz (90 km), 1,6 horas.

Su precio es de 78€/h.

El proyecto, en fase 1 requiere una cantidad de material escollera a extraer cercana a las 1.122.134 Tn, de los cuales aproximadamente 740.608 Tn serán extraídas del banco de Actopan.

- Por vía únicamente terrestre requiere 13.344 camiones con un precio total cercano a 3.080.930€
- Por vía combinada.

Trayecto terrestre: De Actopan al cargadero: 13.344 camiones con un trayecto de 1,2 horas. Precio: 2.695.800€

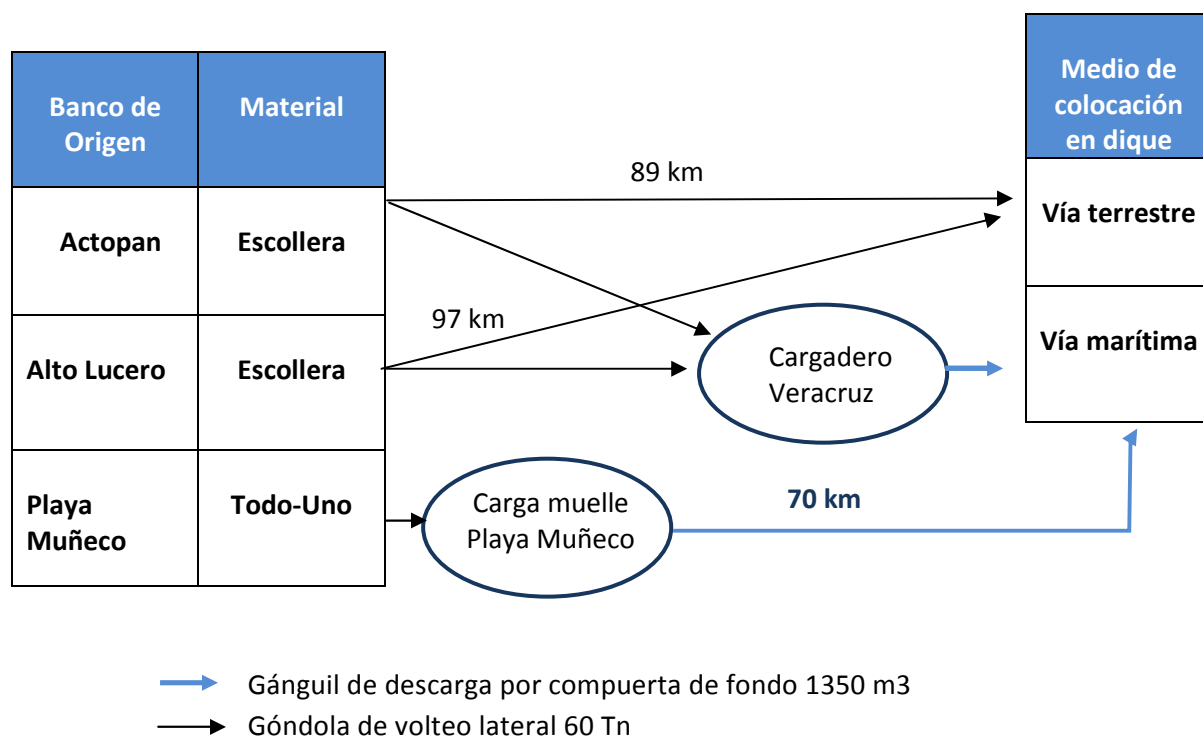
Trayecto marítimo: De cargadero a Puerto Veracruz: 550 gánguiles con un trayecto de 5 horas. Precio: 1.387.954€.

Total por vía combinada: 4.083.000€.

Por tanto el transporte del material del núcleo Todo-uno se hará desde Playa muñeco por vía marítima y el transporte de escollera tendrá origen en Actopan y Alto Lucero y se efectuará vía terrestre.

El material a aportar cada cantera de estas dos últimas se decide en función de la posibilidad de volumen a extraer de cada una de ellas.

A continuación se muestra un diagrama con el resumen del transporte definido



La importancia de la coordinación de trabajos en la ejecución de los diques es vital en obras de esta magnitud para que el transporte sea efectivo. Los tiempos, y por tanto, el coste de cada tarea se verán influido por el tiempo de inactividad de los buques o camiones que transporta cada material.

4.1.8 Cálculo de volumen.

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.

DIQUE DE PONIENTE. Fase 1

Cuerpo C1	Área (m²)	Longitud (m)	Volumen (m³)	Porosidad	Volumen real (m³)	Densidad ($\frac{Tn}{m^3}$)	Peso (Tn)
Escollera 4 Tn	52,86	844	44617	0,38	27661	2,7	74684
Escollera 100-300 kg	19,63	844	16568	0,38	10272	2,7	27734
Escollera 0,7 Tn	10,04	844	8474	0,38	5254	2,7	41185
Escollera 2 Tn	26,04	844	21978	0,38	13626	2,7	36791
Escollera 100-300 kg	19,45	844	16416	0,38	10178	2,7	27480
Todo Uno 10-150 kg	482,62	844	407331	0,35	264765	2,7	714866

Cuerpo C2	Área (m²)	Longitud (m)	Volumen (m³)	Porosidad	Volumen real (m³)	Densidad ($\frac{Tn}{m^3}$)	Peso (Tn)
Escollera 5 Tn	75,25	400	30100	0,38	18662	2,7	50387
Escollera 150-350 kg	26,84	400	10736	0,38	6656	2,7	17972
Escollera 3 Tn	26,94	400	10776	0,38	6681	2,7	18039
Escollera 2 Tn	26,04	400	10416	0,38	6458	2,7	17436
Escollera 150-350 kg	19,45	400	7780	0,38	4824	2,7	13024
Todo Uno 15-200 kg	769,3	400	307720	0,35	200018	2,7	540049

Cuerpo Codo	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)	Densidad ($\frac{Tn}{m^3}$)	Peso (Tn)
Escollera 400-1000 kg	39,36	338	13304	0,38	8248	2,7	22270
Escollera 4 Tn	37,54	338	12689	0,38	7867	2,7	21241
Escollera 2 Tn	26,04	388	10104	0,38	6464	2,7	16913
Escollera 400-1000 kg	25,54	388	9910	0,38	6145	2,7	16589
Todo Uno 50-500 kg	927,7	388	360014	0,35	234009	2,7	631824

Cuerpo C3	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)	Densidad ($\frac{Tn}{m^3}$)	Peso (Tn)
Escollera 6 Tn	91,9	1660	152554	0,38	94583	2,7	255375
Escollera 150-350 kg	30,45	1660	50547	0,38	31339	2,7	84615
Escollera 4 Tn	33,87	1660	56224	0,38	34589	2,7	94119
Escollera 2 Tn	26,04	1660	43227	0,38	26800	2,7	72361
Escollera 150-350 kg	19,45	1660	32287	0,38	20018	2,7	54048
Todo Uno 20-200 kg	929,14	166	297489	0,35	297489	2,7	2706864

Cuerpo morro	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)	Densidad ($\frac{Tn}{m^3}$)	Peso (Tn)
Escollera 3 Tn	57,68	492	28379	0,38	17595	2,7	47506
Escollera 75-225 kg	24,34	492	11975	0,38	7425	2,7	20047
Escollera 1 Tn	14,98	492	7370	0,38	4570	2,7	12338
Escollera 2 Tn	62,08	492	30543	0,38	18937	2,7	51129
Escollera 75-225 kg	30,59	492	15050	0,38	9331	2,7	25194
Todo Uno 10-100 kg	832,16	492	409423	0,35	266125	2,7	718537

DIQUE DE ORIENTE. Fase 2

Cuerpo C1	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)	Densidad ($\frac{Tn}{m^3}$)	Peso (Tn)
Escollera 3 Tn	38,71	487	18852	0,38	11688	2,7	31558
Escollera 75-225 kg	15,47	487	7534	0,38	4671	2,7	1262
Escollera 0,3 Tn	5,69	487	2771	0,38	1718	2,7	4639
Escollera 2 Tn	16,22	487	7899	0,38	4897	2,7	13223
Escollera 75-225 kg	14,02	487	6827	0,38	4233	2,7	11429
Todo Uno 10-120 kg	377	487	183599	0,35	119339	2,7	322216

Cuerpo C2	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)	Densidad ($\frac{Tn}{m^3}$)	Peso (Tn)
Escollera 5 Tn	60,32	200	12064	0,38	7480	2,7	20195
Escollera 150-350 kg	20,87	200	4174	0,38	2588	2,7	6987
Escollera 1 Tn	12,62	200	2524	0,38	1565	2,7	4225
Escollera 2 Tn	22,74	200	4548	0,38	2820	2,7	7613
Escollera 100-300 kg	17,63	200	3526	0,38	2186	2,7	5903
Todo Uno 15-200 kg	557,65	200	111530	0,35	72495	2,7	195735

Cuerpo C3	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)	Densidad ($\frac{Tn}{m^3}$)	Peso (Tn)
Escollera 400-1200 kg	39,43	498	19636	0,38	12174	2,7	32871
Escollera 6 Tn	43,05	498	21439	0,38	13292	2,7	35889
Escollera 2 Tn	32,53	498	16200	0,38	10044	2,7	27119
Escollera 400-1200 kg	23	498	11454	0,38	7101	2,7	19174
Todo Uno 50-700 kg	1014,6	498	505266	0,35	328423	2,7	886742

Cuerpo C4	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)	Densidad ($\frac{Tn}{m^3}$)	Peso (Tn)
Escollera 200-600 kg	33,66	806	27130	0,38	16821	2,7	45416
Escollera 6 Tn	43,05	806	34698	0,38	21513	2,7	58085
Escollera 2 Tn	32,53	806	26219	0,38	16256	2,7	43891
Escollera 200-600 kg	23	806	18538	0,38	11494	2,7	31033
Todo Uno 20-350 kg	1010,3	806	814318	0,35	529307	2,7	1429128

Cuerpo C5	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)	Densidad ($\frac{Tn}{m^3}$)	Peso (Tn)
Escollera 250-750 kg	42,82	1380	59092	0,38	36637	2,7	98919
Escollera 2 Tn	32,53	1380	44891	0,38	27833	2,7	75148
Escollera 250-750 kg	23	1380	31740	0,38	19679	2,7	53132
Todo Uno 25-400 kg	1289,7	1380	1779096	0,35	1156412	2,7	3122313

Cuerpo morro	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)	Densidad ($\frac{Tn}{m^3}$)	Peso (Tn)
Escollera 500-1500 kg	54,1	69	123	0,38	76	2,7	206
Escollera 2 Tn	32,53	69	2245	0,38	1392	2,7	3757
Escollera 500-1500 kg	23	69	1587	0,38	984	2,7	2656
Todo Uno 50-900 kg	1287,6	69	88842	0,35	57748	2,7	155918

4.2 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.

4.2.1 Planta de trituración de grava.

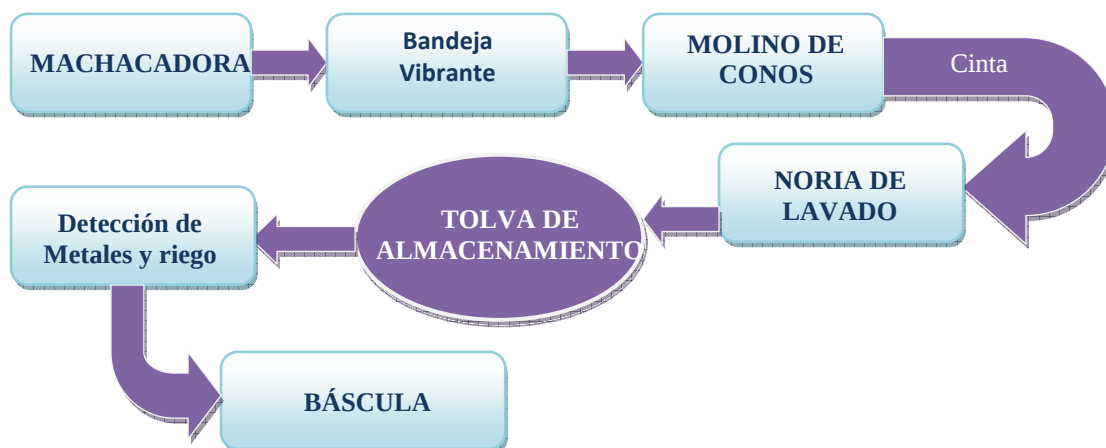
La planta será alimentada por material rocoso solicitado a cantera y de características predefinidas.

La planta estará formada por un primario que machaca el material aportado y un secundario donde se tritura el material proveniente del machacado. El primero está compuesto por una machacadora de mandíbulas o impactos y el segundo, por un molinillo de cono

Posteriormente se procede al lavado, detecciones de imperfecciones o incursiones metálicas y un pesado que verifica la solicitud antes de pasar a formar parte de la mezcla.

Tras la secuencia descrita dentro de la planta se debe haber obtenido una granulometría de los áridos acorde a la producción diaria necesaria.

Figura 9. Proceso del material pétreo en la planta de machaqueo



4.2.2 Planta de fabricación del hormigón.

Por descripción es la planta de mezcla y obtención del hormigón listo para elaboraciones las piezas requeridas. Los componentes de la mezcla deberán cumplir las especificaciones solicitadas (tipo de cemento, densidad final del hormigón, porosidad...) y la dosificación será acorde al tipo de hormigón que requiera cada pieza.

Durante la elaboración y posterior a ella deberá hacerse las pruebas de laboratorio necesarias para verificar las característica de la mezcla previamente al colado. Así pues, será aceptable con tolerancias bajo las siguientes solicitudes:

- No más del 1% de los promedios de 3 pruebas de resistencia a compresión consecutivas, será inferior a la resistencia especificada.
- Se aceptará una tolerancia máxima del 5% menor a la resistencia de proyecto $f'_c=250 \text{ kg/cm}^2$; es decir se aceptará concreto con resistencias, $f'_c \geq 235 \text{ kg/cm}^2$.

4.2.3 Parque de prefabricados.

Es el lugar destinado para la fabricación de las piezas de la capa resistente de los rompeolas. Dividimos dicha zona en dos subzonas, el parque de elaboración y la zona de acopios.

Respecto al parquee, para cada pieza determinada los procesos que se elaboraran serán los siguientes:

- Transporte y bombeo del hormigón
- Cimbrado, colado y vibrado
- Curado
- Descimbrado
- Transporte a acopio
- Acopio de los elementos prefabricados

Respecto a la zona de acopios debe ser de poca superficie, teniendo en cuenta que debe permitir el acceso para la maquinaria de elevación y transporte.

La vida útil del área de acopio se reduce a los trabajos de fabricación de los elementos, por lo que se debe considerar que su diseño es provisional. Además, finalizada su función, el desmantelamiento de la misma solo genera escombros y no la restauración del sitio.

Se diseñará por tanto en áreas que serán empleadas posteriormente para el desplante de la infraestructura requerida para el proyecto de ampliación del puerto y, por lo tanto, no puede ubicarse en totalidad o en parte en un área natural. Evitamos así, que tras su disfuncionalidad deba ser restaurada.

4.2.4 Especificaciones características de los elementos prefabricados

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

Cubipodos 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

4.2.4 Especificaciones características del hormigón para espaldón

Debido a los grandes volúmenes de hormigón requeridos va ser conveniente utilizar:

- 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.

4.2.5 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 elemento de hormigón distribuido por fases.

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. EL hormigón lo calculamos en volumen puesta que es la unidad base de medición para la posterior valoración.

En este caso incluimos los elementos prefabricados y el volumen de hormigón necesario para la elaboración del espaldón en la configuración de cada cuerpo del dique

DIQUE DE PONIENTE. Fase 1

Cuerpo C1	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)
Cubipodo 33 Tn	63,57	844	53653	0,4	32192
Espaldón	118,75	844	100225	0	100225

Cuerpo C2	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)
Cubipodo 41 Tn	188,48	400	75392	0,4	45235
Espaldón	159,39	400	63756	0	63756

Cuerpo Codo	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)
Cubipodo 122 Tn	316,72	338	107051	0,4	64231
Cubo 13 Tn	128,14	338	43311	0,4	25987
Espaldón	176,28	338	68397	0	68397

Cuerpo C3	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)
Cubipodo 60 Tn	240,33	1660	398948	0,4	239368
Espaldón	179,21	1660	297489	0	297489

Cuerpo morro	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)
Cubo 27 Tn	147,52	492	72580	0,4	43548
Espaldón	102,6	492	50480	0	50480

DIQUE DE ORIENTE. Fase 2

Cuerpo C1	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)
Cubo 28 Tn	50,6	487	24642	0,4	14785
Espaldón	95,16	487	27311	0	27311

Cuerpo C2	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)
Cubipodo 42 Tn	72,13	200	14426	0,4	8666
Espaldón	126,09	200	25218	0	25218

Cuerpo C3	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)
Cubípodo 158 Tn	362,34	498	180445	0,4	108267
Cubo 16 Tn	143,11,	498	71269	0,4	42761
Espaldón	190,1	498	94670	0	64670

Cuerpo C4	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)
Cubipodo 77 Tn	274,24	806	221037	0,4	132622
Cubo 8 Tn	109,17	806	87991	0,4	52795
Espaldón	95,16	287	27311	0	27311

Cuerpo C5	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)
Cubipodo 91 Tn	313,54	1380	432685	0,4	259611
Cubo 10 Tn	137,56	1380	189833	0,4	113900
Espaldón	199,74	1380	275641	0	275641

Cuerpo morro	Área (m^2)	Longitud (m)	Volumen (m^3)	Porosidad	Volumen real (m^3)
Cubipodo 187 Tn	409,3	69	478	0,4	287
Cubo 20 Tn	168,43	69	237	0,4	142
Espaldón	199,74	69	13782	0	13782

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 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.

5. Medios de colocación.

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.

5.1.1 Vía marítima.

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. Esta máquina puede trabajar hasta con 1.50 a 2.00 m de altura de ola significativa y también puede emplearse para la colocación de roca cuyo tamaño es función del ancho de apertura de la cántara.

Se verterá a granel en el sitio de colocación definitiva. En este tipo de material la colocación no requiere de precisión y por tanto se ejecutara directamente mediante las compuertas del gánguil.

El vertido marítimo debe permitir siempre la navegación de los barcos sobre él, ya que, de no ser así, una falsa maniobra lo varará. Su cota superior está definida por el calado de los gánguiles cargados y el resguardo necesario para la ola que se ha adoptado como máxima de trabajo.

Se procurará verter inicialmente por las partes externas del rompeolas, empezando por el lado mar, para que sirva de contención, por si se producen imprecisiones, para luego continuar por la parte central, que de esta forma quedará confinado.

Cabe mencionar que el número de equipos y los sistemas de vertido, control, posicionamiento, entre otros, se ajustará (según rendimientos) a los plazos de la obra.

5.1.2 Vía terrestre.

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 avance 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.

El avance en planta también es una consideración en el proceso: vertido de núcleo; colocación de filtros, tanto del lado expuesto como abrigado; colocación de manto, lado exterior del talud interno, espaldón y losa.

Además, antes de iniciar la construcción de un nuevo tramo de núcleo y de su capa secundaria de escollera, se construirá la capa resistente del tramo anterior.

Durante el proceso constructivo, la corona del núcleo podrá emplearse como camino de trabajo, mediante la construcción de una capa básica de rodadura. En este caso, la elevación de dicho camino sobre el núcleo será al menos de 1,5 metros sobre el nivel de pleamar para reducir el efecto del oleaje sobre la circulación y maniobrabilidad.

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.

5.2.1 Vía terrestre.

Se realizará desde tierra mediante grúa de grandes dimensiones. Los elementos deberán quedar encajados, crear una superficie rugosa y laminar la energía de las olas, garantizando la rotura del movimiento ondulatorio.

Los medios de izado y colocación estarán en función del tipo de pinza, fricción o contacto. Para ayudar a la colocación sistemática se emplearán sistemas G.P.S., que permitirán al operario conocer la posición donde está dejando el elemento y la cota exacta del mismo donde éste ha quedado.

Las capas resistentes podrán ser configuradas en una o más capas de elementos prefabricados según proyecto y se deberá considerar que la capa inferior tenga suficiente base

para la ejecución de la siguiente de forma piramidal, quedando siempre con la suficiente resistencia en su enlazamientos y minimización de huecos.

Dique de Poniente.

- Tramo 1: Cubipodo 1 capa
- Tramo 2: Cubipodo 2 capas
- Tramo codo: Cubo 2 capas y cubípodo 2 capas
- Tramo 3: Cubipodo 2 capas
- Tramo morro: Cubo 2 capas

Dique de Poniente.

- Tramo 1: Cubipodo 1 capa
- Tramo 2: Cubipodo 1 capa
- Tramo codo: Cubo 2 capas y cubípodo 2 capas
- Tramo 5: Cubo 2 capas y Cubipodo 2 capas
- Tramo morro: Cubo 2 capas y Cubípodo 2 capas.

6. Otros suministros de material.

Durante el documento se ha definido la procedencia, transporte y colocación de los materiales que constituyen los diques de la nueva ampliación del puerto de Veracruz.

Las zonas de relleno en el puerto para ubicación de las nuevas terminales y muelle de contenedores no se han incluido en este estudio puesto que los valores reales no están definidos en los cálculos de proyecto.

En todo caso, y ligado al estudio conjunto, el material extraído en las tareas de dragado será apto para relleno de las zonas que se indican en el proyecto. Como se puede ver, en el documento “estudio de dragado” se realiza un análisis y se valora si la totalidad del material es consumido por el volumen de relleno necesario y si el material es bueno para su colocación.

En conclusión, las zonas de relleno del proyecto tienen la suficiente capacidad para almacenar el volumen de dragado de las áreas de navegación. Se debe a que el proyecto ha sido ajustado con las mejores prácticas de ingeniería, con la finalidad de que no exista diferencia entre el volumen de relleno y de dragado, procurando así evitar material residual para estas actividades del proyecto.

En los rellenos hidráulicos se utilizarán solo los materiales que respondan a la descripción que se hace en el Estudio de Geotecnia Para la Elaboración del Proyecto de Ampliación del Puerto de Veracruz, el cual señala que el suelo producto del dragado compuesto por arena fina arcillosa o limosa, con vestigios de concha, puede emplearse en la conformación de rellenos hidráulicos.

7. Valoración económica de la extracción y suministro del material.

En el presente apartado ofrecemos una valoración aproximada del presupuesto parcial del proyecto, atendiendo a lo anteriormente definido respecto a la extracción y el suministro de 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.

7.1 Material de origen pétreo.

A continuación se muestra las tablas con los valores económicos del estudio. Para ello fijamos unas consideraciones de partida.

- Precio del gánguil de capacidad 1350 Tn : 253 €/h (vía marítima)
- Precio del camión de capacidad 60 Tn : 78€/h (vía terrestre)
- Estimación d tiempo por vía terrestre Actopan-Veracruz: 3,2 horas (ida y vuelta)
- Estimación d tiempo por vía terrestre Alto Lucero-Veracruz: 4.4 horas (ida y vuelta).
- Estimación d tiempo por vía marítima Playa Muñeco-Veracruz: 10 horas (ida y vuelta)
- Precio de escollera clasificada varios tamaños: 10 €/Tn
- Precio de material todo-uno para núcleo de dique varios tamaños: 6 €/Tn

Obtenemos pues los valores económicos totales de la aplicación de dichos precios unitarios a las toneladas totales empleadas por Fase de construcción

Fase 1. Dique de Poniente

Material	Origen	Tn	Vía	Precio Material	Precio transporte	Total €
Núcleo Todo uno	Playa Muñeco	5484596	marítima	32907576	10278539,17	43186115,17
Escollera clase.	Actopan	740.608	terrestre	7406080	3080929,28	10487009,28
Escollera clase.	Alto Lucero	381526	terrestre	3815260	2182328,72	5997588,72

Fase 2. Dique de Oriente

Material	Origen	Tn	Vía	Precio Material	Precio transporte	Total €
Nucleon Todo uno	Playa Muñeco	6142456	marítima	36854736	11511417,54	48366153,54
Escollera clas.	Actopan	426.331	terrestre	4263310	1773536,96	6036846,96
Escollera clas.	Alto Lucero	219625	terrestre	2196250	1256255	3452505

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

7.2 Material de elaboración in situ.

Al hormigón suministrado en planta se le estima un precio actual de 60 €/m³. Este hormigón tendrá como destino la elaboración de elementos resistentes y la fabricación del espaldón.

En primer lugar, calculamos un valor final de elaboración de los elementos prefabricado.

Para el cálculo del precio por Tn del debemos:

$$C_B = (200 + HOR) + 0,75 \cdot \left[10^5 \cdot \left(\frac{1}{\ln(VW)} \right)^2 - 10^4 \cdot \left(\frac{1}{\ln(VW)} \right) \right]$$

Y para cubípodos:

$$C_c = (265 + HOR) + 1 \cdot \left[10^5 \cdot \left(\frac{1}{\ln(VW)} \right)^2 - 10^4 \cdot \left(\frac{1}{\ln(VW)} \right) \right]$$

Donde W es el peso de cada pieza demandada, V el volumen total de hormigón y HOR es el precio del hormigón estipulado anteriormente.

En los estudios de diseño de los dique se profundiza en los valores específicos para cada tamaño de cubos y cubipodos. Para elaborar la presente estimación tomamos un valor medio de los resultados obtenido para cada uno de ellos, viendo que el error de variación es considerable. Tomando:

- Precio Cubo de hormigón listo para colocación: 75 €/m3 de hormigón
- Precio Cubo de hormigón listo para colocación: 85 €/m3 de hormigón
- Precio de hormigón para vertido en espaldón: 75 €/m3 de hormigón

Fase 1. Dique de Poniente

Material	elemento	Medicion (Tn)	transporte	Precio Material(€)	Valor total (€)
Hormigón	Espaldón	551447	In situ	60	33086820
Hormigón	Cubipodo	381.026	In situ	85	32387210
Hormigón	Cubo	69535	In situ	75	5215125

Fase 2. Dique de Oriente

Material	elemento	Medicion (Tn)	transporte	Precio Material(€)	Valor total (€)
Hormigón	Espaldón	433933	In situ	60	26035980
Hormigón	Cubipodo	509.453	In situ	85	43303505
Hormigón	Cubo	224383	In situ	75	16828725

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