



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
UNIDAD ADOLFO LÓPEZ MATEOS (ZACATENCO)



# “CONSTRUCCIÓN DE ROMPEOLAS, BORDOS Y RELLENOS PARA LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE PROGRESO, YUCATÁN”

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A:

ANAYANSI MORALES MUÑOZ

JORGE JIMÉNEZ MENDIETA

MÉXICO, D. F.

2006

*MAMÁ*

*GRACIAS  
POR TODO LO QUE HAS DADO Y HECHO POR MÍ,  
POR ESA PACIENCIA Y SOBRE TODO POR CREER EN MÍ,  
EN SABER QUE LOGRAMOS DAR UN PASO MÁS  
EN EL CAMINO DE MI VIDA;  
POR QUE TU SABES QUE MIS TRIUNFOS SON TUYOS TAMBIÉN.*

*TÍA*

*GRACIAS POR TODO EL CARÍÑO  
Y POR HABER FORJADO EN MÍ  
LA HUMILDAD, LA FUERZA Y LA PERSEVERANCIA  
DE LUCHAR Y PODER ALCANZAR SIN VENCERNOS  
CADA DÍA LO QUE ANHELAMOS.*

*ANAYANSI MORALES MUÑOZ*

*A MIS PADRES*

*LES AGRADEZCO  
PRIMERAMENTE POR DARME LA VIDA,  
POR ENSEÑARME CON EJEMPLOS EL  
CAMINO DE LA MISMA Y SOBRE TODO POR SU  
AMOR Y PACIENCIA.*

*A MIS HERMANOS*

*GRACIAS POR LOS MOMENTOS  
QUE HEMOS PASADO JUNTOS,  
POR SU APOYO EN TODO MOMENTO  
Y POR SUS PALABRAS DE ALIENTO.*

*A MI FAMILIA*

*SIN OLVIDAR A NINGUNO AGRADEZCO  
SU APOYO INCONDICIONAL EN LOS  
MOMENTOS DIFÍCILES, ASÍ COMO EN  
LOS MOMENTOS GRATOS DEL TRANCURSO  
DE NUESTRAS VIDAS.*

*JORGE JIMÉNEZ MENDIETA*

*PROFESORES*

*GRACIAS POR COMPARTIR SUS CONOCIMIENTOS, SUS EXPERIENCIAS, SU  
CORAJE Y SU ENTREGA A LA PROFESIÓN,  
POR HACER EN NOSOTROS UNAS MEJORES PERSONAS Y PROFESIONISTAS;  
MIL GRACIAS....*

*ING. MARIO CASTRO USLA*

*GRACIAS POR TODO,  
QUE DURANTE TODO EL TIEMPO DE CONOCERNOS  
NOS HA PERMITIDO COMPARTIR SUS CONOCIMIENTOS,  
SU FUERZA Y CONSTANCIA PARA SER MEJORES,  
POR BRINDARNOS UN ESPACIO EN SU VALIOSO TIEMPO Y  
DARNOS SU APOYO PARA SEGUIR ADELANTE.*

*AGRADECEMOS A LA  
"DIRECCIÓN GENERAL DE PUERTOS"  
EN ESPECIAL AL  
ING. CELSO MORALES MUÑOZ  
POR EL APOYO BRINDADO  
PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO*

# ÍNDICE

	<i>Págs</i>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>ANTECEDENTES</b>	
II.1 Generalidades.....	7
II .2 Antecedentes de la Navegación Marítima.....	7
II .3 Evolución del Transporte Marítimo en México.....	10
II .3.1 Impulso al desarrollo Marítimo Portuario.....	12
II .4 Sistema Portuario Mexicano.....	13
II .4.1 Actividades de los Puertos y Terminales en México.....	16
II .4.2 Zona de Influencia de los Principales Puertos.....	17
II .4.3 Longitud de Atraque por Litoral .....	20
II .4.4 Obras de Protección.....	22
II .4.5 Importancia de los Puertos del Golfo y del Caribe.....	23
II .5 Historia del Puerto del Progreso.....	26
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>PROYECTO EJECUTIVO</b>	
III .1 Localización y Características del Puerto.....	28
III .2 Condiciones preestablecidas del Puerto de Progreso.....	31
III .3 Tendencias de crecimiento.....	34
III .4 Descripción de proyecto.....	37
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>MARCO TEÓRICO</b>	
IV .1 Definiciones.....	41
IV .2 Puertos.....	42
IV .2.1 Clasificación de Puertos.....	42
IV .2.2 Elementos Físicos Constitutivos de los Puertos.....	44
IV .3 Tipos de Rompeolas.....	47
IV .3.1 Los que amortiguan el oleaje.....	47
IV .3.2 Los que impiden el paso del oleaje.....	49
IV .4 Elementos que integran un Rompeolas.....	52
IV .5 Dragado.....	56
IV .5.1 Marco de Referencia.....	56
IV .5.2 Clasificación del dragado.....	57
IV .5.3 Tipos de dragas.....	58
IV .5.3.1 Dragas mecánicas.....	58

IV .5.3.2	Dragas hidráulicas de succión.....	59
IV .5.3.2.1	Partes de una draga de succión con cortador.....	64
IV .5.4	Clasificación de suelos en dragados.....	73
IV .5.5	Condiciones que afectan el dragado.....	77
IV .5.6	Señalamiento durante el dragado.....	82
IV .5.7	Equipo de dragado.....	83
IV .5.8	Factores que intervienen en el rendimiento de una draga.....	85

## CAPÍTULO V

### CONDICIONES DE DISEÑO

V .1	Parámetro de diseño.....	86
V .1.1	Marejada de tormenta.....	86
V .1.2	Alcance de ola.....	87
V .1.3	Disposición general de obra de defensa.....	87
V .1.4	Oleaje normal.....	88
V .1.5	Oleaje de diseño.....	89
V .1.6	Oleaje ciclónico.....	89
V .1.7	Alcance de ola.....	91
V .2	Diseño hidráulico del Rompeolas.....	92
V .3	Diseño estructural del Rompeolas.....	92
V .3.1	Peso de elementos de coraza, capa secundaria y núcleo.....	93
V .3.2	Geometría definitiva de la corona.....	94
V .4	Diseño estructural de Bordos.....	95
V .4.1	Diseño de capa de protección.....	95
V .4.2	Geometría definitiva de los bordos.....	95
V .5	Diseño de Rellenos.....	96

## CAPÍTULO VI

### PROCESO CONSTRUCTIVO

VI .1	Banco de material.....	97
VI .1.1	Localización.....	99
VI .1.2	Instalación previas, permisos y accesos.....	99
VI .1.3	Desmante y despirme.....	101
VI .1.4	Barrenación y voladura.....	103
VI .1.5	Remoción, selección y carga del material.....	105
VI .1.6	Maquinaria y personal empleada en banco de material.....	107
VI .2	Rompeolas.....	108
VI .2.1	Acarreo y colocación.....	108
VI .2.2	Cubos de concreto.....	109
VI .2.2.1	Moldes e instalaciones previas.....	110
VI .2.2.2	Fabricación y colocación del concreto.....	110
VI .2.2.3	Maquinaria y personal empleada en la fabricación y colocación del concreto.....	112
VI .2.2.4	Cimbrado y descimbrado.....	112

VI .2.2.5 Maquinaria y personal empleada en cimbrado y descimbrado.....	113
VI .2.2.6 Carga, acarreo y colocación de cubos.....	113
VI .2.2.7 Maquinaria y personal empleada en la carga, acarreo y colocación de cubos.....	117
VI .2.2.8 Rescate de cubos del Rompeolas.....	118
VI .3 Bordos y Rellenos.....	119
VI .4 Descripción de Dragado.....	120
VI .4.1 Zonas a dragar.....	121
VI .4.2 Volumen dragado.....	123
VI .4.3 Equipo utilizado.....	124
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>155</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>156</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>163</b>

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia el hombre ha buscado formas para facilitar la comunicación por medios de transportes ya sea terrestre, aéreo o marítimo e incluso rebasando su espacio exterior para satisfacer sus necesidades.

En este trabajo daremos a conocer la problemática que se presentó para la realización de una obra de la magnitud y complejidad de la aquí tratada, en la cual se emplearon tanto los recursos técnicos para dar solución a los problemas que se presentaron durante la ejecución de los trabajos.

Dicho trabajo está organizado en seis capítulos, un glosario de términos y un anexo bibliográfico.

En el capítulo II se plasman los antecedentes de lo que ha sido la navegación en nuestro país así como la infraestructura marítima -portuaria con la que se cuenta.

El capítulo III consiste en presentar las necesidades por las cuales se requirió la construcción de esta infraestructura marítimo-portuaria, así como la descripción del proyecto en general.

Dentro del IV capítulo se establece un marco teórico en el que se describe los tipos y clasificación de cada elemento que lo conforma, donde se desarrollan las actividades portuarias para obtener una mejor comprensión de lo que conlleva a la construcción de una obra de esta naturaleza.

Lo relativo a las condiciones de diseño de ola, diseño hidráulico y diseño estructural de las cuales regularon la construcción de este proyecto y que fueron aprobadas según los estudios y la normatividad vigente, se trata el capítulo V.

La parte medular de este trabajo lo constituye el capítulo VI en donde se trata específicamente, todo lo relativo al proceso constructivo de la obra, dando énfasis en cada una de sus etapas así como del personal y equipo que se utilizó dentro del mismo.

Y finalmente daremos nuestras recomendaciones y conclusiones una vez analizado este trabajo, aportando con esto el conocimiento en cuanto al proceso de la obra.

Terminan los seis capítulos con un glosario de términos, que constituye una guía apropiada para el lector, ya que presenta los términos más frecuentemente empleados en México, para describir y explicar los diferentes aspectos relacionados con este trabajo expuesto.



Por último, en la sección bibliográfica, se plantea una relación básica de las principales fuentes de consulta utilizadas para el desarrollo de los temas tratados.

## **CAPÍTULO II ANTECEDENTES**

### **II.1 GENERALIDADES**

A lo largo de la historia el puerto de Progreso ha sido una plataforma fundamental para el crecimiento de la economía del Estado de Yucatán, pues ha permitido el desarrollo de sectores claves como el agropecuario, la industria manufacturera y el comercio con el exterior, especialmente con Estados Unidos, Centroamérica y el Caribe además de que es un importante elemento para el abastecimiento de combustible de la región. Sin el puerto las actividades agrícolas, pecuaria y maquila no se habrían desarrollado al ritmo alcanzado en los últimos años.

Por otro lado, el puerto de Progreso ha favorecido la orientación exportadora de la región, con el consecuente efecto positivo sobre el resto de la economía del estado en la generación de empleos, y ha sido un elemento determinante para que se hayan instalado en la zona más de 110 empresas maquiladoras.

Los principales productos que se manejan por el puerto son agrícolas, productos congelados, mieles, manufacturas de henequén, cítricos, madera, pescados y mariscos, textiles, cerveza, papel, maquinaria, cantera, turbosina, gasolina y diesel.

Cabe destacar que el puerto recibe barcos de distintas líneas navieras con arribos regulares, que apoyan el comercio de la península.

El auge experimentado por los diferentes sectores de la economía de la entidad y la mejora significativa de los servicios portuarios han impulsado de manera muy importante el incremento del movimiento de mercancías y de embarcaciones por el puerto de Progreso.

Ante el crecimiento mostrado por los diversos sectores económicos y con la finalidad de dar aun mayor crecimiento a la región de la península el gobierno federal en el año de 1999, a través de la Dirección General de Puertos dependiente de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, determinó la realización de la ampliación del puerto de Progreso y dotarlo de nuevas instalaciones y de mayor profundidad en sus áreas de navegación.

### **II.2 ANTECEDENTES DE LA NAVEGACIÓN MARÍTIMA**

La navegación marítima aparece como un hecho muy antiguo para aprovechar los recursos alimenticios que ofrece la pesca, también con el fin de

realizar intercambios. Se desarrolló principalmente en las regiones donde los vientos aseguraban la posibilidad de vuelta, la utilización del viento y la vela para vencer la fuerza del agua.

La estructura de los barcos fue cambiando con el tiempo: de los malayos se empezaron a utilizar mástiles de palmera o bambú, la tela de lino de los Fenicios o cuero de los Vénetos.

La navegación de altura exige la ayuda de la ciencia para fijar las rutas cuando no hay puntos de referencia. La navegación en el hemisferio Sur, donde no es visible la estrella polar, necesitó el empleo de nuevos métodos para determinar la situación: la latitud se determina mediante la altura angular del Sol, por encima del Ecuador celeste en el punto más alto de su curva aparente al mediodía, de donde nace la necesidad de proveer a los navíos de tablas de declinación.

Con los grandes descubrimientos geográficos la parte más importante del tráfico mundial, que hasta entonces había sido terrestre, se convirtió en marítimo y los medios de transporte en el mar se hicieron cada vez más; se fueron especializando, por ejemplo los barcos de pasajeros.

En la historia de la navegación se pueden destacar tres etapas principales:

- La primera termina con el descubrimiento de América.
- La segunda que dura hasta el descubrimiento de la navegación a vapor.
- La tercera que llega hasta nuestros días.

En la primera etapa la navegación era principalmente mediterránea, por lo que no se usaban formas de propulsiones muy avanzadas, principalmente remo y vela.

El invento más importante en esta época fue la aguja metálica, la brújula, supuestamente inventada por los chinos. Este avance, junto con un conocimiento de la astronomía más amplio y las cartas de navegación, permitió la salida del Mediterráneo y se empezó a navegar por las costas africanas y europeas.

En la segunda fase destaca el tamaño de los barcos y su sofisticación, con nuevos inventos que facilitaban la navegación. Los portugueses lograron llegar a la India con Vasco de Gama, Magallanes, que atravesó el estrecho que lleva su nombre y llegó a Filipinas.

Pero sin duda lo que más destacó en esta época fue el descubrimiento de América por Cristóbal Colón.

Los veleros fijaban sus recorridos en función de la dirección de los vientos y de las corrientes marinas. Los navíos modernos siguen igualmente caminos muy próximos para un mismo trayecto. Esta uniformidad tiene varias causas. Las rutas marítimas se escogen en función de los peligros que deben evitarse (violencia de los vientos, frecuencia de los ciclones, deriva de los hielos, brumas, etc.); su trazado tiene también en cuenta el interés económico: las escalas, numerosas y productivas, compensan un aumento en la distancia para evitar vastos espacios oceánicos; de este modo desde Liverpool hasta Nueva Zelanda con el paso de Suez representa una mayor distancia que si el trayecto se efectuara por Panamá pero la multiplicidad de los fletes posibles en los puertos del Mediterráneo y en el Océano Índico hace que sea preferido este trayecto a la travesía del Pacífico Sur; finalmente, la concentración de navíos en algunos itinerarios refuerzan la seguridad de los mares, favoreciendo la rapidez de los socorros en caso de naufragio.

En el caso de México podemos mencionar que se encuentra en una posición geoestratégica privilegiada en medio del Océano Pacífico y el Atlántico, incluyendo el Mar Caribe. Se pueden ubicar los antecedentes de la Marina Mexicana en la intensidad de intereses encontrados entre el altiplano y la costa desde la época prehispánica. Antes de la conquista, el comercio marítimo en México fue intenso y se llevó a cabo en piraguas y canoas a lo largo de la costa.

Los pueblos de Mesoamérica si bien no ostentaron características marineras en extremo adelantadas como ocurrió en Europa y el Mediterráneo, deben ser analizados tomando en cuenta las particularidades del caso; su navegación fue de cabotaje dado el escaso desarrollo tecnológico de las culturas mesoamericanas que incidió en la construcción de barcos. Sin embargo, lo anterior, no excluyó la utilización del mar para comerciar. Entre las principales culturas que desarrollaron este tipo de navegación fueron los Olmecas, los Mayas y los Aztecas.

En el caso de los olmecas importaban materias primas tanto en piedras como en semillas y otros productos; en cambio exportaban objetos ya manufacturados por ellos. Todo indica que las importaciones alcanzaban peso y tamaños muy considerables, mientras que las exportaciones consistían en objetos pequeños. Para estos movimientos, sus caminos naturales, los ríos se prestaban admirablemente, ya que los principales conducen de fuera del área olmeca hacia dentro. Evidentemente eran una fuerza centrípeta; los materiales pesados de importación se deslizaban fácilmente con la corriente y sólo los objetos ligeros de exportación tenían que remontarla.

Los mayas fabricaron canoas ahuecando grandes troncos de árbol, practicando un extenso comercio tanto terrestre, fluvial y marítimo. El comercio a larga distancia— no privativo de los mayas, pues los mexicas también lo acostumbraron —, perduró gracias a la existencia de “puertos de intercambio”, pueblos o ciudades cuya función específica radicaba en servir como sitios de

reunión a los comerciantes. En este sentido, la mayor parte del comercio dentro del área de los mayas se realizaba en canoas, y estuvo siempre en las manos de los mayas chontales, cuyo territorio, en medio de un laberinto de corrientes de agua y estrechos plagados de pantanos junto a la desembocadura de los ríos Usumacinta y Grijalva, los había convertido en verdaderos especialistas en la navegación con canoas y piraguas; a fines del siglo XVI, se exportaba por mar desde Campeche hasta Amoyoc, no muy lejos del sur de Tampico, a unos 965 kilómetros. Thompson señala que era probablemente una ruta de cabotaje, porque Amoyoc fue de escasa importancia en tiempos de la Colonia. El cacao por supuesto, se acarrea desde Tabasco y la costa pacífica del Soconusco y de Guatemala hasta México.

## II.3 EVOLUCIÓN DEL TRANSPORTE MARITIMO EN MÉXICO

A partir de 1949, la iniciativa privada decidió asumir una participación en el desarrollo de la marina mercante, con la instalación de la Compañía de Servicios Marítimos. Su interés por incorporarse activamente derivó en la construcción de diversas obras portuarias y en apoyos la Escuela Náutica de Mazatlán.

El presidente Adolfo Ruiz Cortines, con el propósito de fortalecer dicho perfil estableció como meta de su gobierno el desarrollo y consolidación de esa actividad. Ante tal objetivo, presentó en su primer informe el **Programa de Progreso Marítimo**, también conocido con el nombre de La Marcha al Mar, por sus planteamientos explícitos.

El plan era muy ambicioso y consistía en trasladar los excedentes de población del altiplano y centro del país a las costas; aprovechar las riquezas del mar; integrar la red nacional marítimo-portuaria; acondicionar y construir astilleros; mejorar las comunicaciones y transportes entre los puertos, las principales ciudades y centros industriales; así como establecer las bases para el desarrollo inmediato de la marina mercante.

Al reorganizarse varios años después la Secretaría de Marina, el Programa de Progreso Marítimo fue rehabilitado a instancias gubernamentales.

Simultáneamente desapareció la Compañía Naviera Turística Mexicana, que dio paso al surgimiento de la empresa Transportación Marítima Mexicana –

TMM- en 1958, cuya política de expansión propició la fundación de la Compañía Marítima Mexicana, con la finalidad de cubrir los servicios en el Pacífico.

Posteriormente la Compañía Marítima Mexicana y Servicios Marítimos Mexicanos se unieron con TMM, para formar la línea Mexicana Pacífico. El gobierno del presidente Adolfo López Mateos apoyó con capital esta empresa

naviera, lo que permitió afirmar en su informe presidencial en 1962, que la marina mercante del país consolidaba su desarrollo en el plano internacional.

A partir de 1989 se crea el órgano desconcentrado, Puertos Mexicanos, que tenía entre sus objetivos principales.

-Planear, Programar y Ejecutar acciones para el desarrollo portuario Nacional.

-Proponer la delimitación de los recintos portuarios, construir, ampliar y conservar las obras marítimas portuarias.

-Determinar las especificaciones técnicas del equipo marítimo y portuario.

-Promover y contribuir al equipamiento de los puertos.

Puertos Mexicanos se convierte, por primera vez en la historia moderna de los puertos, en un órgano capaz de contar con los recursos que se generaban en los mismos, ya que es quien recauda los derechos por uso de la infraestructura portuaria (puerto, atraque, muellaje y almacenaje), y a su vez agrupa a todas las dependencias que tenían relación con los puertos, facilitando así, todos los trámites que tenían que cumplir los usuarios de los puertos.

Las acciones emprendidas por Puertos Mexicanos, dieron pie a la nueva reestructuración de los puertos en nuestro país, la cual es iniciada en Junio de 1993, a raíz de la promulgación de la nueva Ley de Puertos.

Con la creación de la ***COORDINACIÓN GENERAL DE PUERTOS Y MARINA MERCANTE***, se inició la constitución de las primeras 21 Administraciones Portuarias Integrales entre ellas Progreso, dando pauta al proceso de extinción Puertos Mexicanos.

A partir de que entran en función las Administraciones Portuarias Integrales, los puertos de nuestro país, se vuelven autosuficientes, ya que los recursos que estos generan, se quedan en cada uno de los puertos, convirtiéndose los derechos de puerto, atraque, muellaje y almacenaje, en tarifas por uso de infraestructura. Por lo tanto, dejan de ser subsidiados los puertos, volviéndose más competitivos y productivos.

Se inician los procesos de privatización para la operación de las terminales e instalaciones, y para la prestación de los servicios portuarios. Por lo tanto, es el capital privado, el que invierte en la operación y equipamiento de dichas terminales, por lo que, y en base a normas claras, se empieza con la Libre Competencia en la prestación de los servicios, con los beneficios que esto genera para el usuario y el cliente.

### II.3.1 IMPULSO AL DESARROLLO MARÍTIMO-PORTUARIO

El transporte marítimo representa un elemento básico para desarrollar el comercio exterior del país, toda vez que un gran porcentaje del intercambio de bienes con el extranjero se realiza por esa modalidad de traslado.

Estas acciones han contribuido de manera sustantiva a perfeccionar la operación marítima y sus mecanismos de enlace con el transporte terrestre, incluyendo las obras físicas, el equipamiento y la organización necesarios para fortalecer el Sistema Portuario Nacional y el desarrollo integral de la Marina Mercante Mexicana.

En este sentido y ante la creciente demanda del transporte marítimo, tanto de altura como de cabotaje, se puso el mayor empeño en rehabilitar y ampliar la infraestructura portuaria.

Hoy día nuestro país se encuentra comunicado a través de una amplia red marítima y portuaria con el mundo. Nuestros puertos tienen vínculos con más de 300 puertos en el mundo y visitan nuestro país más de 170 líneas marítimas extranjeras dentro de las cuales se encuentran las 20 más importantes del orbe, cuyas frecuencias a los diferentes continentes es de más de 2 embarcaciones diarias en algunos destinos como Estados Unidos, Canadá, Europa y Asia con frecuencias de hasta 4 barcos diarios.

En la presente administración, se registran importantes esfuerzos para impulsar la Marina Mercante Nacional, en virtud de que el número de embarcaciones de México que realizan tráfico de altura es pequeño, si se compara con países como Japón, Estados Unidos, Gran Bretaña; por lo que se buscan esquemas que permitan a los inversionistas del ramo, financiar el alto costo que representan las embarcaciones comerciales que cumplan con la normatividad internacional.

Lo anterior sobre la base que aproximadamente el 80% del comercio internacional se realiza vía marítima y ante la globalización se estima que el tráfico comercial marítimo tomará una tendencia creciente ante la cual nuestro país puede permanecer estático.

## II.4 SISTEMA PORTUARIO MEXICANO

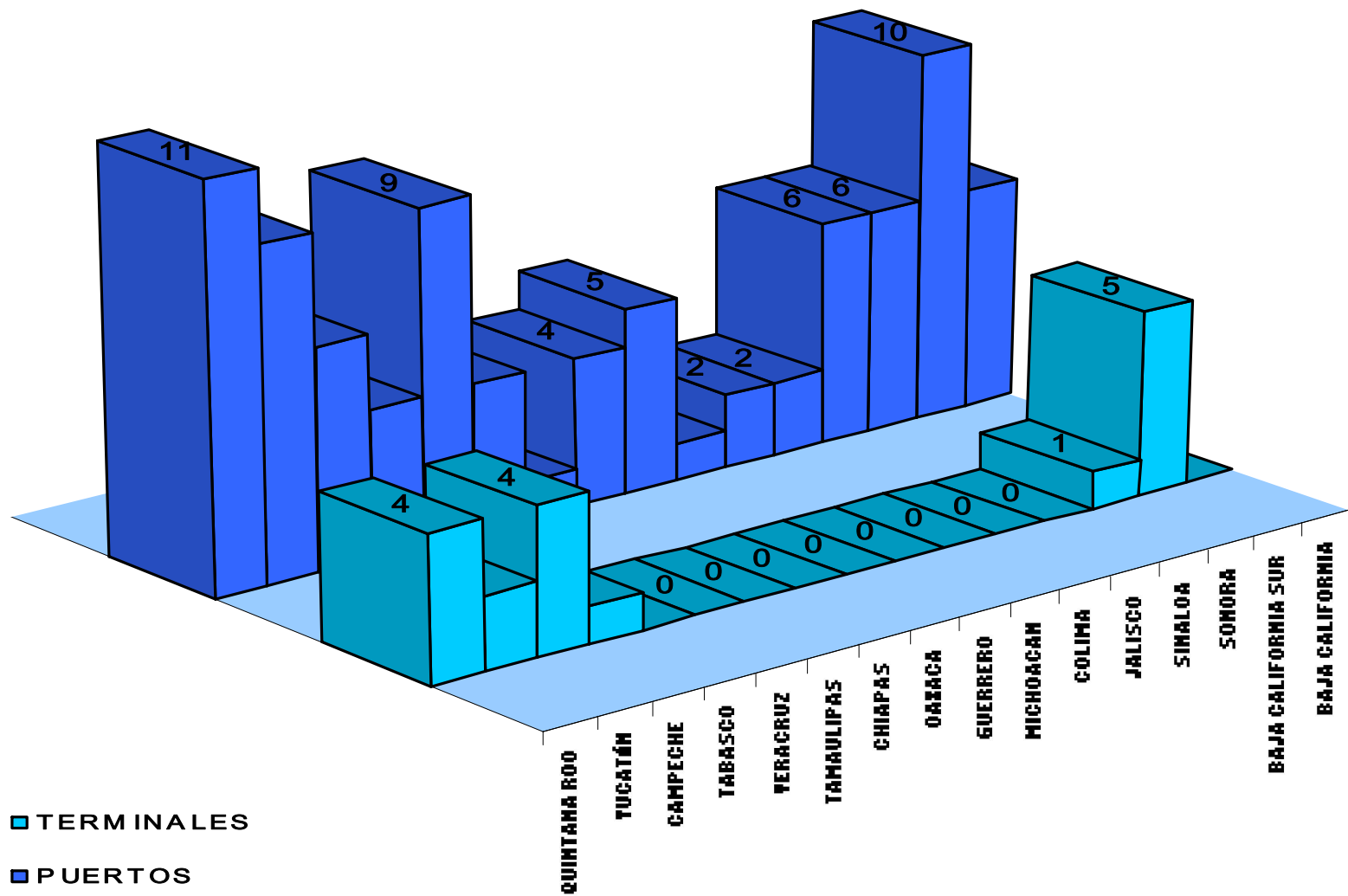
El sistema portuario mexicano esta conformado por puertos y terminales de la siguiente manera.

### PUERTOS Y TERMINALES HABILITADOS POR ENTIDAD FEDERATIVA<sup>1</sup>

Entidad Federativa	Número de puertos	Número de terminales	Total
<b>Litoral del Pacífico</b>	<b>47</b>	<b>7</b>	<b>54</b>
Baja California	6	0	6
Baja California Sur	10	5	15
Sonora	6	1	7
Sinaloa	6	0	6
Nayarit	4	1	5
Jalisco	2	0	2
Colima	2	0	2
Michoacán	1	0	1
Guerrero	5	0	5
Oaxaca	4	0	4
Chiapas	1	0	1
<b>Litoral del Golfo y Caribe</b>	<b>43</b>	<b>11</b>	<b>54</b>
Tamaulipas	4	0	4
Veracruz	9	0	9
Tabasco	4	1	5
Campeche	6	4	10
Yucatán	9	2	11
Quintana Roo	11	4	15
<b>Total nacional</b>	<b>90</b>	<b>18</b>	<b>108</b>

<sup>1</sup> DGP (Dirección General de Puertos), 2001, "Los Puertos Mexicanos en Cifras 1994-2000", S.C.T., México, pág. 19



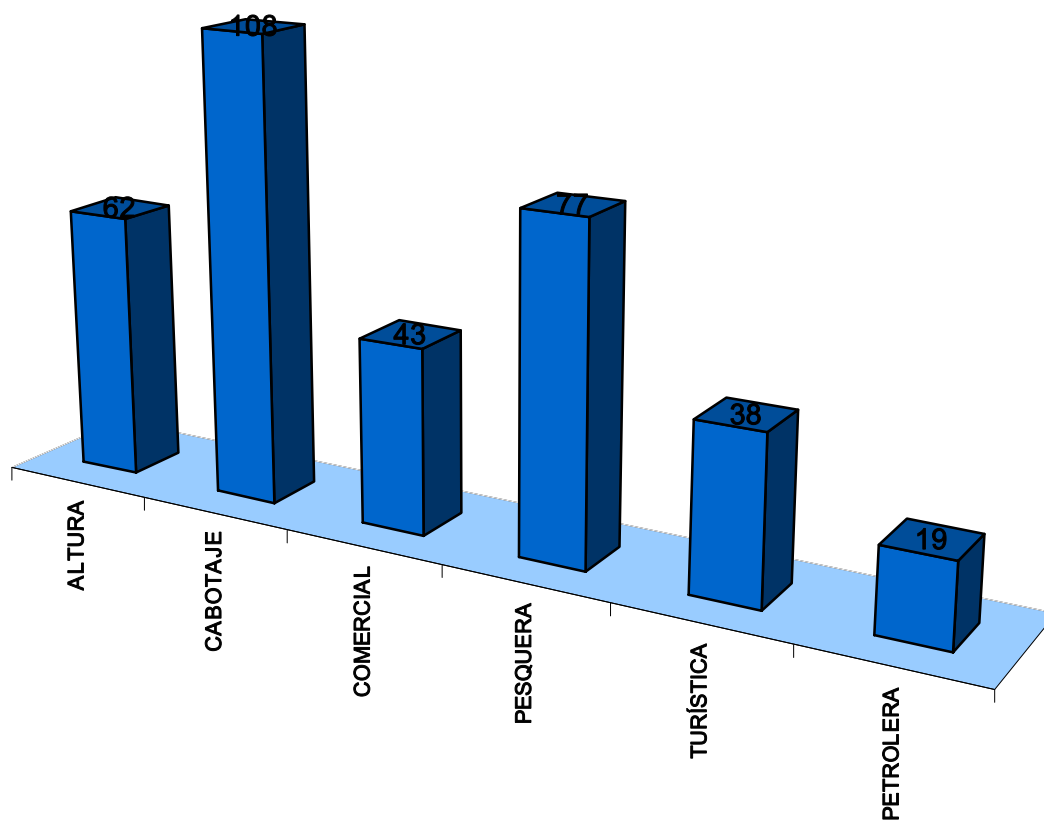




## II.4.1 ACTIVIDADES DE LOS PUERTOS Y TERMINALES EN MÉXICO

### *PUERTOS Y TERMINALES HABILITADOS POR ENTIDAD FEDERATIVA*

Litoral	Tráfico		Actividad			
	Altura	Cabotaje	Comercial	Pesquera	Turística	Petrolera
Pacífico	34	54	22	35	26	10
Golfo y Caribe	28	54	21	42	12	9
<b>Total<sup>2</sup></b>	<b>62</b>	<b>108</b>	<b>43</b>	<b>77</b>	<b>38</b>	<b>19</b>



<sup>2</sup> Los totales por tráfico de actividad no coinciden con el total de puertos por entidad federativa, debido a que algunos de los cuentan con más de una actividad y más de un tipo de tráfico. DGP (Dirección General de Puertos), 2001, "Los Puertos Mexicanos en Cifras 1994-2000", S.C.T., México, pág. 21

## II.4.2 ZONA DE INFLUENCIA DE LOS PRINCIPALES PUERTOS<sup>3</sup>

Entidad federativa / Puerto	Ensenada	Guaymas	Topolobampo	Mazatlán	Manzanillo	Lázaro Cárdenas	Salina Cruz	Altamira	Tampico	Tuxpan	Veracruz	Coatzacoalcos	Campeche	Progreso	Puerto Madero
Baja California	X	X													
Baja California Sur			X												
Sonora	X	X	X	X											
Chihuahua		X	X					X	X						
Sinaloa		X	X	X											
Durango					X			X	X		X				
Coahuila					X			X	X		X				
Nuevo León					X			X	X	X	X				
Tamaulipas								X	X						
Zacatecas					X			X	X						
San Luis Potosí					X			X	X		X				
Nayarit				X	X										
Jalisco				X	X			X	X		X				
Aguascalientes					X			X	X						
Guanajuato			X	X				X	X		X				
Querétaro				X		X		X	X	X	X				
Hidalgo					X			X	X		X				
Veracruz							X		X	X	X	X			
Colima					X										
Michoacán					X	X		X	X		X				
Edo. De México					X	X		X	X	X	X	X			
Tlaxcala											X	X			
Puebla										X	X	X			
D.F.					X	X		X	X		X	X			
Morelos					X	X			X		X				
Guerrero						X									
Oaxaca							X				X	X			
Tabasco												X	X	X	
Chiapas							X				X	X			
Campeche											X	X	X	X	
Yucatán											X	X	X	X	X
Quintana Roo													X	X	X

<sup>3</sup> DGP (Dirección General de Puertos), 2001, "Los Puertos Mexicanos en Cifras 1994-2000", S.C.T., México, pág. 34

## ALTAMIRA



## MANZANILLO

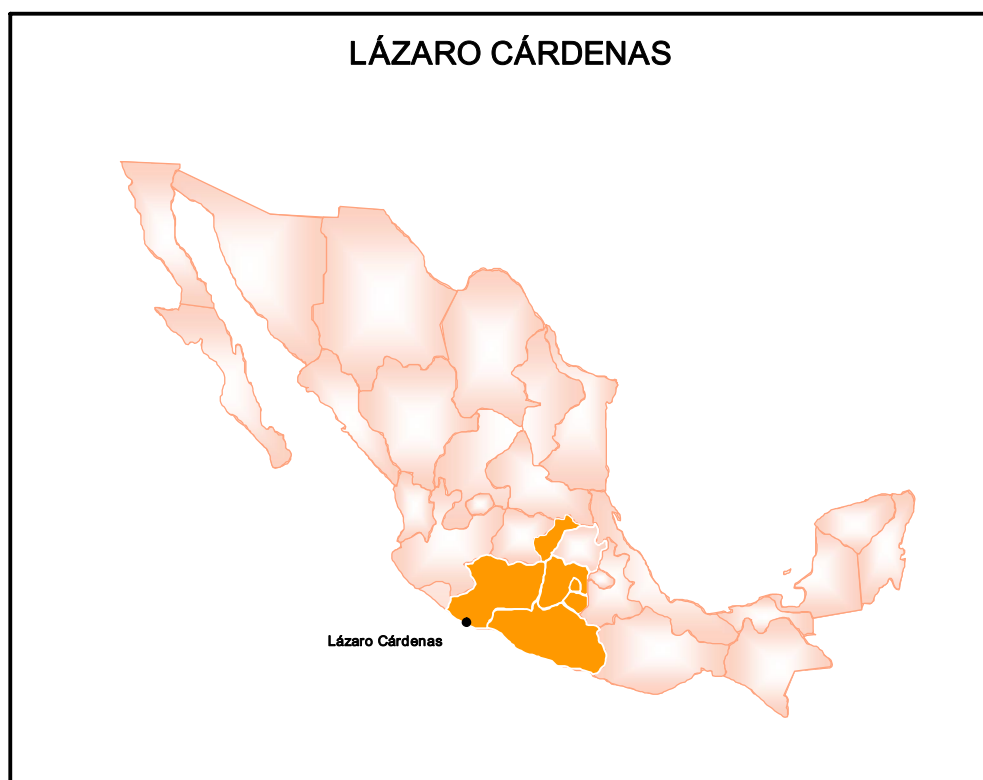


# VERACRUZ



# TAMPICO



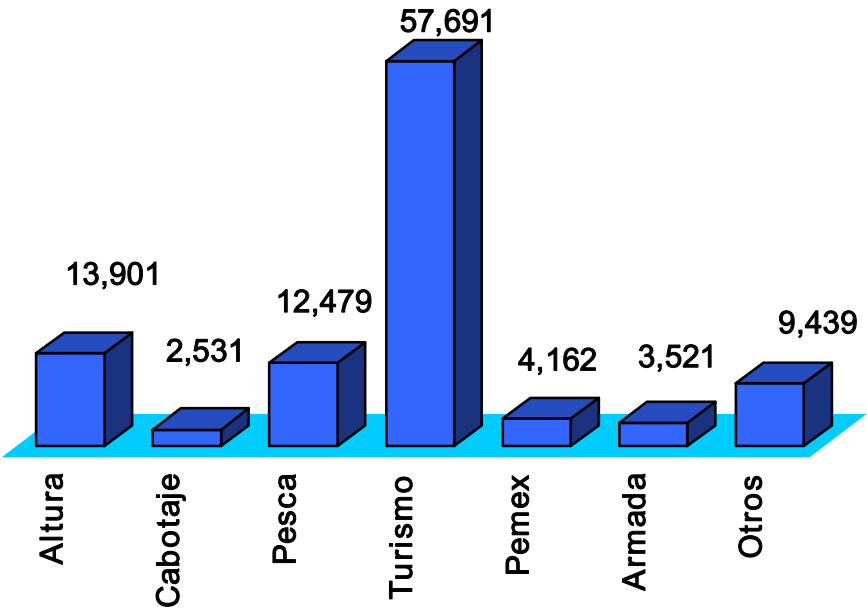


#### II.4.3 LONGITUD DE ATRAQUE POR LITORAL <sup>4</sup> (metros)

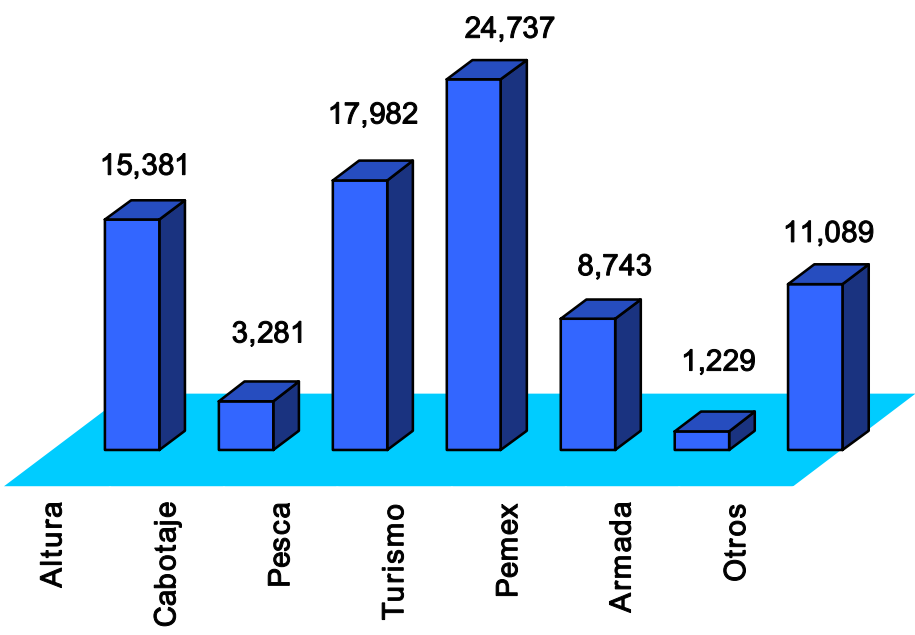
Litoral	Comercial		Pesca	Turismo	PEMEX	Armada	Otros	Total
	Altura	Cabotaje						
<b>Pacífico</b>	13,901	2,531	12,479	57,691	4,162	3,521	9,439	103,724
<b>Golfo y Caribe</b>	15,381	3,281	17,982	24,737	8,743	1,229	11,089	82,442
<b>Total</b>	<b>29,282</b>	<b>5,812</b>	<b>30,461</b>	<b>82,428</b>	<b>12,905</b>	<b>4,750</b>	<b>20,528</b>	<b>186,166</b>

<sup>4</sup> DGP (Dirección General de Puertos), 2001, "Los Puertos Mexicanos en Cifras 1994-2000", S.C.T., México, pág. 53

### PACÍFICO



### GOLFO Y CARIBE

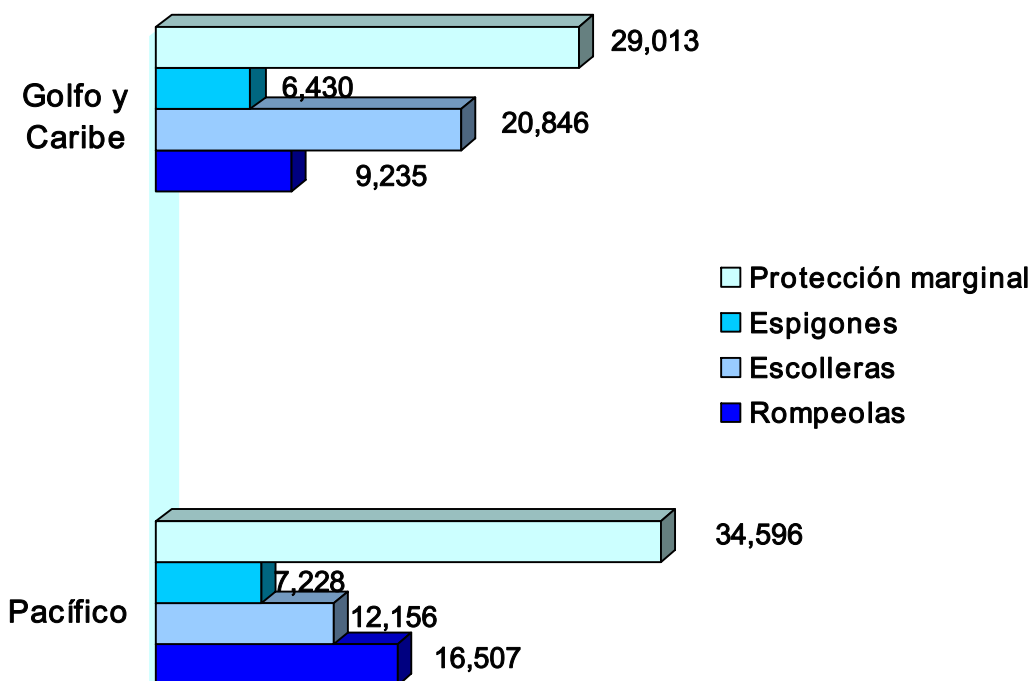




#### II.4.4 OBRAS DE PROTECCIÓN POR LITORAL <sup>5</sup> (metros)

Litoral	Rompeolas	Escolleras	Espigones	Protección marginal	Total
Pacífico	16,507	12,156	7,228	34,596	70,477
Golfo y Caribe	9,235	20,846	6,430	29,013	65,524
Total	25,742	33,002	13,648	63,609	136,001

#### LONGITUD DE OBRAS DE PROTECCIÓN



<sup>5</sup> DGP (Dirección General de Puertos), 2001, "Los Puertos Mexicanos en Cifras 1994-2000", S.C.T., México, pág. 58

## II.4.5 IMPORTANCIA DE LOS PUERTOS DEL GOLFO Y DEL CARIBE

### Rutas Comerciales

Línea Naviera	Rutas de Origen y Destino
<b>Ensenada</b>	
Sean Land Service Inc.	Long Beach, E.U.-Manzanillo, Méx.-Puerto Quetzal, Guatemala-Manzanillo, Mazatlán, Ensenada, Méx.
Toko Kaiun Kaisha LTS	Yatawa, Japón- Long Beach, E.U.- Ensenada, Mazatlán, Manzanillo, Méx.
Transportación Marítima Mexicana	Yokohama, Japón-Ensenada, México.
<b>Baja California Sur</b>	
Seatur S.A. de C.V	La Paz, Topolobampo, Mazatlán, Guaymas, México.
Minera Reformes, S.A. de C.V.	San Juan de la Costa, Lázaro Cárdenas, México.
CLS International	San Marcos, México- Los Angeles, E.U. – Plumber, Canadá.
Tamai Steamship C. LTD	Santa María, México- Chiba, Japón.
<b>Cabo San Lucas</b>	
Princess Cruises	Los Ángeles, E.U.- Los Cabos, Mazatlán, Méx.
Celebrity Cruise Line	Acapulco, Los Cabos, Méx. – San Diego, E.U.
Royal Caribbean Cruise	San Diego, E.U.- Los Cabos, Mazatlán, Méx.
<b>Mazatlán</b>	
Sean Land Service Inc.	Long Beach, E.U.-Manzanillo, Méx.-Puerto Quetzal, Guatemala-Manzanillo, Mazatlán, Ensenada, Méx.
Wallenius Line	Puertos de Europa –Mazatlán, Méx. – Long Beach, E.U.
<b>Puerto Vallarta</b>	
Carnival Cruise Line	Los Ángeles, E.U.- Puerto Vallarta, Cabos San Lucas, Mazatlán, Méx.
<b>Manzanillo</b>	
Transportación Marítima Mexicana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asia- Norteamérica- México</li> <li>• Centroamérica- México</li> </ul> Sudamérica – Centroamérica- México
J. Lauritzen Inc.	Oceanía - México - Chile
Clipper Denmark, APS.	Puertos de Nueva Zelanda
Choyang Line	Asia- Norteamérica- México- Panamá- Europa
<b>Salina Cruz</b>	
Transportación Marítima Mexicana	Buenaventura, Colombia- Guayaquil, Ecuador-Callao, Perú- San Antonio, Chile- Puerto Caldera, Costa Rica- Puerto Quetzal, Guatemala- Salina Cruz, Manzanillo, Méx.

Nippon Yusen Kaisha, NYK	Salina Cruz, Méx. - Puerto Quetzal, Guatemala – Acajutla, - Puerto Caldera, Costa Rica - Buenaventura, Colombia - Guayaquil, Ecuador - Callao, Perú- San Antonio, Chile- Pusan, Corea- Hong Kong, China – Keelung, Taiwan – Kobe, Nagoya, Yokohama, Japón.
--------------------------	--

Línea Naviera	Rutas de Origen y Destino
<b>Altamira</b>	
Transportación Marítima Mexicana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Róterdam, Holanda – Amberes, Bélgica- Thamesport, Inglaterra- Bremerhaven, Alemania- Veracruz, Altamira Méx.</li> <li>• Veracruz, Altamira, México – New Orleans, Houston, E. U.- Salvador, Río de Janeiro, Santos, Río Grande, Itajai, Brasil- Buenos Aires, Argentina.</li> </ul>
Compagnia Maritime de Afferment	Veracruz, Altamira, México – Freeport, Bahamas, Miami, E.U.
Columbus Line	Altamira, Veracruz, México – Puerto Limón, Costa Rica, Manzanillo, Panamá- Cartagena, Colombia- Barranquilla, Buenaventura, Colombia- Puerto Cabello, Venezuela –Puerto España, Trinidad y Tobago- Fortaleza, Santos, Río Grande, Itajai, Paranagua, Salvador, Brasil- Buenos Aires, Argentina, Montevideo, Uruguay- New Orleans, Houston, E. U.
<b>Tampico</b>	
Hoegh Line	Tampico, México- Liverpool, Reino Unido- Hamburgo, Alemania, Róterdam, Holanda – Amberes, Bélgica- Bilbao, Barcelona, Valencia, España- La Habana, Cuba – Veracruz, Tampico, México.
Línea Amazónica Peruana	Tampico, México- Houston, New Orleans Everglades, E.U- Tolu, Colombia- Manaus - Leticia, Colombia Iquitos, Perú- Tampico, México.
Global Line	Tampico, México – Houston, Miami, E.U.- - Fortaleza, Brasil – Buenos Aires, Argentina, Montevideo, Uruguay- Itajai, Santos, Río de Janeiro, Brasil- Puerto Cabello, Venezuela- Puerto Cortés, Honduras- Veracruz, Tampico, México.
<b>Tuxpan</b>	
Panca S.A. de C.V.	New Orleans, E.U.- Tuxpan, México.
Stolt Tankers Inc.	Houston, E.U.- Tuxpan, México.

<b>Veracruz</b>	
Safbak	Veracruz- Adbijan- Ciudad del Codo –Durban-Veracruz
Cargo Port Transportation	Veracruz, Cartagena- Puerto Cabello- Veracruz.
VW Transport	Veracruz, Puertos de la Costa del Este de E.U.-Veracruz.
<b>Coatzacoalcos</b>	
Sunbulk Shipping	Coatzacoalcos, Tampico, México.
Navimin	Coatzacoalcos, México- Tampa, E.U.
Seatrade Chartering Reefer	Coatzacoalcos, México- Bélgica.

Línea Naviera	Rutas de Origen y Destino
<b>Campeche</b>	
Armamex y Pemex	Cd. del Carne, Coatzacoalcos, Progreso, Frontera, Tampico, Salina Cruz, México.
Líneas Menores	Cayo Arcas, Coatzacoalcos, Frontera, Tampico, Veracruz, México.
<b>Progreso</b>	
Línea Peninsular	Progreso, México- Mississipi, E.U.
Crowley American Transport	Progreso, México-Everglades, Jacksonville, E.U.-Progreso, Tampico, Veracruz, México.
Cubalse	Progreso, Tampico, México- La Habana, Cuba- Río Haina, Rep. Dominicana, Cristóbal, Panamá- Progreso, Veracruz, México.
Commodore Cruise Line	Progreso, México- New Orleans, E.U.- Cozume, Progreso, México
<b>Quintana Roo</b>	
Marítima Chankanaab S.A. de C.V.	Cozumel, Puerto Morelos, Cozumel, México.
Marítima Isla Mujeres S.A de C.V.	Punta Sam, Isla Mujeres, Punta Sam, México.
Premier Cruise	Gran Caimán, Isla Caimán- Cozumel, México – Florida, E.U.
Holland America Line Westours, Inc.	Florida, E.U.- Cozumel, México – Ocho Ríos, Jamaica- Gran Caimán, Islas Caimán.

## II.5 HISTORIA DEL PUERTO DE PROGRESO

El puerto de Progreso fue fundado por Don Juan Miguel Castro en 1872, y por su ubicación estratégica a solo 36 Km. de la Ciudad de Mérida, es la salida natural al mar para conectar a la Península de Yucatán con el resto del mundo.

Con el auge del henequén y ante la necesidad de exportar este producto se construyó una batería de 3 muelles de madera, que por un largo tiempo realizaban una eficiente labor en el movimiento portuario que abastecía a la península de todos los productos que llegaban por vía marítima. Estos muelles de madera contaban con un calado oficial de 11 pies, por lo que los barcos tenían necesidad de fondear primero a una distancia de 3 millas mar a dentro, ante la necesidad de ganar mayor profundidad que cubriera las expectativas del movimiento marítimo, se solicitó al gobierno del presidente Lázaro Cárdenas la construcción de un nuevo muelle que cubriera las necesidades del creciente movimiento portuario por lo que en el año de 1937 se contrató a la empresa constructora Danesa Christine and Nielsen quien construyó el viaducto y el atracadero con un costo de 13 millones de pesos y una duración de obra de 11 años, lapso que comprendió los periodos presidenciales del General Lázaro Cárdenas, el General Manuel Ávila Camacho y del Lic. Miguel Alemán Valdez.

En los primeros días del mes de junio de 1947 se puso en servicio la monumental obra con una longitud de viaducto de 1.8 kilómetros y dos muelles de atracadero de 200 metros cada uno con un calado oficial de 15 pies, siendo “El Emancipación” el primer barco que atracó en el muelle.

El llamado popularmente muelle nuevo estuvo completo en sus servicios y durante muchos años, la carga se manejó a través del puerto ayudado por el ferrocarril y el autotransporte, sin embargo, el puerto ante los importantes avances de la región en los aspectos comercial e industrial quedaba limitado a recibir barcos de poco calado que transportaban cuando mucho 3,000 toneladas de productos, haciendo el flete marítimo cada vez menos competitivo.

Es por eso que en el año de 1985 se logró el apoyo del gobierno federal para iniciar la ampliación del puerto de Progreso con la construcción de un viaducto de 4.5 kilómetros adicionales a los 2 kilómetros que ya tenía, para así totalizar 6.5 kilómetros de longitud y desarrollar la actual terminal remota con una superficie de 43,000 metros cuadrados de patios de maniobras y tres posiciones de atraque, esta terminal permite atracar embarcaciones con 23 pies de calado, lo que significa recibir barcos con hasta 18,000 toneladas de productos seis veces más de lo que permitía la Terminal intermedia.

Con esta obra fue posible que llegaran embarcaciones de mayor calado; el estado de Yucatán ha tenido un destacado desarrollo en las industrias avícola, porcícola y de alimentos balanceados, al permitirles a los productores la importación de insumos a costos menores, situando a Yucatán entre los primeros

lugares de producción en la República Mexicana en estas industrias, así mismo ha permitido un importante crecimiento de la industria maquiladora en el estado que aprovechando la ubicación estratégica del puerto nos permite llegar por vía marítima en solo 36 horas a los mercados más importantes de Estados Unidos y Sudamérica creando significativas fuentes de empleo.

A partir de 1993 con la nueva ley de puertos, se forman las Administraciones Portuarias Integrales permitiendo la apertura de las inversiones privadas en los puertos derivados del rápido crecimiento que refleja el dinamismo de la economía de la península de Yucatán.

La Terminal remota a diez años de su puesta en operación mostraba ya signos de saturación no solo en los patios de maniobras y almacenamiento, sino también en las posiciones de atraque al presentarse líneas de espera.

Como ejemplo se menciona el volumen total de carga operado en el puerto al pasar de un millón novecientos cuarenta y siete mil (1,947,000) toneladas en 1995 a tres millones doscientos diez y ocho mil (3,218,000) toneladas en el año 2000, es decir un 65% de incremento y en contenedores 11,000 tus en 1995 a 59,000 tus en el año 2000, lo que representa un crecimiento de 336 % este explosivo crecimiento, motiva a la realización de intensos estudios técnicos y económicos para realizar una nueva expansión del puerto.

## CAPÍTULO III PROYECTO EJECUTIVO

### III.1. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PUERTO DE PROGRESO

Primeramente mencionaremos las características del estado de Yucatán en general, posteriormente nos enfocaremos a las características del Puerto de Progreso.

El estado de Yucatán se encuentra ubicado geográficamente de la siguiente manera:

<b>Coordenadas geográficas extremas</b>	Al norte 21°36', al sur 19°32' de latitud norte; al este 87°32', al oeste 90°25' de longitud oeste.
<b>Porcentaje territorial</b>	El estado de Yucatán representa el 2.0% de la superficie del país.
<b>Colindancias</b>	Yucatán colinda al Norte con el Golfo de México; al Este con Quintana Roo; al Sur con Quintana Roo y Campeche; al Oeste con Campeche y el Golfo de México.



La mayor parte de su territorio es una planicie de origen cárstico, constituida por rocas calizas; tiene una cadena de pequeñas elevaciones conocida con el nombre de la Sierrita. No existen corrientes de agua superficial, todas son subterráneas, debido a que el agua de lluvia se infiltra y forma cenotes; también existen colinas, que son hundimientos en los que no aflora el manto freático. Su costa es baja, con un litoral arenoso, amplio y de dunas altas. Frente a la ribera del Golfo y lejanos a la costa están unos islotes estériles y semidesiertos: Cayo Arenas y el Arrecife de los Alacranes, formados por bancos de coral.

Yucatán presenta altas temperaturas en todo su territorio, esto se debe a diversos factores, entre ellos: la escasa altitud, que va del nivel del mar, el relieve plano o escasamente ondulado y la ubicación al sur del Trópico de Cáncer, es decir, depende de la altura sobre el nivel del mar, de la época del año, de la presencia o escasez de las lluvias y de la intensidad con que soplan los vientos. Presenta variantes del clima cálido: semiseco a lo largo del litoral y subhúmedo en el resto del territorio.

El estado de Yucatán tiene las mismas características geológicas que los otros dos estados que componen la Península de Yucatán; en este estado la roca sedimentaria cubre 95.8% de su territorio y sólo 4.2% es de suelo. La roca sedimentaria del período terciario abarca 82.6%, se localiza en todo el estado excepto en su parte Norte; donde aflora la roca sedimentaria del cuaternario con 13.2% y paralelamente a la línea de costa, se ubica el suelo.

Toda la superficie estatal queda comprendida en la Era del Cenozoico con una edad aproximada de 63 millones de años.

El Puerto de Progreso está ubicado estratégicamente para servir a la península de Yucatán. Localizado a 32 km. de la Ciudad de Mérida, cuenta con una superficie de 432 km<sup>2</sup>; dispone de enlaces carreteros y ferrocarriles con las ciudades más importantes del país y constituye el principal punto de intercambio comercial marítimo de su zona de influencia, la cual comprende los otros municipios de Yucatán y los Estados de Campeche y Quintana Roo.

En la faja costera que comprende del Este de Telchac puerto al Oeste de Progreso y abarca aproximadamente el 2% de Yucatán, está ubicada la zona de clima seco muy cálido, en ella la temperatura media anual varía de 24° a 26° C y la precipitación total anual es menor de 600 mm.

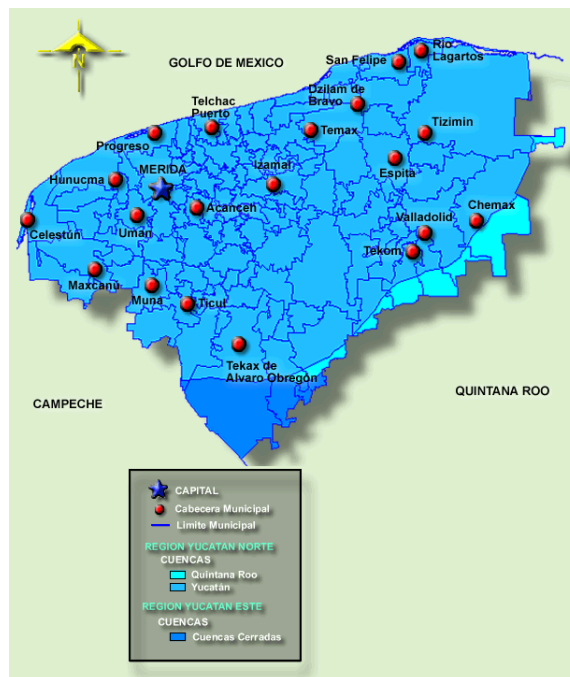
Entre los puertos mexicanos, Progreso es el más cercano al Estado de Florida y se encuentra a pocos kilómetros de Cancún, la zona de mayor desarrollo del turístico de cruceros en el mundo. Se ubica en un punto de cruce de las rutas marítimas Norte-Sur en el continente, así como en las principales rutas de cruceros.



La ubicación geográfica del puerto corresponde a las siguientes coordenadas.

### UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PUERTO

Cabecera	Latitud Norte		Longitud Oeste		Altitud
	Grados	Minutos	Grados	Minutos	Msm
<b>Progreso</b>	21	17	89	40	0



La ciudad y el puerto de Progreso representan alrededor del 2.8% de la población y el empleo del Estado de Yucatán. De los casi 50 mil habitantes (censo 2005) tiene el municipio, mas del 90% se localiza la ciudad de Progreso y su zona conurbana. Considerando las 4 mil hectáreas de uso urbano del centro de la población, se tiene una densidad de 11 habitantes por hectárea.

De los 270 km<sup>2</sup> que tiene el municipio, 210 (78%) son propiedad de ejidos y comunidades que registran los siguientes usos: superficie de labor, con pastos, de bosque o selva y con otros usos; aunque probablemente estas superficies se hayan modificado en los últimos años por el incremento de asentamientos humanos y otros usos.

### **III.2. CONDICIONES PREESTABLECIDAS DEL PUERTO DE PROGRESO**

El Plan Estatal de Desarrollo de Yucatán, establece como líneas de acción específicas, y más relacionadas con el tema de estudio, se proponen las siguientes:

- Ampliar y modernizar la infraestructura de los servicios básicos de apoyo a la actividad industrial, tales como los de comunicación, transporte y energéticos, dando particular importancia a la construcción de la termoeléctrica Mérida III, el gasoducto y la ampliación de instalaciones de servicio en mar y tierra del puerto de altura en Progreso, esto último, para incrementar y hacer más eficiente el manejo de mercancías.
- Promover la inclusión del puerto de altura de Progreso en las rutas de cruceros turísticos participando en la dotación, de la infraestructura necesaria a fin de proporcionar servicios de atraque, desembarque y avituallamiento para embarcaciones turísticas, así como los de migración y aduanas, e instalaciones necesarias en tierra con amplio estacionamiento y servicios complementarios y constituirlo como punto de turismo naviero.
- Establecer los servicios necesarios para aprovechar óptimamente todas las instalaciones del puerto de altura, con fines turísticos.

De acuerdo con lo establecido anteriormente podemos visualizar la latente necesidad de la Ampliación del puerto de Progreso que tendría una influencia inmediata en la zona de Yucatán.

Para la elaboración de cualquier proyecto de ingeniería civil es necesario conocer los aspectos que influirán en la factibilidad del desarrollo de dicho proyecto. Dentro de estos se integran aspectos económicos, políticos, sociales y comerciales.

En el Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 se asume que:” Acorde con la estrategia de crecimiento económico, de mejoramiento y ampliación de la infraestructura física para el desarrollo; el Gobierno Federal impulsara acciones específicas para cada región.

A su vez, el Programa de Desarrollo del Sector Comunicaciones y Transportes 1995-2000, en su capítulo de Puertos, especifica como objetivo “Contar con infraestructura y servicios modernos; con calidad y precios competitivos; para atender eficientemente el manejo de cargas y a la industria de cruceros turísticos, y enlazar de manera más apropiada a los puertos con los otros modos de transporte.

Para el proyecto de ampliación del puerto Progreso, se consideraron pertinentes las siguientes estrategias del programa sectorial:

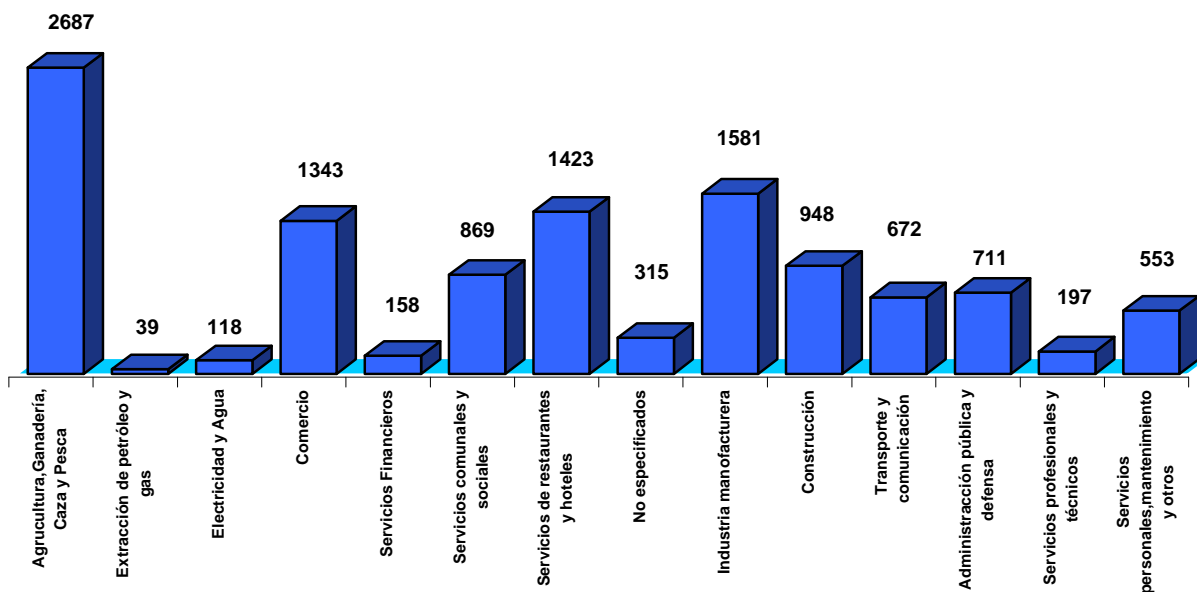
- Apoyar, con recursos presupuestales, la construcción de obras de infraestructura cuya responsabilidad incumbe al Gobierno Federal o que complemente inversiones de particulares, cuidando que satisfagan criterios de rentabilidad social.
- Procurar una mayor interacción de los puertos con los diferentes modos de transporte, para alcanzarlos de manera eficiente con los mercados a los que sirven.

Del mismo programa destacan como líneas de acción las que se enlistan en seguida:

- Fortalecer la promoción de los puertos turísticos y la ampliación de la oferta de servicios a los pasajeros de cruceros, así como promover la construcción de las marinas turísticas.
- Desarrollar la infraestructura que permita un enlace eficiente entre los puertos las carreteras y los ferrocarriles.
- Fortalecer la coordinación con los gobiernos estatales y municipales en materia de desarrollo urbano mediante la integración y actuación eficiente de las comisiones consultivas en los puertos, sujetos a administración integral.

A partir de la construcción e inicio de operaciones de la terminal remota en 1989, Progreso ha experimentado una gradual diversificación económica, sobre todo relacionado con los servicios de transporte de carga y la prestación de otros servicios relacionados con la operación portuaria. La ciudad misma ha modificado fisonomía con las importantes obras de libramiento costero y los rellenos derivados de este.

En la estructura de actividades económicas del municipio sobresalen por su participación porcentual mayor a la que registra el estado como todo el transporte, las comunicaciones, los servicios personales, mantenimiento y otros.



Los servicios con los que cuenta la ciudad son escasos y obsoletos, en materia energética se encuentra en marcha un proyecto para una nueva subestación en la ciudad de Progreso ya que la actual con una capacidad de 13,200 kilowatts no es suficiente y se planea instalar una de 112,000 kilowatts para atender la demanda no solo de la población sino también las actividades del puerto que se elevaran mucho a partir de la instalación de una nueva infraestructura.

Los servicios de agua potable presenta deficiencias derivados de la antigüedad de la red existente, la presión es baja y en ciertas zonas se requiere contar con cisterna; el suministro viene de pozos de captación, que en 1997 el municipio contaba con 26, de los cuales se bombea a Progreso y llega a cárcamos de rebombeo donde se potabiliza el agua.

El drenaje pluvial no existe, por lo que las lluvias intensas generan inundaciones en la ciudad. El municipio cuenta con drenaje sanitario a base de fosas sépticas, y sólo en las nuevas urbanizaciones se tiene prevista la instalación de una red de alcantarillado.

El sistema de recolección-disposición de residuos sólidos tiene limitaciones importantes, el relleno sanitario esta saturado y mal ubicado ya que éste se encuentra en la zona de la ciénega; el manejo y disposición de residuos sólidos se agravará con la intensificación de las operaciones del puerto y, particularmente, con el aporte de los cruceros que arriban cada vez con mayor frecuencia.

El equipamiento en materia de educación es suficiente. No así el de la salud, que sin embargo se subsana por la cercanía de la ciudad de Mérida, solamente se cuenta con un hospital privado.

Las telecomunicaciones han avanzado con rapidez, y se cuenta con una red de fibra óptica en la ciudad de Progreso que atenderá la demanda futura.

El servicio de gas se presta a través de cilindros (gas LP) y atiende con suficiencia la demanda.

Los combustibles (gasolinas, diesel) tienen como puerta de entrada el puerto de Progreso por lo que su dotación tampoco es problema.

La red vial, tanto la primaria como secundaria presentan dimensiones similares, el estado superficial es bueno ya que cuenta con carpetas asfálticas.

El servicio público de transporte interurbano y suburbano lo prestan los autobuses, pertenecientes a una cooperativa de los cuales el 90% presentan mal estado dan servicio a: Chicxulub, Chelem, Chuberná, y Flamboyanes. A su vez existe otro tipo de transporte representado por combis y taxis.

La expectativa de beneficio comunitario derivado del tiempo se encuentra en la actividad turística que podría desarrollarse en función de los visitantes de cruceros que prefieran quedarse en Progreso en vez de tomar un tour; para ello es necesario contar con la infraestructura para poder brindar un servicio de calidad tanto en las instalaciones como dentro de la ciudad.

### **III.3. TENDENCIA DE CRECIMIENTO**

El punto de partida fue el estudio de Valuación Económica y Financiera de nuevas instalaciones en el puerto de Progreso realizado en 1997, del cual se establecen las bases de pronóstico de crecimiento y tipos de cargas y los volúmenes correspondientes para el período 1997-2006.

- Los grupos de productos que mantendrán su tendencia de crecimiento o la consolidarán, se refieren los relacionados con el henequén, los provenientes de la avicultura y la porcicultura; los alimentos balanceados y de harina de maíz y las consecuentes importaciones de gráneles agrícolas, y los petrolíferos varios.
- Los que podrán provenir del desarrollo de nuevos proyectos o que actualmente se mueven por otros medios de transporte diferente del marítimo. Comprenden sectores como cítricos, hortícola, pesqueros; maquiladoras, carga general y pasajeros movidos en transbordadores y pasajeros de cruceros.

## **Expectativas operativas en el manejo de la carga:**

### **Carga general**

En este renglón destaca en forma primordial lo relativo al manejo de cargas por contenedores. Normalmente en el conjunto portuario mundial, el movimiento de carga de este tipo y sus posibilidades de crecimiento deben asociarse con un factor fundamental que es la ubicación del puerto respecto de flujos de comercio potenciales. Existe una gran desventaja frente al puerto de Veracruz, las líneas navieras que arriban a este puerto proveniente de Sudamérica solo tienen esta opción, y la posibilidad de llegar a Progreso se ve limitada por la profundidad de operación.

En el caso de Progreso, el estudio de evidencia que es la fuente principal de generación de carga proviene del propio desarrollo de la industria de maquila local, en sus dos sentidos de flujo, el de los insumos necesarios para ella y el de envío de los productos terminados. El estudio de referencia no identifica opciones de constituir Progreso en un puerto de concentración y distribución de carga internacional.

- Una posición exclusiva para el movimiento de contenedores podrá atender adecuadamente las demandas previstas para todo el conjunto de carga general, suelta, permitiendo resolver la principal debilidad de las instalaciones actuales consistente en la escasa área de almacenamiento.
- El equipamiento y las instalaciones complementarias, particularmente la bodega de consolidación y de desconsolidación no se contempla como una inversión del Gobierno Federal, ni de la API. Tales inversiones serán responsabilidad del operador privado al que en su momento se le haría la cesión de derechos y obligaciones correspondientes.
- El manejo de la carga general suelta y la que se consolide o desconsolide, así como de los contenedores en servicio puerta a puerta, dadas las distancias a los orígenes o destinos de tales cargas, será en autotransporte, no sólo por distancia, si no por la flexibilidad y demanda de eficiencia y oportunidad que ofrece esta forma de transporte.

### **Cruceros**

Este nicho del mercado portuario, se integra por las dos vertientes clásicas, los cruceros propiamente dichos y los transbordadores. Respecto del primero, la mejora en las condiciones operativas de los cruceros, es un factor de atracción importante, a lo que se suma el despunte del nuevo circuito del Golfo que podría usar Progreso como un puerto final del circuito con todas las atracciones ya sabidas. Sin embargo, son los transbordadores los que presentan mayores

posibilidades de desarrollo por dos razones, la primera que es la menor exigencia en términos de profundidad para recibir embarcaciones de este tipo y la segunda es el hecho de contar ya con un puerto en la península que ofrece la posibilidad de desarrollar circuitos que tocan varios puntos de atracción tierra adentro.

- La posición de ataque para la terminal turística, deberá contar con las facilidades para el atraque de transbordadores además de los convencionales para los cruceros.
- El movimiento de pasajeros, en ambos casos, se hará seguramente por autotrasporte, ya que éste medio permite una gran flexibilidad para las diversas combinaciones que podrían establecerse de acuerdo con los intereses de los pasajeros de los cruceros, y obviamente para los transbordadores que usarían sus propios vehículos.

La evolución del mercado de los graneles agrícolas, desde el momento que el sector público transfirió el sector privado, su importación y posterior comercialización evidenció, por una parte, que la capacidad de desembarque estaba, en gran medida, condicionada a la de la planta de recepción, lo que ocasionaba problemas de congestión al puerto, al no poder desalojar los granos con la misma rapidez con que podían descargarse en sistemas en que contaba con almacenamiento regulador y por otra, que el ferrocarril sólo podía funcionar eficientemente cuando la distancia y la capacidad del centro receptor aseguraban ciclos más económicos que la oferta del autotransporte.

### **Productos petroleros**

En este caso, los pronósticos elaborados sufrirán una reducción considerable, toda vez que el combustible seleccionado para las termoeléctricas ha sido el gas, para lo cual, se está en proceso de construir un gasoducto para este suministro.

Sin embargo, es posible que por razones de tipo ecológico que en breve restringirá el uso de amarradores y boyas para carga de productos petrolíferos, obligará a destinar una posición de atraque para este servicio.

### **Conclusiones generales para fines de planeación general**

#### **a) Largo plazo**

- Es evidente que la secuencia de desarrollo debe tomar en cuenta el impacto que tendrá la ampliación propuesta en las instalaciones actuales, derivado de la reorganización de la operación del puerto al disponer, sobre

todo de mayores áreas de almacenamiento para la carga general por medio de contenedores.

- La secuencia de inversión en infraestructura a cargo del sector público, deberá tomar en cuenta el grado o posibilidades de desarrollo de los mercados específicos cuya explotación estará bajo las responsabilidades de optimización de la infraestructura disponible y su complementación, así como en la racionalización de las ofertas de servicio respecto de las características del mercado al que se pretende atender.
- No se contempla oportunidad de competencia del ferrocarril frente al autotransporte, lo cual, sumado a que la operación de aquél modo de transporte estaría a cargo del sector privado y que muy probablemente se tendría que involucrar en el paquete de licitación del ferrocarril del sureste, no hay evidencia de posibilidad de negocio. Existen, en cambio, posibilidades alternativas de uso de los recursos para la instrumentación del proyecto ferroviario que podrían tener impacto más favorable desde el punto de vista del desarrollo comercial de las nuevas instalaciones.

#### **b) Corto plazo**

- La opción de corto plazo debe sustentarse en consideraciones relacionadas con la oportunidad y tiempo de entrada en servicio respecto de proyectos tales como el circuito turístico del Golfo de México o de la necesidad de impulsar la oferta de servicios de valor agregado para la industria de maquila. A éste respecto, es prioritario garantizar condiciones adecuadas de protección para la nueva ampliación sobre la necesidad de incrementar profundidad. Lo anterior en la hipótesis de que hubiera limitación en la disponibilidad de recursos de inversión.
- Respecto de lo anterior, es manifiesta la necesidad de examinar una opción de desarrollo a corto plazo que compagine la satisfacción de las demandas de largo plazo con la posibilidad de ampliar la capacidad de las instalaciones actuales, lo que otorgaría mayores beneficios ya que con una inversión que podría considerarse marginal, se lograría un incremento de dicha capacidad.

### **III.4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

La ampliación del puerto Progreso es la principal obra portuaria de la actual administración federal, y probablemente de los últimos 20 años en este sector. Constituirá una base sólida para el desarrollo no sólo del Estado de Yucatán sino también de la península entera. Así como las expectativas que despertó la primera



fase de la ampliación del puerto, cuando se construyó la terminal remota en 1989 fueron cumplidas en unos cuantos años, esta nueva ampliación habrá de fortalecer la competitividad regional y denotar múltiples actividades que generarán empleos y mayor bienestar en la zona.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), a través de su Dirección de Obras Marítimas de la Coordinación General de Puertos y Marina Mercante, y con el apoyo del Gobierno del Estado de Yucatán y la Administración Portuaria Integral de Progreso, S.A. de C.V., formularon un estudio para contribuir al análisis y la toma oportuna de decisiones en relación a las ampliaciones que tendrá previsiblemente este proyecto de la ampliación del puerto, que concluyó en el tercer trimestre del 2000, sobre los sistemas urbanos, ambiental y de transporte vinculados a Progreso.

Las obras que se realizaron prevén un aumento muy significativo en la capacidad actual del manejo de carga del puerto. Esto es así porque se multiplicará casi por 7 veces la superficie de la terminal remota, se habilitarán terminales especializadas para el manejo de granos agrícolas y contenedores, se profundizó el canal de acceso al puerto, y se construyeron dos carriles más en el viaducto que conecta la terminal remota con la costa y la ciudad de Progreso.

Se construirá, una terminal para cruceros y transbordadores, e instalaciones nuevas y modernas para el proceso de revisión aduanera. Más adelante el proyecto contempla el desarrollo de instalaciones para una marina turística.

En los cuadros siguientes se resumen las características físicas y operativas del proyecto, comparándolas con las condiciones que guarda actualmente el puerto.

<b>CONCEPTO</b>	<b>CONDICIONES ACTUALES</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO</b>
	<b><i>Características generales</i></b>	
Profundidad máxima (metros)	7.9	12.0
Longitud del canal de acceso (kilómetros)	--	7.6
Ancho de plantilla del canal de acceso (metros)	--	150 a 180 (en tramo curvo)
Superficie de la plataforma de operaciones (hectáreas)	3.5	24
Carriles de viaducto	2	4

CONCEPTO	CONDICIONES ACTUALES	CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO
	<i>Terminal especializada de contenedores</i>	
Longitud de muelle (metros)	--	250
Superficie(hectáreas)	--	14.15
Capacidad máxima de manejo de contenedores(TEUS)*	--	210,000
<b>Características de los barcos de contenedores</b>		
Eslora (/metros)	130	248
Magna (metros)	23	28
Calado (metros)	7	10.30
Capacidad de carga (TEUS)	240	2,570

CONCEPTO	CONDICIONES ACTUALES	CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO
<b>Terminal Especializada en Granos Agrícolas</b>		
Longitud de muelle (metros)	270 (muelle común)	250
Superficie (hectáreas)	--	1.57
Capacidad de descarga(toneladas/hora)	450	1,100
Capacidad de almacenamiento (toneladas)	20,000	52,000
<b>Características de los Barcos Graneleros</b>		
Eslora (metros)	127	206
Manga (metros)	17	29
Calado (metros)	7	10.60
Capacidad de carga (toneladas de peso muerto)	18,000	60,000

<b>CONCEPTO</b>	<b>CONDICIONES ACTUALES</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO</b>
<b>Posición de atraque para</b>	<b>Petrolíferos: características</b>	<b>de las embarcaciones</b>
Eslora (metros)	120	170
Manga (metros)	17	29.50
Calado (metros)	4.5	10.11
Capacidad de carga (toneladas de peso muerto)	8,000	30,000

<b>CONCEPTO</b>	<b>CONDICIONES ACTUALES</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO</b>
<b>Terminal de Cruceros y Transbordadores</b>		
Posiciones de atraque para cruceros	--	2
Posiciones de atraque para transbordadores	--	1
Superficie de la terminal (hectáreas)	--	4.75
<b>Características de las Embarcaciones de cruceros</b>		
Eslora (metros)	216	275
Manga (metros)	28	30
Calado (metros)	7	10.5
Capacidad de pasajeros y tripulación	700	4,800

## **CAPÍTULO IV MARCO TEÓRICO**

### **IV.1. DEFINICIONES**

A continuación se menciona el significado de algunas de las palabras que se usaran en los siguientes capítulos

**CALADO.** Es la distancia vertical medida, entre la línea de flotación y el borde inferior de la quilla.

**ESTRIBOR.** Costado derecho de la embarcación, mirando de popa a proa.

**MANGA.** Es la máxima dimensión transversal del buque.

**MAREA.** Es el movimiento periódico y alternativo de ascenso y descenso de las aguas del mar debido a las fuerzas de atracción lunar y solar combinadas con la fuerza centrífuga causado por la rotación de la tierra.

**OLEAJE.** Es la acción y efecto de formación de ondas que se desplazan en la superficie de las aguas por la acción de viento.

**POPA.** Parte posterior de la nave donde se halla el timón.

**PROA.** Parte delantera de la nave.

**PUERTO.** Puerto es el conjunto de obras, instalaciones y organizaciones que permiten al hombre aprovechar un lugar de la costa más o menos favorable para realizar operaciones de intercambio de mercancía entre el trabajo terrestre y marítimo, añadiendo el embarque y desembarque de pasajeros.

**ROMPEOLAS.** Estructura que sirve para proteger una zona costera, puerto, fondeadero o dársena del oleaje.

**SEÑALAMIENTO MARÍTIMO.** Es el conjunto de dispositivos óptimos, acústicos y electromagnéticos que situados en puntos estratégicos sirven para que la embarcación pueda situarse, orientarse o dirigirse a un lugar determinado, así como también para evitar peligros naturales.

**VIENTO.** Corriente horizontal (o casi) de aire que circula con relativa proximidad a la superficie terrestre.

## IV.2 PUERTOS

Un puerto es el lugar de la costa o ribera habilitado como tal por el hombre para la recepción, abrigo y atención de embarcaciones, compuesto por el recinto portuario y, en su caso, por la zona de desarrollo, así como por accesos y áreas de uso común para la navegación interna y afectas a su funcionamiento; con servicios, terminales e instalaciones, públicos y particulares, para la transferencia de bienes y transbordos de personas entre los modos de transporte que enlaza.

En la actualidad y en especial en los países en vías de desarrollo como en México, el puerto es también un polo de desarrollo desde el punto de vista económico-social, pues en éste y sus respectivas ciudades, se realizan actividades que producen empleos al desarrollar las riquezas que potencialmente tienen las costas y esteros donde se localizan.

A su vez, el puerto en algunos casos se ha convertido en centro de fijación de mercancías, materias primas y productos elaborados en un área industrial, que en mayor escala forma los Puertos Industriales. Para las actividades que se desarrollan, se requiere de obras e instalaciones cuyas dimensiones puedan satisfacer los requerimientos de una tecnología de transporte internacional con capacidad para prestar servicios eficientes.

### IV.2.1 CLASIFICACIÓN DE PUERTOS

Ésta clasificación es considerando la Ley de Puertos y la terminología actual en el mundo, los puertos y terminales marítimas se clasifican:

#### 1. Por su navegación, en:

a) *De Altura*, cuando atiendan embarcaciones, personas y bienes, en navegación entre puertos y/o puntos nacionales e internacionales.

b) *De Cabotaje*, cuando solo atiendan embarcaciones, personas y bienes, en navegación entre puertos o puntos nacionales.

#### 2. Por sus Instalaciones y Servicios, en:

a) *Comerciales*, cuando se dediquen preponderantemente, al manejo de mercancías o de pasajeros de tráficos marítimo. Dentro de éstos, se podrán recibir embarcaciones de cabotaje y de altura, así como operar el tráfico comercial internacional; también por sus características físicas, los dedicados al movimiento petrolero y granelero (se incluyen minerales y granos).

b) *Industriales*, cuando se dediquen preponderantemente al manejo de bienes relacionados con industrias establecidas en la zona del puerto o terminal.

c) *Pesqueros*, cuando se dediquen preponderantemente al manejo de embarcaciones y productos específicos de la captura y de proceso de la industria pesquera.

d) *Turísticos*, cuando se dediquen preponderantemente a la actividad de cruceros turísticos y marinas.

e) *Militares*, destinados a la Secretaría de Marina para uso de la Armada de México.

### 3. Por su uso, en:

a) *Públicos*, cuando exista obligación de ponerlas a disposición de cualquier solicitante.

b) *Particulares*, cuando el titular las destine para sus propios fines y a los de terceros mediante contrato.

De acuerdo con lo anterior y considerando la participación del transporte terrestre, los puertos se pueden dividir en:

1. ***Concentradores***.-Son aquellos que concentran las cargas en un área de amplia cobertura, sea por medio de transporte terrestre o marítimo. En este caso, el flujo de mercancías se da hacia el puerto, por lo que deben estar equipados para el manejo de grandes volúmenes con alta eficiencia. *Clasificación terminal tipo de carga*; Carga General Fraccionada, contenedores de 20' ó 40', vehículos y barcasas gránules minerales, agrícolas y fluidos varios (químicos, mieles y otros) Comerciales Petroleras Crudo y derivados Industriales varios (materia prima, productos elaborados y semi-elaborados) pesqueros, cruceros turísticos, transbordadores y marina, pasajeros militares base naval especial.
2. ***Alimentadores***.-Son los que corresponden al caso contrario de los concentradores, ya que el flujo se da hacia el exterior del puerto, pudiendo utilizar también el transporte terrestre o marítimo. Por último, existe el concepto de Puente Terrestre, que se aplica al caso de dos puertos localizados en diferentes océanos o mares, que de alguna manera se ligan por medio de un transporte terrestre eficiente. Como ejemplo, se tiene el caso de los puertos de Salina Cruz, Oax., en el litoral del Pacífico y Coatzacoalcos, Ver., en el Golfo de México, mismos que están separados por sólo 250 km aproximadamente.

## IV.2.2 ELEMENTOS FÍSICOS CONSTITUTIVOS DE LOS PUERTOS

Desde el punto de vista de los puertos, se consideran Obras Exteriores e Interiores, las primeras son aquellas que se realizan en el mar, como son: rompeolas, escolleras, espigones de protección, protecciones marginales y dragados exteriores.

Las Obras Interiores, son las que se llevan a cabo en la zona terrestre de los puertos, como son: el dragado interior de canales y dársenas, obras de atraque, áreas de maniobra, áreas y edificaciones de almacenamiento, accesos y controles de la zona portuaria, así como los edificios administrativos o instalaciones para servicios de reparación y mantenimiento, y aquellas otras que sean necesarias para el funcionamiento del puerto.

Una clasificación objetiva de las obras ó elementos constitutivos de un puerto, de acuerdo a la zona donde se localizan es:

### ÁREAS DE AGUA

#### Accesos al Puerto

- Obras Exteriores
- Bocana
- Canal de Navegación
- Fondeadero y Antepuerto

#### Áreas de Maniobra

- Dársenas de Ciaboga
- Canales Secundarios
- Dársenas de Maniobras Áreas de Servicio
- Dársenas de Servicio
- Otras

### ÁREAS TERRESTRES

#### Muelles y Atracaderos

- Diversos Tipos
- Boyas de Atraque, Suministro y Recalada

#### Zonas de Transferencia

- Carga y descarga
- Maniobras
- Vialidades de circulación

#### Almacenamiento

- Patios
- Cobertizos
- Bodegas
- Silos y tanques

#### Instalaciones Complementarias

- Talleres y muelles de reparación a flote y mantenimiento

- Diques flotantes
- Diques secos
- Varaderos

#### Servicios Portuarios Generales y Especiales

- Edificios Administrativos y terminales
- Abastecimiento de agua, combustible y avituallamiento
- Médicos y sanitarios
- Sistema eléctrico
- Sistema de alumbrado
- Sistema hidráulico
- Servicio de agua
- Sistema contra incendio y plantas de tratamiento
- Control de la contaminación
- Habitaciones
- Laborales y comerciales
- Autoridades y pilotaje
- Control y Vigilancia
- Bardas perimetrales y cercas

#### Equipo

- Mecanización en muelles, bodegas, silos, etc.
- Bodegas de maquinaria y equipo
- Maquinaria y equipo de operación

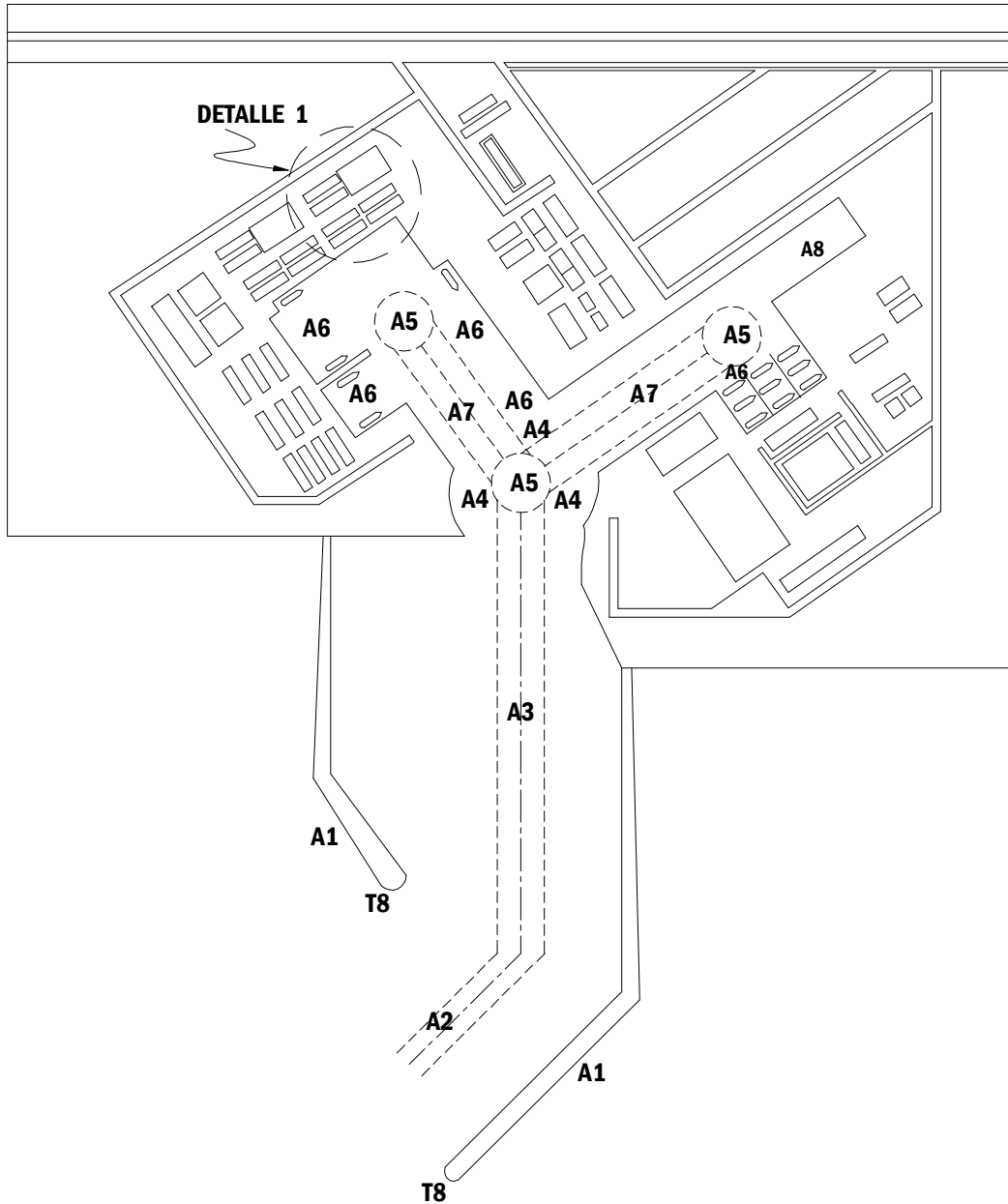
#### Ayudas a la Navegación

- Faros
- Balizas
- Boyas
- Racones
- Radar
- Señales eléctricas
- Sistemas electrónicos de comunicación
- Sistemas de posicionamiento por satélite

#### Accesos Terrestres

- Vialidades interiores y calzadas
- Vías férreas, espuelas y patios de vías
- Estacionamientos
- Controles (de acceso, aduanales, etc.)





## ÁREAS DE AGUA

- A1** OBRAS EXTERIORES
- A2** BOCANA
- A3** CANAL DE NAVEGACIÓN PRINCIPAL
- A4** ANTEPUERTO Y FONDEADERO
- A5** DÁRSENA DE CIABOGA
- A6** DÁRSENA DE MANIOBRAS
- A7** CANALES SECUNDARIOS
- A8** DÁRSENA DE SERVICIOS

## ÁREAS DE TIERRA

T1 MUELLE

T2 ÁREA DE TRANSFERENCIA Y MANIOBRAS

T3 ALMACENAMIENTO

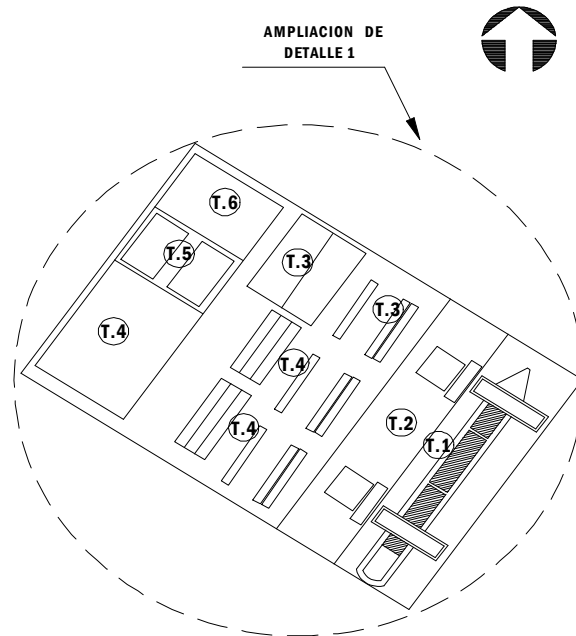
T4 CIRCULACIONES

T5 REPARACIONES

T6 SERVICIOS

T7 ACCESO TERRESTRE

T8 AYUDAS A LA NAVEGACIÓN



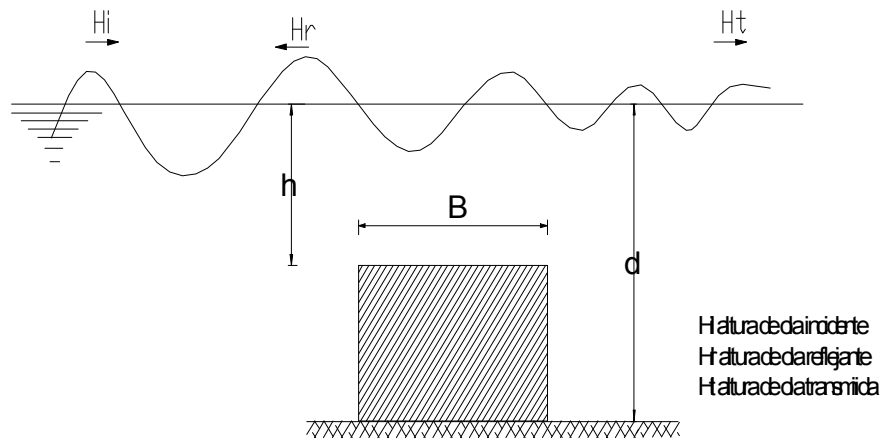
## IV.3 TIPOS DE ROMPEOLAS

Cualquiera que sea la función que se quiera cumplir con un rompeolas, estructuralmente deberá ser capaz de resistir las diferentes condiciones o fuerzas a las que estará sujeto, siendo la principal de ellas la correspondiente al oleaje. Debido a estas características, los rompeolas para su estudio se han dividido en dos grandes grupos:

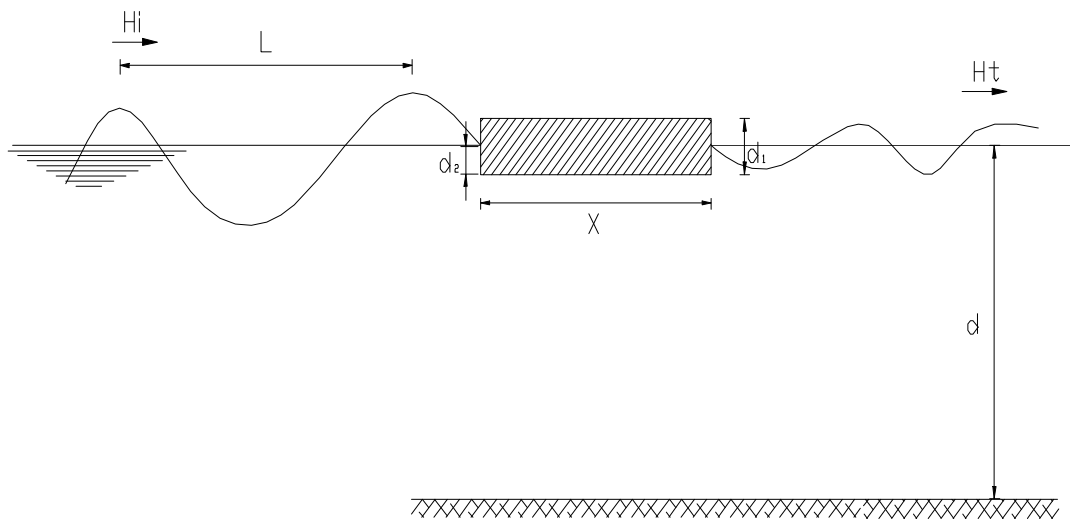
### IV.3.1 Los que amortiguan el oleaje

Esta clase de rompeolas puede decirse que no es muy usual y que su utilización se restringe a casos especiales, existen los siguientes tipos:

- **Rompeolas sumergidos.**- producen una disminución en la altura de la ola incidente, mediante una reflexión parcial.



- **Rompeolas flotantes.**- produce en su funcionamiento un coeficiente de transmisión del oleaje incidente hacia la zona por proteger.



- **Rompeolas neumáticos e hidráulicos.**- el amortiguamiento del oleaje se logra mediante dispositivos especiales que inyectan aire o agua a presión.

### IV.3.2 Los que impiden el paso del oleaje

Los rompeolas que componen este grupo son los más usuales, en relación a la forma que se oponen al oleaje, se pueden clasificar en: de paramento vertical, de paramento a talud y mixto.

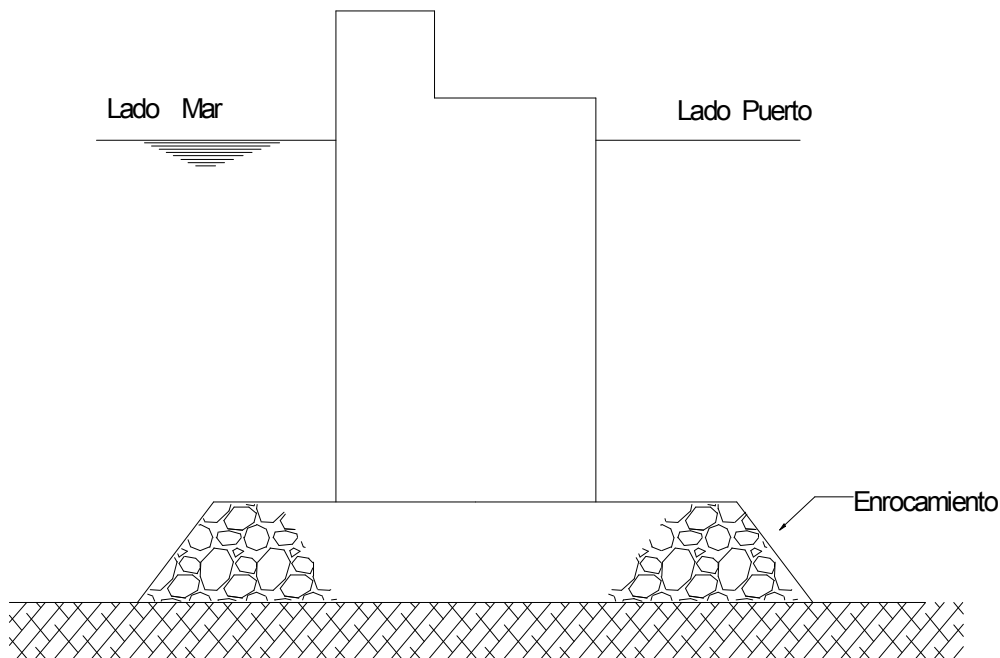
- **Rompeolas de paramento vertical**

Están constituidos por una pared vertical formada, en general, por cajones, de concreto rellenos con arena o roca, sustentados por un enrocamiento (aunque también pueda darse el caso de que descansen en el fondo). Los esfuerzos que el oleaje produce sobre el rompeolas son:

1. resultante vertical ascendente, empuje de Arquímedes.
2. resultante horizontal, función de las características de la ola que choca contra la pared.

Antes de estos esfuerzos el rompeolas opone exclusivamente su propio peso y el rozamiento en su base, los cuales deben ser capaces de garantizar su estabilidad.

En caso de que los esfuerzos del oleaje incidente superen la capacidad resistente, el rompeolas en la mayoría de los casos se deslizará, y, aunque no es muy probable podría producirse un volteo.



- **Rompeolas a talud**

Está constituido, en general, por un núcleo de enrocamiento (piedras relativamente pequeñas), que impiden la transmisión de la energía dada su baja porosidad; éste a su vez, está protegido por una o varias capas también de enrocamiento pero con tamaños crecientes, cuya función es evitar la dispersión del núcleo por la acción del oleaje y que normalmente recibe el nombre de capa secundaria. En algunas ocasiones sobre la coraza de él se construye un parapeto a pared vertical (espaldón) para evitar el rebase del oleaje (overtopping) sobre la estructura.

La última capa, el manto más exterior denominado coraza, puede estar constituido por rocas o bien por elementos prefabricados de concreto y es el que recibe directamente la acción del oleaje, es decir, la capa resistente de esta coraza es la que define la capacidad de todo el rompeolas.

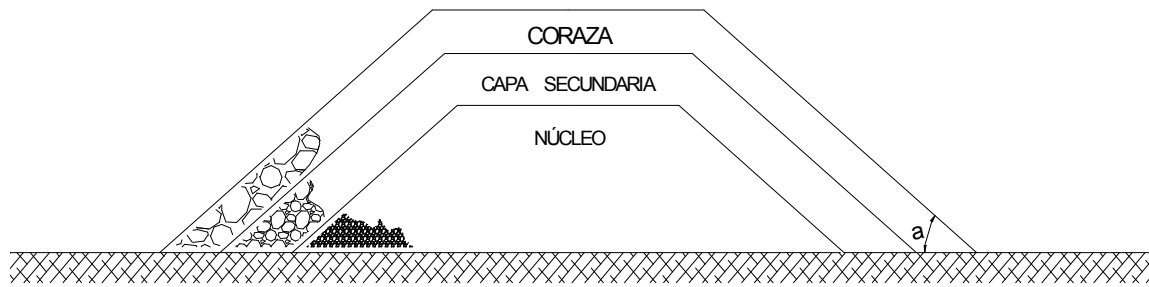
Los elementos prefabricados pueden tener distintas formas, siendo los más empleados: cubos, tetrápodos, dolos, tribares, etc.

Se dice que los elementos de la coraza están colocados, cuando se disponen de una manera ordenada, uno de los aspectos esenciales de esta colocación es el número de elementos por unidad de superficie del rompeolas. Cuando no se coloca el número de elementos previstos en un plan preconcebido, la capacidad de resistencia de la coraza, para una altura de ola de diseño dada, disminuye.

Cuando la colocación de los elementos no se hace con un determinado arreglo se dice que están puestos al azar, esta posición permite una alta rugosidad que se opone a los movimientos ascendentes y descendentes de las olas, además la construcción es más rápida.

La colocación al azar resulta muy conveniente para los bloques simétricos o con forma paralelepípedo, cuya mayor dimensión no sobre pase el doble de las más pequeñas; también es recomendable para el caso de enrocamiento. Por el contrario, esta disposición no es aconsejable para elementos artificiales con formas complejas y relativamente frágiles, cuya resistencia al oleaje reside en gran parte en la trabazón entre los propios elementos, como es el caso de los dolos, tribar, etc. La resistencia que los mantos construidos con estos últimos tipos de elementos oponen al oleaje varían, de igual manera de forma considerable con el porcentaje de los huecos por lo que no es posible dejar al azar estos parámetros.

Por contrapartida a estos inconvenientes, el empleo de elementos con forma compleja permite utilizar piezas cuyo peso es generalmente bastante inferior a los de formas simples o enrocamiento, consiguiéndose además, menores reflexiones y rebase de la estructura.



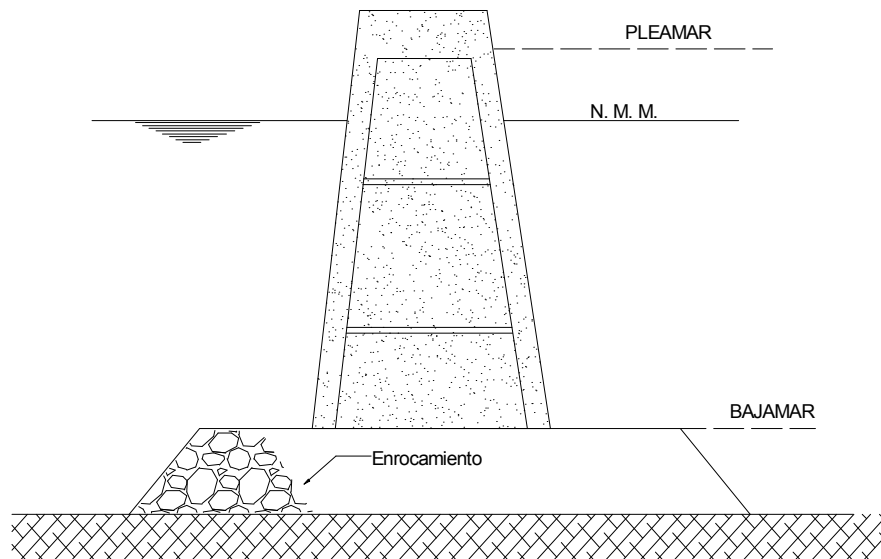
- **Rompeolas mixto**

Consiste en una muralla vertical, que reposa directamente, bien sobre el fondo del mar cuando la profundidad es poca y el terreno resistente o, más usual, sobre un enrocamiento cuya corona se encuentra cuando mucho a nivel de bajamar. La característica fundamental de estos rompeolas es que las olas se reflejan sobre él en condición de pleamar y rompen contra él o contra el talud en condición de bajamar. Cuando el enrocamiento llegue por arriba de pleamar, dejará de tratarse de un rompeolas mixto para ser un rompeolas a talud con espaldón o parapeto.

Para grandes profundidades, las obras a talud requieren grandes volúmenes de materiales, lo cual las pueden hacer relativamente más caras.

Además, es a estas profundidades donde los rompeolas verticales trabajan óptimamente en condiciones reflejantes.

A manera general, por tanto, se puede decir que los rompeolas a talud son más recomendables para profundidades pequeñas y medias, mientras que los verticales lo son para profundidades grandes, pudiéndose optar por un tipo mixto.



Sin embargo, las solicitudes hidráulicas, geotécnicas, la disponibilidad de material ó incluso la disponibilidad de equipo de construcción darán las condiciones que permitan seleccionar algún tipo de rompeolas en particular.

En todos los caso el diseño óptimo de un rompeolas, será aquel que cumpla con los requerimientos para los cuales se construye (proporcionar zonas de calma relativa), al mínimo costo posible de construcción y mantenimiento. Para ello además del dimensionamiento en planta, será indispensable el diseñar sus secciones transversales, a lo largo de su longitud, la cual se acepta en general que está constituida en tres partes: morro, cuerpo y arranque.

En la práctica en nuestro país, los rompeolas que más se construyen son los rompeolas a talud, basándose en todas las experiencias en la materia y en la optimización económica, este oscila entre los 1.25:1 y 2:1.

La selección del rompeolas podrá tener dos diferentes taludes:

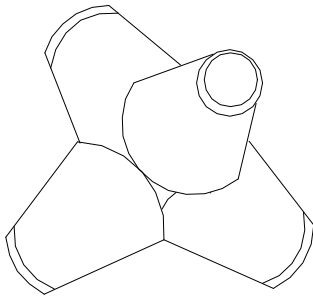
- El talud del lado del mar, cuyo valor se recomienda de 2:1
- El talud del lado protegido, con valor entre 1.25:1 y 1.5: 1

Se recomienda que los elementos de la coraza que constituyen el morro del rompeolas, tengan una extensión en planta de 50 a 150 pies y que sean del mismo peso, tanto del lado del mar como del lado protegido; dependiendo tal longitud; de la propia, del rompeolas, de la elevación de la corona (rebase) y de las condiciones de agitación (oleaje actuante).

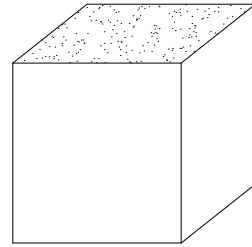
#### IV.4 ELEMENTOS QUE INTEGRAN UN ROMPEOLAS

**Coraza.-** Es la capa que contiene los elementos de mayor peso por ser estos los que están sometidos a la acción directa del oleaje, por lo tanto deberán tener el peso y características necesarias para garantizar la resistencia y estabilidad de la estructura.

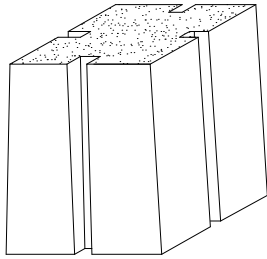
*Tipos de elementos para coraza.-* Cuando no se cuenta con pedreras que nos puedan proporcionar el peso con el material con los pesos requeridos en la coraza, se emplearán algunos elementos de concreto de formas especiales (tetrápodos, cubos, dolos, tribal, akmon, trípode, hexápodo, tribar, etc.), tratando de reducir su peso compensando esto con su forma de tal manera que exista una mayor trabazón entre los elementos, evitando con esto que sean desplazados por las olas de tormenta.



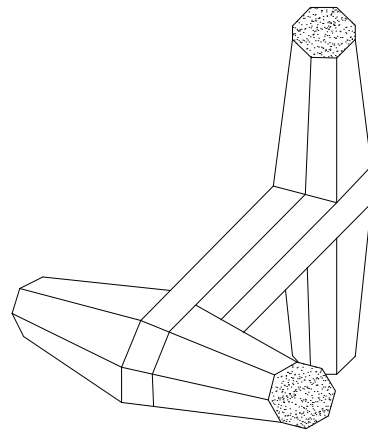
TETRÁPODO



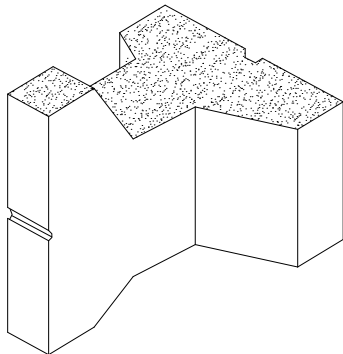
CUBO



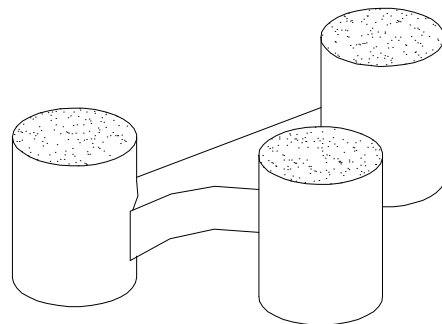
CUBO A  
RANURAS



DOLO

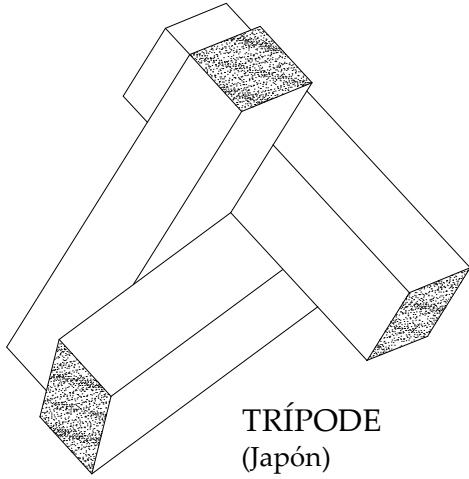


AKMON

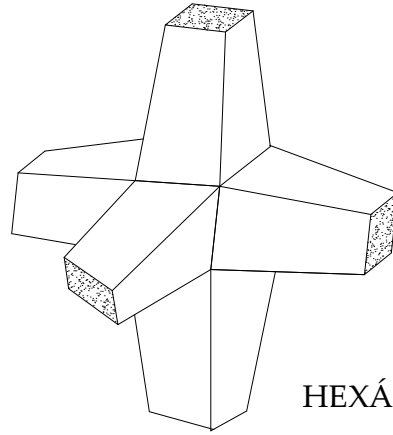


TRIBAR

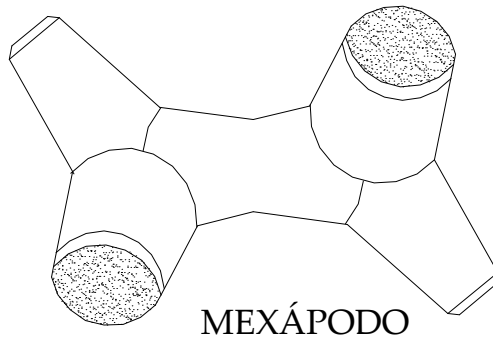




TRÍPODE  
(Japón)



HEXÁPODO



MEXÁPODO

**Capa Secundaria.-** Es una capa de piedra que tiene como finalidad dos funciones:

- Servir de filtro entre la capa de coraza y el núcleo para evitar que por la gran diferencia de tamaño, el material del núcleo sea extraído a través de los espacios que quedan entre los elementos de coraza, por lo que sus dimensiones deberán ser, tales que, no sean menor que los huecos que se mencionan.

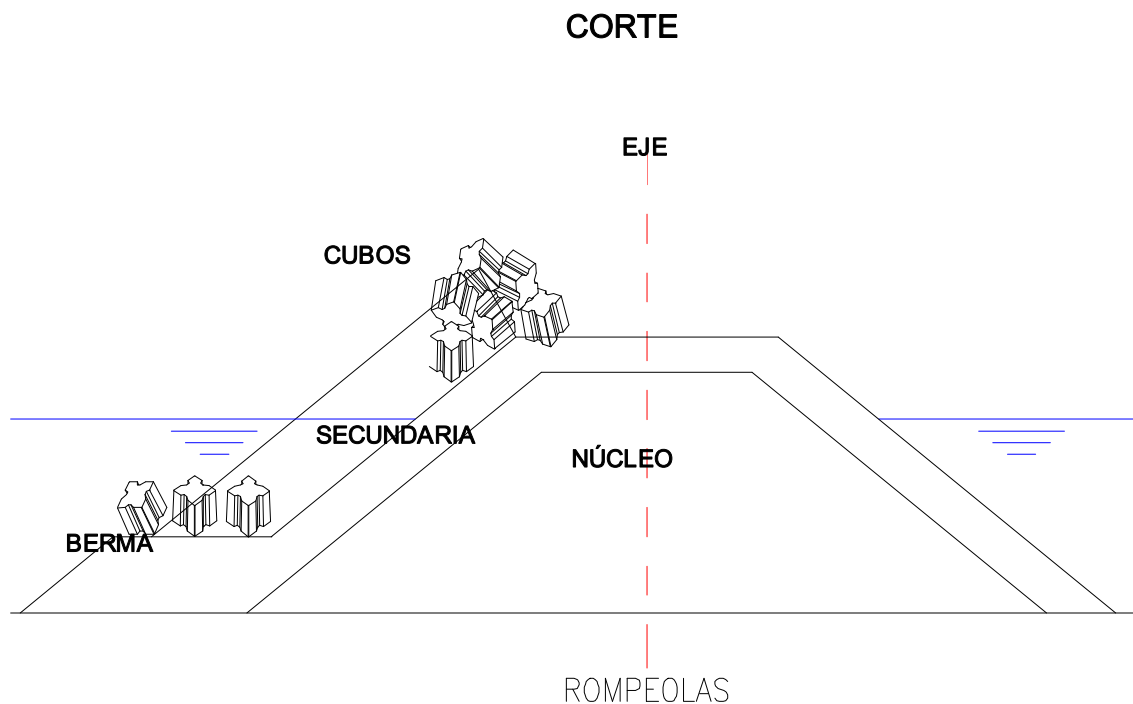
- La otra función es la de soportar el peso de los elementos de coraza, sin sufrir deterioro y la poca acción del flujo transmitida a través de la estructura.

**Núcleo.-** Material pétreo de distintos tamaños cuya función es, por su baja porosidad impedir la transmisión de la energía del oleaje hacia el interior.

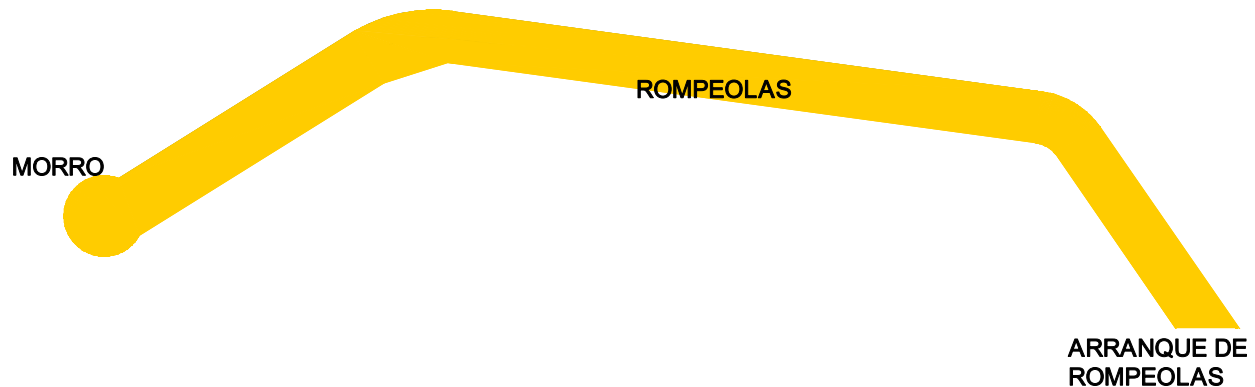
**Morro.-** Refuerzo que se coloca en el extremo de un rompeolas por ser esta la zona crítica mas expuesta a la acción del oleaje en varias direcciones. El morro sufre mayores daños que el cuerpo de la estructura del rompeolas debido a que está sujeto a todas las condiciones de oleaje y por estar sujeta al ataque directo del oleaje indiferentemente del cual sea la dirección de incidencia del mismo.

Se propone que el peso del material para el morro, sea de 1.5 veces mayor que el peso del material calculado para la sección del cuerpo más próximo a este.

**Arranque de Rompeolas.-** Es la sección que sirve de unión a tierra de la estructura localizándose generalmente en la playa, donde el oleaje es nulo o casi nulo, la longitud a la que se llevará tierra adentro, estará determinada por la magnitud de erosión y azolve que se presente en la línea de playa junto a la estructura, por la alteración que sufre el transporte litoral al introducir un cuerpo extraño en la zona de aguas bajas.



## PLANTA



### IV.5 DRAGADO

#### IV.5.1 MARCO DE REFERENCIA

La profundidad es el elemento básico de la infraestructura portuaria, cuando esta se pierde, dicha infraestructura no puede servir al barco. La profundidad exige un mantenimiento cuidadoso, todos los materiales que se depositan en el fondo deben ser retirados para disponer de las profundidades de proyecto en forma continua.

Los trabajos de dragado para retirar los materiales que se depositan, (azolves), representan para algunos puertos inversiones sumamente cuantiosas, es por ello que la Ingeniería Portuaria da mucha atención al estudio de los fenómenos que producen los azolves y a las soluciones para evitarlos o reducirlos y, en su caso, para encontrar los procedimientos más eficientes para retirarlos.

De acuerdo a las técnicas recientes para la selección de la ubicación de los puertos se busca la ausencia de aportes de azolve provenientes de tierra, para ello se escoge un sitio costero fuera de los cauces de ríos y de lagunas; en donde se registren los arrastres litorales de menor cuantía posible y que facilite la construcción de obras necesarias para su control. Un puerto diseñado bajo estos conceptos requerirá de inversiones mínimas para el mantenimiento de sus profundidades.

En el pasado, cuando no se disponía de equipo de dragado de alto rendimiento y de eficiencia, debieron buscarse sitios abrigados en donde la

obtención de las profundidades fuera mínima y de preferencia donde las profundidades naturales fueran las requeridas.<sup>6</sup>

En esos puertos, entre los que se cuentan los mayores del mundo, en donde la conservación de las profundidades requiere de investigación y de estudio continuo para tratar de hacer dragados más eficientes para reducir sus costos.

#### IV. 5.2 CLASIFICACIÓN DEL DRAGADO

Se entiende por dragado la extracción de materiales (fango, arena, grava, etc.) del fondo del mar en los puertos, así como en ríos y canales navegables, con el fin de aumentar la profundidad, descargando estos azolves en las zonas de depósitos, que pueden ser en agua, o utilizarlos en el relleno de áreas bajas, para asiento de instalaciones industriales y de urbanización o simplemente para sanear terrenos pantanosos que originan condiciones insalubres en algunas localidades. Las operaciones de dragado deben cumplir una doble función, **extraer el material y conducirlo hasta el lugar de descarga.**

Existen dos tipos de dragados

- Construcción
- Conservación

El *dragado de construcción*, se realiza cuando es necesario crear o aumentar profundidades, las dimensiones en planta, o ambos. Es conveniente emplear el material extraído para relleno si éste es adecuado para tal fin, ya que es práctica usual y además económica, la combinación de estas dos funciones, la excavación del material subacuático para aumentar el tirante de agua y el aprovechamiento de este material, descargándolo directamente en la zona con objeto de elevar las cotas de un área que se desee utilizar.

El *dragado de conservación*, se efectúa con la finalidad de retirar los azolves que originan corrientes, marejadas, acarreo litorales, etc. Este puede ser periódico o permanente.

En el dragado de conservación periódico, los sondeos indicarán la periodicidad con que debe efectuarse el dragado, para conservar las tres dimensiones de proyecto, particularmente la profundidad.

Los dragados continuos se requieren principalmente en los canales de navegación, dársenas y barra de los puertos fluviales, en los que frecuentemente los depósitos de sedimentos son permanentes y de mucha consideración.

---

<sup>6</sup> Guillermo Macdonel Martínez, Julio Pindter Vega, Luis Herrejón de la Torre, Juan Pizá Ortiz, Héctor López Gutiérrez; 2000, "Ingeniería Marítima y Portuaria" Alfa Omega, Colombia, págs. 449-450.

## IV .5.3 TIPOS DE DRAGAS

Podemos definir a la draga, como una embarcación especialmente dispuesta para montar en ella las herramientas para extraer o excavar material de los fondos marinos, lacustre o de los ríos.

Las dragas se clasifican en dos grandes grupos:

- Mecánicas
- Hidráulicas

Las dragas que a continuación se enlistan se consideraran como tipos básicos de dragas mecánicas, que debido a su construcción relativamente sencilla, fueron las primeras que se usaron y en ciertas clases de obras, son insustituibles a pesar de que su alcance de descarga es muy limitado, por lo que se impone el uso de chalanes- tolvas y remolcadores para tirar el material en zonas de depósito.<sup>7</sup>

### 5.3.1 DRAGAS MECÁNICAS

- ***Dragas de cangilones o de Rosario:*** Las dragas de este tipo llevan un pozo en el eje del casco, por el cual se arría la escala para efectuar el dragado. La cadena de los cangilones es acondicionada por una rueda motriz, situada en una estructura alta o torre que sostiene también los canales de descarga. Los cangilones son recipientes de acero con bordo reforzado en el lado de ataque. El agua se elimina mediante agujeros hechos en la cubeta para este fin. Cuando el material que se draga es muy duro, van provistos de dientes semejantes a los que se llevan las palas excavadoras terrestres. Los cangilones se llenan con material del fondo al pasar por la parte inferior de la escala y al llegar a la parte superior de su recorrido y son vertidos a unos canales transversales que descargan en chalanes-tolva acoderados a los costados de la draga. El rendimiento de una draga de cangilones o rosario es siempre mayor a de las grúas (con almeja o granada) y las de cucharón, debido a que su ciclo de trabajo es continuo.
- ***Draga de grúa:*** este tipo de draga consta fundamentalmente de un chalán que lleva montada una grúa o pluma que oscila de babor a estribo, y va provista de almeja, grana o garfio, de acuerdo con el trabajo que se vaya a realizar y se suspende de la pluma mediante un con cables de acero. Las almejas y granadas son de acero y de mucho peso para que al efectuar el dragado, se arríe de golpe hasta el fondo y “muerda” el material, bien para depositarlo en su tolva, si la tiene, o chalanes-tolva o a los lados del canal. Para extraer el material de fango o arena

---

<sup>7</sup> Guillermo Macdonel Martínez, Julio Pindter Vega, Luis Herrejón de la Torre, Juan Pizá Ortiz, Héctor López Gutiérrez; 2000, “Ingeniería Marítima y Portuaria” Alfa Omega, Colombia, pág 451

mezclada o mezclado con grava es indicado utilizar la almeja normal, para el material compacto se usa ala almeja de dientes.

Existen tres tipos de almejas:

- 1.- Pesadas.- se utilizan en excavaciones de material duro o compacto
  - 2.- Medianas.- para usos generales
  - 3.- Ligeras.- para materiales ligeros
- ***Draga de cucharón:*** Este tipo de draga consta de un casco que soporta el mecanismo de excavación y éste es similar al de las palas terrestres. Fundamentalmente se componen de un cucharón que va montado en el extremo de un brazo de ataque o de aguilón, diseñado para poder deslizarse por el plano central de una pluma, por lo que se consigue una absoluta regulación en los movimientos del cucharón.

La capacidad de una draga de cucharón depende del tamaño de éste, expresado en metros, yardas o pies cúbicos y se mide al ras del borde superior, o volumen enrasado a diferencia del copeteado que se obtiene en las dragas terrestres.

Las dragas de cucharón van provistas de dos zancos a proa que sujetan el casco a fin de formar una plataforma estable de trabajo y otra a popa que sirve de punto de giro para mantener la draga en posición adecuada para el dragado. Para efectuar el dragado, se introduce el cucharón en material del fondo y la fuerza a través de la flecha, al mismo tiempo se aplica la tensión del cable que va al malacate y que jala el cucharón hacia arriba del corte. Una vez que se encuentra a suficiente altura sobre el nivel del agua es vaciando en chalanes-tolva, o depositado en la orilla.

La profundidad óptima del corte es aquella en la que se obtiene mayor rendimiento, el cual depende de los siguientes factores:

1. De la capacidad del material
2. De la profundidad total del dragado
3. Del ángulo de oscilación
4. De la habilidad del operador.

#### IV.5.3.2 DRAGAS HIDRÁULICAS DE SUCCIÓN

Las ***dragas hidráulicas*** combinan la operación de extraer el material con el de su transporte hasta el lugar de depósito, mezclándolo con el agua y bombeando como sí fuera fluido. Estas dragas resultan más versátiles, económicas y eficientes que las mecánicas, ya que realizan las dos operaciones por medio de una unidad integral.

Este grupo es el de las dragas de desarrollo tecnológico más avanzado, actualmente.

La idea central de su diseño es la utilización de una bomba, la bomba dragadora, que recoge, succionándolos, los materiales del fondo o del frente de ataque y en la misma operación los impulsa al sitio donde deben depositarse.

El transporte del material así obtenido, se hace a través de una tubería mezclado con agua, es decir la bomba maneja una mezcla de agua y sólidos.

La bomba dragadora con todos los componentes y sistemas deben montarse en una unidad flotante, lo que permite la movilidad del equipo con sencillez, tanto para trasladarla de una obra a otra, como para posicionar el equipo y completar el dragado del área que esté trabajando.

La mayor eficiencia en la operación de las dragas de succión se logra cuando el contenido de los sólidos de la mezcla que se bombea es el máximo posible. El operador se sirve de un vacuómetro el cual le indica la proporción de sólidos en la mezcla; si no hay suficiente agua para mantener los sólidos en movimiento la tubería se tapaná y el vacuómetro indicará entonces un vacío muy alto; así por lo contrario se estará bombeando una mezcla muy pobre, o sólo agua, el vaciado será cero. En general se bombean mezclas de entre 5 y 15% de sólidos dependiendo, naturalmente, de la calidad de los materiales de dragados y de la distancia de tiro.

Hay dos modalidades básicas de las dragas de succión, respondiendo cada una a las exigencias particulares de los diversos trabajos de dragado.

1. Draga estacionaria o de corte
2. Draga autopropulsora o de tolva

Hay algunas dragas que tienen ambos sistemas, las dragas mixtas equipadas con cortador, tienen tolva, zancos y propulsión propia.

Estas dragas pueden ser estacionarias o de autopropulsión con tolva simple, doble, triple o cuádruple y más de una grúa.

Este tipo de draga se emplea para completar los dragados efectuados por otras unidades, en rincones y sitios a los que no llega fácilmente la boca de succión de las dragas hidráulicas, ó a los cangilones de las dragas rosario.

También tiene aplicación en pequeños dragados de limpieza al pie de los muelles, extracción de productos rocosos, limpieza de troncos y raíces, y otras faenas que se tengan que trabajar exclusivamente en dirección vertical.

El tipo básico de dragas hidráulicas son:

- ***Dragas estacionarias:*** Requieren para desplazarse de un sitio a otro, de remolcador, carecen de propulsión generalmente. Para avanzar en el frente de ataque se valen de un par de zancos colocados a popa, uno de los cuales le servirá también como eje para el movimiento circular o abaniqueo según el ataque que realice; para lograr ese movimiento circular alrededor del zanco de trabajo se vale de dos cables anclados a tierra que se recogen alternadamente de winches instalados a bordo.

En el caso de las dragas estacionarias se dispone de zancos colocados a ambas bandas a proa y uno a popa destinados a fijar la draga a fin de que no se mueva por efecto del viento o la corriente aunque en muchos casos sólo se utiliza cable de acero con ese objeto.

Éstas pueden ser de succión simple o de succión con cortador

Las dragas llevan como unidades básicas:

- bomba de dragado
- la escala con el tubo de succión
- el cortador
- los zancos
- el winche o central de winches con motores correspondientes

Estas unidades, para ser eficaces deben estar perfectamente equilibradas en lo que respecta a potencia y dimensiones.

La succión se realiza a través de un tubo cuyo extremo recoge el material a dragar, este tubo va sostenido por una estructura, la escala; la cual tiene movimiento vertical según un eje colocado a bordo y es izada o abatida por un cable accionado por un winche y con el apoyo de una cabria.

Por lo general estas dragas tienen el extremo de la escala y delante de la boca del tubo de succión; una herramienta de ataque, el cortador giratorio, cuya flecha esta accionado por el motor cortador.

El cortador tendrá diferentes diseños acordes con los tipos de suelos que deben atacarse y con la forma de ataque que deberá seguirse. En general empleará cuchillas para los materiales blandos, dientes para los materiales compactos y para materiales duros; se utilizara la combinación de las cuchillas y dientes, ya que trabajan de formas helicoidales, lo cual facilita el corte del mismo.

Los tamaños de estas dragas se identifican usualmente por el diámetro de la tubería de succión o de la tubería de descarga, ambos frecuentemente iguales.



Las hay desde diámetros pequeños de 10 cm. (4") usadas en pequeños canales, arroyos o lagunas; hasta dragas de gran diámetro del orden de 110 cm. (44"), diseñadas para materiales difíciles.

Otra característica que califica a estas dragas es la potencia del cortador; en las pequeñas se encuentran potencias del orden de 50 H.P. mientras que en las mayores, las especialmente diseñadas para trabajar en materiales muy difíciles, tiene potencia del orden de 5,000 a 6,000 H.P.

Mucho de los sistemas que componen las dragas se accionan con motores hidráulicos.

Es muy difícil que los cortadores se accionen con este tipo de motores, diseñados para trabajar bajo el agua y de esa manera reducir el máximo de la longitud de la flecha.

La unidad flotante de las dragas es posible formarlas, cuando se trata de dragas pequeñas hasta 35 cm, (14" de diámetro), con secciones transportables por tierra que se unen entre sí.

El elemento flotante de las dragas mayores, que en algunos casos suelen tener propulsión propia, son chalanes modificados que solo pueden ser transportados por agua.

El conjunto escala-cortador, hace de la draga estacionaria una herramienta muy adecuada para dragados de construcción, en excavación de canales y dársenas; son especialmente eficaces para otros trabajos y también cada vez es más usada en trabajos de minería y de producción de agregados pétreos.

En menor grado se les usa en dragados de conservación, en los que frecuentemente pueden prescindir del cortador, en cambio sirve muy bien para retirar azolves en lugares de acceso directo; en general, puede decirse, que el 85% de sus usos están relacionados con los dragados de construcción y el resto para dragados de conservación.

La conducción y depósito del material por medio de la tubería de descarga es un elemento muy indispensable para su aprovechamiento si son suelos de buena calidad, o bien para su depósito o en sitios controlados cuando se trate de materiales contaminantes. Como estos últimos son una proporción muy pequeña de los totales dragados en el mundo, y se localizan en los países muy industrializados, se señala solamente la necesidad de diseñar cuidadosamente su manejo en los sitios de retiro si éstos han de ser en tierra firme, para evitar los daños consecuentes.

Como ya se dijo, la gran mayoría de los suelos dragados son utilizados en tierra para crear áreas para diversos usos. Los suelos de muy baja calidad para

propósitos de edificación, son casi siempre ideales para la creación de áreas verdes, suelos agrícolas o mejoramientos ecológicos.

Con los suelos de buena calidad, es posible crear por ejemplo patios para el manejo de carga en las terminales portuarias, zonas para la implantación de industrias, la creación y reconstrucción de playas.

Dependiendo del tipo de material, de la potencia de la bomba dragadora y del diámetro de la tubería de descarga, el rango de la longitud del tiro es muy amplio desde distancias del orden de 200m para las dragas de 10cm (4") hasta distancias del orden de 8 a 10km con las dragas más grandes actualmente en uso; una draga de 75 cm. (30") y en la descarga con una bomba dragadora de 1,470H.P, manejando un suelo compuesto de arena, grava, y partículas rocosas de hasta 20cm. puede alcanzar 1,200m de longitud.

El manejo del sitio de tiro, particularmente cuando se trate de rellenar zonas bajas, es importante para obtener todas las ventajas que brinda la conducción del producto de dragado por tubería; planeando adecuadamente los puntos de descarga, debe buscarse la forma de equilibrar los costos de los movimientos de tubería y lo que significa extender el material a la cota de proyecto con equipo terrestre.

Para la operación eficiente de estas dragas, uno de los aspectos más importantes es contar con una existencia suficiente de las partes sujetas a desgaste por las propias condiciones del trabajo, que suelen ser muy severas o por el efecto de dragar suelos muy abrasivos, ya que producen desgastes excesivos en el cortador, la tubería de succión, la carcasa y el impelente de la bomba dragadora y finalmente la tubería de descarga, por nombrar las principales.

En casos extremos es necesario tener en el sitio de la obra, suficientes repuestos para bajar al mínimo los tiempos de paro que puede constituir al final un cargo de mucho peso en el costo unitario.

En los suelos suaves como pueden ser la turba, las arcillas, en general, suelos no compactos que no tienen un efecto abrasivo importante sobre las superficies de contacto durante la excavación, la succión y el transporte, esa necesidad se reduce en forma muy sustancial y por tanto no tiene un peso de consideración en el costo unitario final.

- ***Dragas autopropulsadas:*** El propósito principal de un diseño es la realización de dragados de conservación, son muy eficientes para recolectar los azolves depositados en el fondo, pueden sin embargo ejecutar algunos trabajos de profundización y de aplicación de canales, y dársenas de siempre que se trate de materiales sueltos o muy pocos cimentados.

El principal de su operación es recolectar los materiales de dragar, mientras se desplaza avante, depositar los mismos en una tolva integrada y navegar, una vez llena la tolva, el sitio de tiro para descargar la tolva por el fondo.

Algunas de estas dragas, pueden también lanzar el material lateralmente por un tubo que va por una estructura especialmente diseñada, o conectarse a una estación de descarga en tierra o bien a otra embarcación mediante un tubo de descarga lateral.

En el primer caso el lanzamiento del material lo hace directamente la bomba de descarga (a cañón), en el segundo caso, la estación de descarga succiona el material que se depositó en la tolva previamente. La unidad de flotación, es un barco con propulsión propia que en cuyo casco se aloja también la tolva y el equipo de dragado.

En general, la propulsión (maquinas y puente de mando) se sitúan a popa mientras que en el resto del casco están la tolva y el equipo de dragado; en cierto casos los motores principales suministran la energía para la propulsión y para el dragado.

La succión tiene lugar a través de tubos cuyo extremo superior se conecta al a bomba de dragado y que llevan en el extremo inferior la rastra cuya función es la de recolectar el azolve durante el desplazamiento.

Los tubos de succión, uno o dos, se disponen en las bandas, a popa o al centro del casco, en un eje longitudinal; el primer arreglo es el más común.

Las rastras o colectores son de diseños disímiles para los diferentes tipos de suelos que deben manejarse; para mejorar su eficiencia en los suelos compactos o cimentados en algún grado, utilizan chiflones de disgregación que van colocados en ellas mismas. Algunos diseños llevan elementos de ataque como dientes o patines.

Las aberturas de rejillas de las rastras de succión, son generalmente cuadradas o rectangulares, e impiden el paso de piedras o escombros que pueda alojarse en la bomba de dragado, o en los conductos de los sistemas de distribución de la descarga de la tolva.

#### **IV.5.3.2.1 PARTES DE UNA DRAGA DE SUCCIÓN CON CORTADOR**

- **BOMBA DE DRAGADO**

La bomba de dragado esta diseñada especialmente para este propósito, es la pieza más importante de las dragas hidráulicas de succión, su construcción y funcionamiento son determinantes en su economía y efectividad.

Las partes importantes que componen la bomba de dragado son:

***Impelente o impulsor.*** se construye de una aleación de acero al manganeso que resiste en alto grado la abrasión. Las aspas del impelente, son las que afectan la función fundamental de servir de grúa a la mezcla dragadora al pasar a través de la bomba. Teóricamente un mayor número de aspas, guía mejor el material succionado, pero aumenta las pérdidas por fricción y también se restringe el paso de los sólidos a través de la bomba, particularmente en el centro del impelente, donde convergen las aspas. Las aspas se extienden siempre hasta la periferia, pero no hacia el centro, pues impedirán el paso de las piedras, basura y otros sólidos.

En una bomba correctamente diseñada, la cantidad de derrame es el 1% al 2% del total de lo que ha sido bombeado

Debido a este derrame el sello es una de las áreas de más rápido desgaste. El derrame permitido usualmente puede ser del 5 al 10%.

En el lado del eje de la bomba, lleva un casquillo para prevenir el derrame. El servicio de agua al sello, es proporcionado a una presión mayor de la carga creada por la bomba, a fin de asegurar una corriente positiva. La función del sello de agua, es prevenir el desgaste del material del eje y empaque del collarín por la acción abrasiva de los sólidos.

***Envolvente o carcaza.*** es la pieza más costosa de la bomba de dragado, no solo por ser la más voluminosa y pesada, si no también debido a la cantidad de maquinado requerido. Por tal motivo se hace resistente y duradera. Con ese fin el material empleado en su construcción es una aleación de acero al manganeso que resiste el desgaste y de secciones gruesas para mayor solidez al impacto de piedra y otros materiales que suelen pasar por la rastra o boquilla de succión. Se construyen dos mitades, la inferior va condicionada para poderla afirmar a la base o polines.

En la superior se dispone la descarga con su brida correspondiente para acoplar a la tubería.

El diseño de la envolvente afecta grandemente la eficiencia de las bombas pues en ellas la energía producida por el impelente, debe ser convertida eficientemente en energías de presión.

Las turbulencias, remolinos y pérdidas por choques, son inevitables en estas piezas, pero siempre se procura reducirlas al mínimo.

La curvatura de la carcaza, es una espiral o voluta que se provee al canal de un aumento gradual en sección transversal.

**Tapas de la bomba:** Son dos, de fundición o de placas de acero especial, una corresponde a la succión y lleva al centro la brida de acoplamiento de la tubería, y la otra al lado del eje.

Lleva prensa-estopas y sello de agua, para evitar el desgaste del eje por la abrasión de la arena. Las tapas generalmente están divididas en sentido diametral, formando una pieza superior y una inferior para facilitar el desmontaje.

**Eje impulsor:** El eje es de acero y por un extremo va roscado para acoplarlo al impelente, por el otro lado esta la brida de acoplamiento al motor o maquina de impulsión. Las bombas de las dragas de autopropulsión con tolva son generalmente proyectadas en lo referente a la carga, para succionar una mezcla de agua y sólidos cuyos pesos específico es de 1700 a 2000 kg/m<sup>3</sup>. Los límites prácticos del contenido de sólidos para bombear esta mezcla, son del 8 al 15% de succión. El proyecto de bomba sobre esta base, es capaz de dragar con eficiencia materiales como arcillas, limos, arena y gravas.

Para diseños prácticos, la velocidad de la bomba de dragado debe ser de 150 a 300 r.p.m; es aconsejable usar la velocidad más alta posible dentro de este rango, ajustándola de acuerdo a la carga que debe ser desarrollada.

Para obtener un rendimiento efectivo máximo en el dragado la capacidad de la bomba debe elegirse para que la tolva se llene en el menor tiempo posible, y sin que una cantidad apreciable de sólidos se pierda por el derrame o rebosadero.

El rendimiento en el dragado es en metros cúbicos por hora en la descarga, es función del diámetro de la tubería de descarga, la velocidad de la mezcla y el porcentaje de concentración de la misma.

- **CORTADOR DE LA DRAGA**

El cortador realiza la desintegración del suelo, removiendo los sólidos hidráulicamente por la bomba.

El desprendimiento del suelo es debido a fuerzas externas, las que deben ser mayores a las fuerzas internas del suelo. Las fuerzas externas dependen de la geometría del movimiento y de la fuerza producida por el cortador.

Las fuerzas internas dependen de las características del suelo, el que al ser atacado por los dientes del cortador, generan un esfuerzo a lo largo del plano principal del cortador.

La potencia y la fuerza en un cortador están determinadas por:

- La fuerza cortante a lo largo del plano de corte
- La fuerza de penetración

- La fuerza de fricción a lo largo de las cuchillas del cortador
- La fuerza de inercia al acelerarse el suelo

En general en el borde del cortador se presentan la combinación de movimientos de rotación y traslación, teniéndose una variación de ángulo entre ambos movimientos.

En arcillas, la influencia del cortador sobre la fuerza cortante no es muy grande, en cambio en arena la influencia es significativa.

La potencia del cortador depende de la fuerza y la velocidad del corte. Al aumentar la velocidad se incrementa la fuerza.

Durante el proceso de corte en el suelo se presenta varios tipos de esfuerzos, como en el caso de las arcillas donde ocurrirán deformaciones plásticas.

El esfuerzo cortante que se presenta en el suelo, depende de la cohesión del mismo y el esfuerzo normal del ángulo de fricción interna.

El proceso del corte, es la combinación del movimiento de rotación del cortador sobre su eje y el desplazamiento horizontal (abanicar) debido a la operación de los winches.

El corte en un terreno normal es hacia abajo, sin embargo en un terreno muy duro (rocoso o una arena muy cimentada), el corte debe ser hacia arriba, debido a que la componente vertical de la excavación, pueden llegar a ser mayor que el peso de la escala, entonces el cortador rebotará.

El diámetro de un cortador por lo general debe de ser de 3 a 3.5 veces el diámetro de la tubería de succión. La distancia del sentido axial del cortador a los dientes más alejados de la espiral, debe ser del orden de 0.7 a 0.8 del diámetro del cortador.

La forma de la cuchilla o diente dependerá del tipo y dureza del material a dragar.

Para terrenos muy compactos, el cortador va provisto de dientes que pueden reemplazarse cuando se desgasten. La velocidad del cortador varía de 15 a 40 r.p.m, regulándose en función de la dureza del material.

Ángulos de corte y espacio libre: estos son ángulos formados entre la cara superior de la cuchilla y la tangente al movimiento del corte y entre la cara inferior de esta y la tangente al movimiento citado.

El valor usual del primero oscila entre 20° y 45° de acuerdo con el tipo de suelo, empleándose los más agudos en los suelos suaves y los más abiertos en las arenas compactadas y rocas suaves.

El segundo generalmente oscila alrededor de 10° para minimizar las fuerzas de fricción y el cortador del suelo.

**Elección del tipo de cortador:** El tipo de material y su compacidad o consistencia, influyen en la elección del borde y curvatura más adecuados para las cuchillas, además de determinar el diámetro del cortador. En relación con esto, se sabe que el cortador de plano, es el adecuado para suelos suaves o sueltos; el idóneo para rocas suaves, o para suelos muy duros o muy compactos es el cortador de dientes, los cortadores con bordes y vástagos en sierra, son los indicados para reducir los esfuerzos cuando se corta arcilla firme.

**Sección y curvatura de cuchillas:** La plasticidad y la consistencia de la arcilla permite elegir y curvatura más adecuadas para evitar la formación de terrones o reducir su tamaño así como reducir las fuerzas de fricción entre el cortador y el suelo.

**Fuerza de fricción y adherencia:** Están ligadas con la adhesividad del suelo y el ángulo fricción existente entre este y el acero a través de la relación:

$$T = \alpha + \theta \tan \delta$$

Que proporciona el esfuerzo constante generado sobre las cuchillas. En ella:

$\alpha$  = adhesividad del suelo

$\theta$  = esfuerzo normal de la cuchilla

$\delta$  = ángulo de fricción entre la cuchilla y el suelo.

En términos generales y con base a la experiencia se ha logrado obtener los siguientes valores (por cada abanicada).

En arenas sueltas semicompacta	3 diámetros del cortador
En arcilla compacta	1.5 diámetros del cortador
En material tepetatazo	1 diámetro del cortador

Las relaciones entre la velocidad del abanico (V.H) y la velocidad del cortador (Vc), ambas en m/seg., para diferentes materiales son los siguientes:

Vh/Vc = 0.02 a 0.08 materiales duros como coral, tepetate

Vh/Vc = 0.08 a 0.15 materiales normales como arena, arcilla

Vh/Vc = 0.15 a 0.25 materiales como arcilla blanda, arena suelta

- **ZANCOS**

Los zancos son piezas cilíndricas de acero reforzado, y de longitud suficiente para que el extremo inferior cónico o puyón, pueda penetrar en el fondo.

Los zancos se sitúan a popa de la draga y trabajan verticalmente a unas grúas dispuestas al efecto.

Se emplean dos zancos, uno para avanzar la draga en el corte o paso, y el punto como punto de giro para abanicar la draga al efectuar el corte, denominándosele zanco de trabajo. La posición de éste, es siempre del lado en que va situado el codo giratorio o cuello de ganso, con objeto de que al bornear este, tenga poco amplitud de movimiento.

- **TRAVESES**

Los cables de acero de los traveses, laboran en poleas colocadas a ambos lados de la escala de dragado, próximas al extremo inferior de la misma, y se emplea para bornear o abanicar la draga al efectuar el corte. Cada cable se afirma por un extremo al ancla y por el otro al tambor correspondiente de la central de winches, que se opera desde la cabina de control.

- **ANCLAS**

Las anclas en las dragas estacionarias tienen una función primordial, ya que deberán estar sujetas firmemente al fondo para garantizar el bombeo de la draga, a través de los cables de acero y winches correspondientes.

Para una mayor efectividad, es conveniente que el ángulo que forme el cable con la horizontal, no seas mayor de 20°.

Los tipos más comunes de anclas son: Danforth, Pool, Delta, Stevin y Flipper Delta.

El ancla tipo Flipper Delta, puede resistir un tirón sin moverse dentro del orden de 10 veces el peso del ancla. Es sin duda la más eficiente de todas.

- **CABLES DE ACERO EN LA DRAGA**

**Generalidades:** El cable de acero es un poderoso auxiliar en el dragado, cuyo uso abordo en los aparejos de la escala, tubos laterales de succión en maniobras de los zancos, traveses, tirantes de la cabria, vientos de las chimeneas, etc., es tan extenso, que sin él, el dragado no podría realizarse.



**Recomendaciones:** Los cables están constituidos por numerosos alambres de acero con características especiales y torcidos en cierta forma, para obtener un conjunto, la mayor resistencia, flexibilidad y, como consecuencia, seguridad en el servicio.<sup>8</sup>

Mientras más numerosos sean los alambres que componen un cable de diámetro determinado, se aumentará su flexibilidad, y conforme vaya disminuyendo el número, irá siendo más rígido, pero a la vez incrementará la resistencia a la tensión, soportando mayores cargas, por lo que se desgaste por fricción (abrasión) será menor. Es decir, la flexibilidad está en relación inversa al diámetro de los alambres individuales que los componen, a mayor diámetro de estos, el cable tendrán menor flexibilidad.

Los cables se constituyen de varias trenzas llamadas torones, que se van torciendo alrededor de un núcleo o alma de fibra, que los mantiene en su sitio evita la fricción entre ellos. El alma de fibra puede ser sisal o henequén impregnada en un lubricante adecuado. En casos especiales puede ser de algodón, plástico, fibras artificiales o acero.

El alma de fibra, es conveniente cuando el cable va estar sostenido a aplastamientos. La fibra no debe contener humedad y no ser de naturaleza ácida.

El alma de plástico se debe elegir, cuando se necesita que reúnan condiciones de impermeabilidad y resistencia a los ácidos y al calor.

Los cables con alma de acero se recomiendan para trabajar en donde no van estar sujetos a aplastamientos severos, debiendo evitarse que se deformen, ya una vez aplastados se deterioran rápidamente al pasar por las poleas.

Este tipo se emplea en aquellos lugares expuestos a muy elevadas temperaturas.

- **TUBERÍAS**

La tubería metálica se fabrican en tramos con una longitud de 12m generalmente, y un espesor que puede variar de 8 a 15mm con el fin de que pueda resistir el momento flexionante que se presentará en el claro libre, al estar apoyada en dos pontones o flotantes.

---

<sup>8</sup> Guillermo Macdonel Martínez, Julio Pindter Vega, Luis Herrejón de la Torre, Juan Pizá Ortiz, Héctor López Gutiérrez; 2000, "Ingeniería Marítima y Portuaria" Alfa Omega, Colombia, pág. 513.

La tubería flexible es a base de un tramo metálico rígido de 12m de longitud, pero sus conexiones son a base de juntas esféricas o de manguitos de hule.

Para la tubería en tierra se usan generalmente juntas bridadas unidas con un tornillo o tuerca con empaques de hule. En tierra la tubería se apoya sobre caballetes de madera.

Existen también tuberías de diversos materiales ahulados, con longitud que pueden variar de 3 a 6m siendo algunos tipos rígidos y otros semiflexibles que pueden llegar a formar un arco de 30°. Esta tubería va unida por medio de juntas esféricas especiales, que deben ser resistentes al desgaste.

La tubería sumergida se usa en el paso de canales o ríos, que tienen un intenso tráfico de embarcaciones.

Está será tubería de acero con uniones soldadas para darle hermeticidad, forrado con mortero lanzado en el que se adhiere al tubo con una malla de gallinero.

La tubería metálica en la descarga de la draga estará sujeta a una cierta presión, por lo que es necesario que tenga un determinado espesor que podrá calcularse de la siguiente manera:

$$D_{mín.} = \frac{\rho \cdot D}{2 \cdot E_T}$$

donde:

$d_{mín.}$  = Espesor mínimo de la pared de la tubería

$D$  = Diámetro interior de la tubería

$\rho$  = Presión de la descarga de la línea

$E_T$  = Esfuerzo de la tensión del acero.

Existe también tubería de polietileno de alta densidad, la que debe de usarse en materiales finos de arcilla o limos, ya que la abrasión de un material rugoso como arenas o gravas, la desgastaría rápidamente.

La tabla IV.1 nos permitirá conocer el volumen del material dragado, en función del diámetro de la tubería, la velocidad de descarga y el porcentaje de sólidos en suspensión.

TABLA IV.1 RENDIMIENTO DEL DRAGADO EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DE DESCARGA Y DIÁMETRO DE LA TUBERÍA<sup>9</sup>

VELOCIDAD DE DESCARGA <i>m/seg</i>	FLUIDO DE LA DESCARGA, DEPENDIENDO EL DIÁMETRO EN PULGADAS <i>m<sup>3</sup>/hr</i>										
	6	8	10	12	14	16	18	20	21	27	30
3.0	210	370	580	830	1010	1340	1700	2120	3070	3910	4800
3.3	220	400	640	920	1120	1470	1870	2320	3380	4300	5280
3.7	240	440	700	1000	1220	1610	2040	2540	3690	4690	5760
4.0	270	470	760	1090	1310	1740	2220	2750	3990	5080	6240
4.3	290	510	820	1170	1420	1870	2390	2960	4300	5470	6720
4.6	300	550	880	1250	1520	2000	2550	3170	4600	5860	7200
4.9	330	590	930	1340	1620	2140	2720	3380	4920	6260	7680
5.2	350	630	990	1420	1720	2270	2900	3590	5220	6640	8160
5.5	370	660	1050	1500	1830	2400	3070	3810	5530	7030	8640
5.8	390	700	1110	1580	1930	2540	3230	4020	5840	7420	9120
6.1	410	730	1170	1670	2030	2670	3400	4230	6140	7810	9600
6.4	430	770	1220	1750	2130	2810	3580	4440	6450	8200	1008
6.7	450	810	1280	1840	2230	2940	3750	4650	6760	8600	1056
7.0	470	840	1350	1920	2330	3070	3920	4860	7070	8990	1104
7.3	490	880	1400	2000	2430	3200	4090	5080	7370	9380	1152
7.6	510	920	1460	2090	2530	3340	4260	5290	7680	9770	1200

<sup>9</sup> Guillermo Macdonel Martínez, Julio Pindter Vega, Luis Herrejón de la Torre, Juan Pizá Ortiz, Héctor López Gutiérrez; 2000, "Ingeniería Marítima y Portuaria" Alfa Omega, Colombia, pág. 517

- **PONTONES:** Los pontones son los elementos metálicos o fibra de vidrio, que sirven para apoyar la tubería flotante, pudiendo ser de diferente forma, según el trabajo a realizar. Es de primordial importancia su diseño para su estabilidad, pudiendo absorber fuerzas de oleaje y viento de tal manera que no se giren, ya que descubriría la tubería sujeta en su parte superior.
- ***Dragas mixtas:*** estas dragas son la combinación de dragas estacionarias con dragas de autopropulsión.

#### IV. 5.4 CLASIFICACIÓN DE SUELOS EN DRAGADOS

Es definitivo, para la obtención del rendimiento de un dragado, es necesario conocer las características del suelo que se va a extraer, ya que debido a la enorme variedad de su naturaleza, cada uno demanda diferentes condiciones de ataque.

El primer criterio es el conocimiento del diámetro de las partículas, ya que esto es básico para distinguir entre arcillas, sedimentos, (limos), arenas, gravas y boleas.

Una base para identificación de suelos de dragado, fue propuesta por PIANC (Permanent International Association of Navigation Congresses) en su publicación de 1972.

Dentro de los materiales cohesivos tenemos arcillas, limos, materia orgánica, siendo las siguientes sus principales propiedades:

- La distribución del tamaño de los granos, siendo los mayores de 0.06mm, lo que tendrá influencia en el desgaste de la cabeza del cortador.
- Su resistencia al esfuerzo cortante es el principal factor para determinar la fuerza requerida en el cortador.
- Su peso volumétrico es factor determinante para calcular su capacidad de transporte tanto vertical como horizontal. En los materiales cohesivos, debemos obtener los valores del contenido de humedad de Atterberg ya que, en función del mismo, se determinará el comportamiento del suelo durante el ciclo de dragado.

El porcentaje de materia orgánica tiene influencia sobre el peso volumétrico, causando también gasificaciones, lo que ocasionará problemas de vacíos durante el ciclo de dragado. La consistencia de una medida de la compactación del suelo, y consecuentemente de la fuerza requerida en el cortador. Los suelos fuertemente cohesivos, pueden llegar a necesitar ser barrenados y volados antes de su excavación.

Los materiales no cohesivos son arenas, gravas, boleas o una mezcla de estos siendo sus principales propiedades: ver tabla VI.2

El tamaño de los granos es importante para determinar la velocidad crítica mínima, de tal forma que estos permanezcan en suspensión, En un relleno es preciso conocer para el material que se deposita , que talud se formará, así como las características físicas de sus componentes y la calidad del mismo relleno.

En el caso del transporte de la tolva de una draga autopropulsada, el tamaño del grano será decisivo para el tiempo de decantación y por lo tanto del ciclo de dragado.

Cuando los granos de arena son mayores de 0.3mm estos causarán mayor desgaste en la parte inferior de la tubería de descarga de una draga.

La mayor o menor compactación de arena, grava y de algunas arcillas, será determinante en la fuerza que debe ejercer el cortador, así como el consumo de energía del mismo.

El desgaste de la tubería y bomba dragadora, dependerá también de la forma redondeada o angular de los granos de arena, siendo mayor con estos últimos.

La permeabilidad es una propiedad importante, ya que durante el proceso de corte, el volumen del suelo se incrementa debido a que cambia la densidad al pasar de un material con menor porcentaje de vacíos, a uno con mayor porcentaje.

Durante este proceso se crea un vacío entre los poros del material y el agua, debiendo los mismos poros nivelar esta diferencia de presión, lo que ocasiona que la fuerza en el cortador se incremente considerablemente.

Cuando tenemos suelo cementado, debe clasificarse dentro de los materiales cohesivos ya que durante el proceso de corte, las fuerzas que se originan son mayores a las que se tendría en un arena normal.

Si se tiene una pequeña porción de arcilla en la arena, ésta originará que el material sea menos permeable y adopte un talud más pronunciado, además tendrá una influencia positiva en la tubería por un menor desgaste. El peso específico de los componentes del suelo influye considerablemente en la resistencia al corte y en el cambio de la velocidad crítica en la tubería.

**TABLA IV.2 BASES GENERALES PARA IDENTIFICACIÓN DE SUELOS PARA EFECTO DE DRAGADO (PIANC)<sup>10</sup>**

TIPO DE SUELO		IDENTIFICACIÓN POR TAMAÑO		IDENTIFICACIÓN	RESISTENCIA Y CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES		
		RANGO EN mm	MACILLA				
BOLEO	N. A. (Generalmente NO Adhesivo)	Mayor de 200mm entre 60 y 200 mm		Examen y Medida Visual	N. A.		
GRAVA		Gruesa 6-20mm Media 6-20 mm Fina 2-6mm	3/4-3" 1/4-3/4" No.7-1/4"	Fácilmente identificable con un examen visual	*Es posible encontrar algunos estratos cementados de gravas con boleos. *La grava puede existir mezclada con arena.		
ARENA		Gruesa 0.6-2mm Media 0.2-0.6 mm Fina 0.06-0.2mm	No.7-25 No.25-72 No.72-200	Partículas visibles con pequeña cohesión al estar secas	*Algunos depósitos pueden estar compactados y cementados, aumentando su resistencia. *Estructura homogénea o estratificada *Puede estar mezclada con arcilla aumentando su dureza.		
SEDIMENTOS O LIMOS	COHESIVO	Gruesa 0.02-0.06mm Media 0.006-0.02mm Fina 0.002-0.006mm	Pasa Malla 200	<ul style="list-style-type: none"> <li>° Generalmente son partículas visibles.</li> <li>° Pueden tener alguna plasticidad</li> <li>° Una vez secos, los terrones se convierten en polvo con la presión de los dedos.</li> </ul>	*Esencialmente no poseen gran plasticidad, con características similares a las arenas. *El más fino se aproxima a la arcilla en su plasticidad. *Mezclado con arena o arcilla puede estar homogéneo o estratificado. *Su consistencia varía de fluido espeso a sólido.		
ARCILLA	COHESIVO	Menor de 0.002mm  La distancia entre arcillas y sedimento no se basa en el tamaño de las partículas sino en sus propiedades físicas.  Indirectamente se relacionan el tamaño de las partículas	N. A.	<ul style="list-style-type: none"> <li>° Fuerte cohesión, plasticidad y dilatación</li> <li>° Fácilmente se presiona con los dedos tomando una consistencia viscosa.</li> <li>° Estando seca se rompe durante el proceso de dragado.</li> </ul>	<b>Consistencia</b>	<b>Comportamiento</b>	<b>kg/cm</b>
					Muy suelto	Se escurre entre los dedos	0.17
					Suelto	Fácilmente moldeables con los dedos	0.17
					Duro	Requiere fuerte presión para moldearse con los dedos	0.45
					Rígido	No se moldea con los dedos.	0.90
					Firme	Se presiona con mayor dificultad	1.34
MATERIA ORGÁNICA	N. A.	N. A.	N. A.	Generalmente se identifican por: <ul style="list-style-type: none"> <li>° Color café o negro</li> <li>° Fuerte olor</li> <li>° Presencia de fibras y maderas</li> </ul>	*Puede ser firme o como esponja en la naturaleza. *Direcciones verticales y horizontales.		
N. A. No Aplica							

<sup>10</sup> Guillermo Macdonel Martínez, Julio Pindter Vega, Luis Herrejón de la Torre, Juan Pizá Ortiz, Héctor López Gutiérrez; 2000, "Ingeniería Marítima y Portuaria" Alfa Omega, Colombia, pág. 468.

Por otro lado el peso volumétrico depende del peso específico de los componentes (partículas de suelo, agua, cantidad de vacíos, etc.)

El peso volumétrico puede ser medido en diferentes estados dentro del proceso de dragado.

La densidad en sitio se obtiene midiendo el peso volumétrico en él, antes de dragar.

La densidad en la tolva, se obtiene midiendo el peso volumétrico a bordo del equipo utilizado para ir a tirarlo.

La densidad en el sitio de depósito, se obtiene midiendo el peso volumétrico al final del ciclo de dragado, una vez depositado el material o algún tiempo después en que se ha consolidado el mismo. Ver tabla IV.3

**TABLA IV.3 CAMBIO EN VOLUMEN Y DENSIDAD DURANTE EL DRAGADO Y RELLENO EN UN MATERIAL CON CONTENIDO CONSTANTE DE SÓLIDOS<sup>11</sup>**

SITUACIÓN DEL MATERIAL	PORCENTAJE DE VACÍOS	CAMBIO EN VOLUMENES CON UN CONTENIDO CONSTANTE DE SÓLIDOS (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	DENSIDAD DE LA MEZCLA
MATERIAL EN SITIO	45%	1.00	1.88
MATERIAL DESPUÉS DE UN DRAGADO MECÁNICO	55%	1.22	1.72
MATERIAL UNA VEZ DEPOSITADO	45%	1.00	1.88
MATERIAL PARCIALMENTE CONSOLIDADO	40%	0.92	1.96

Las tres medidas anteriores nos darán diferentes valores para el porcentaje de vacíos.

<sup>11</sup> Guillermo Macdonel Martínez, Julio Pindter Vega, Luis Herrejón de la Torre, Juan Pizá Ortiz, Héctor López Gutiérrez; 2000, "Ingeniería Marítima y Portuaria" Alfa Omega, Colombia, pág. 470

#### IV .5.5 CONDICIONES QUE AFECTAN EL DRAGADO.

Dentro de las principales condiciones que afectan directamente al dragado, tenemos las siguientes:

##### ***Viento***

Se define el viento, en general, como los movimientos de las masas de aire, sin embargo, una definición aceptada técnicamente, apoyada en la meteorología, es: corriente horizontal (o casi) de aire que circula con relativa proximidad a la superficie terrestre; una variación a esta definición esta representada por los “vientos orográficos” que circulan en forma ascendente.

El viento se atribuye a las desigualdades de la densidad del aire, y a las presiones bajas y altas; el excesivo calentamiento del aire hace que este se dilate y se anime de un movimiento ascendente dejando un lugar vacío en el lugar donde se dilató o centro de baja presión barométrica, este vacío se llena con aire más denso que procede de otras regiones o lugares de alta presión.

El viento es el principal generador de oleaje, y su efecto sobre la costa es permanente, provocando, además, mareas de vientos y fuerzas sobre la estructura; de ahí la importancia de su estudio desde el punto de vista de las obras marítimas y la ingeniería de costas.

A la velocidad con que sopla se le denomina intensidad y se expresa en unidades de longitud sobre las de tiempo (m/seg, Km/seg, es decir nudos); para su medición se utiliza la escala internacional llamada de BEAUFORT. *Ver tabla IV.4.*

Salvo condiciones de protección muy específicas, en la generalidad de los casos al llegar el viento al grado 5, viento regular, será necesario suspender la operación de dragado, al dificultarse permanecer en posición, y como medida de seguridad del equipo y accesorios.

##### ***Mareas***

La importancia de conocer acerca de las mareas es por las siguientes razones:

- Reclamación de áreas costeras
- Cierre o aperturas de bocas
- Problemas de seguridad de estructuras
- Problemas de intrusión salina
- Generación de energía
- Transporte de sedimentos



**TABLA IV.4 ESCALA DE BEAUFORT<sup>12</sup>**

CLASIFICACIÓN		VELOCIDAD DEL VIENTO A 10m DE ALTURA (Km/h)	ALTURA PROMEDIO DE LAS OLAS m.
0	Calma	0 - 1	0
1	Brisa	1 - 5	0
2	Viento Suave	6 - 11	0 - 0.3
3	Viento Lento	12 - 19	0.3 - 0.6
4	Viento Moderado	20 - 28	0.6 - 1.2
5	Viento Regular	29 - 38	1.2 - 2.4
D.T.6	Viento Fuerte	39 - 49	2.4 - 4
D.T.7	Ventarrón	50 - 61	4 - 6
T.T.8	Temporal	62 - 74	4 - 6
T.T.9	Temporal Fuerte	75 - 88	4 - 6
T.T.10	Temporal Muy Fuerte	89 - 102	6 - 9
T.T.11	Tempestad	103 - 117	9 - 14

La marea es una oscilación periódica del nivel de la mar, producida principalmente por la atracción de los astros y la rotación de la tierra.

La variación de la marea, ocasionará diversas corrientes con dirección variable, que se deben de tener en consideración al realizar cualquier trabajo de dragado.

El dragado deberá contar con el calendario o el cálculo detallado de la fluctuación de la marea, ya que al llegar a la profundidad que indica el proyecto, no deberá rebasar más allá de la tolerancia que se ha concebido.

Un erróneo conocimiento de la marea puede ocasionar no llegar a la profundidad de proyecto, teniendo que regresar posteriormente a redragar el área, o profundizarse más allá de la tolerancia. Este volumen no podrá ser cuantificado para efecto de cobro. Ambos aspectos encarecerán la operación.

Las profundidades en los puertos están referidas al Nivel de Bajamar Media (N.B.M) para el Golfo de México y Mar Caribe, y a Nivel de Bajamar Media Inferior (N.B.M.I) para el Océano Pacífico. Ambas se obtuvieron tomando el promedio de las medidas más bajas registradas diariamente durante un periodo.

<sup>12</sup> Guillermo Macdonel Martínez, Julio Pindter Vega, Luis Herrejón de la Torre, Juan Pizá Ortiz, Héctor López Gutiérrez; 2000, "Ingeniería Marítima y Portuaria" Alfa Omega, Colombia, pág. 485

## ***Corrientes***

En general se puede definir a las corrientes como el desplazamiento de masa de agua, determinadas por dos características: dirección y velocidad.

La dirección de una corriente es el rumbo hacia el cual se dirige; es decir, la forma de designar la dirección de una corriente es contraria a la que se utiliza e los vientos, ya que en estos se considera de dónde sopla y no hacia dónde sopla. La velocidad de una corriente se expresa tradicionalmente en nudos.

Cuando se trate de aspectos relativos a la navegación (1 nudo =1 milla náutica por hora = 1,853 m/h) o bien en m/seg.

Las corrientes para su estudio se puede dividir en cuatro apartados: corrientes oceánicas, corrientes inducidas por el viento, corrientes por mareas y corrientes en la costa producidas por el oleaje. Aunque en relación a su ámbito también puede clasificarse en corrientes locales y generales, en función de su área relativa de influencia, resultando obvia su diferenciación.

Cuando la corriente es en sentido transversal a una draga de succión con cortador, pueden existir problemas en el winche que hace abanicar la draga en el sentido contrario a dicha corriente. Para una draga grande, una velocidad de dos nudos puede ser el límite para no tener dificultades, e cambio para una draga de cangilones, esta velocidad puede subir a tres nudos.

En dragas autopropulsadas, los motores propulsores deberán tener la potencia necesaria para vencer la resistencia de la corriente.

En el caso de ríos, generalmente las corrientes fuertes son producidas por avenidas, existiendo además el peligro de los obstáculos flotantes que pueden averiar seriamente el equipo al golpearlo, llegando incluso a producir vías de agua. En este caso la operación deberá suspenderse.

## ***Oleaje***

Si se para una persona en la playa y observa el mar, podrá ver que arriban olas de diversos periodos y alturas, horas después, en la misma playa, el observador notará que la línea de costa que ha retrocedido o avanzado, con respecto a la primera posición vista, debiéndose ello al efecto de la variación del nivel del mar inducida por las mareas, mismas que tienen un relativo largo período y no son perceptibles en pequeños lapsos de observación. Las olas, por lo contrario, no han variado prácticamente en nada y pueden distinguirse con tan solos unos instantes de observarlas; ello se debe que son de periodos cortos.

Los principales problemas que se pueden presentar en una draga debido al oleaje, son deformaciones o roturas en la escala o los zancos, los mismos fenómenos se pueden presentar en la tubería.

Si tenemos arena suelta, al extraerla con una draga de succión con cortador, podemos tener un magnífico rendimiento, el cual se desplomará si tenemos oleaje fuerte en un lapso del 50 al 75% del tiempo. Ver Tabla IV.5

### ***Transporte de sedimentos***

El transporte de sedimentos en el mar o acarreo litoral es el fenómeno que se lleva a cabo en una playa, por medio del cual las partículas sólidas de que están compuestas se transportan a lo largo de ella; se sabe que el arrastre de sólidos se produce principalmente en la línea de playa, y la zona de rompiente, aunque también fuera de ésta existe transporte.

El estudio del transporte de sedimentos es importante para diferentes aspectos:

- En ingeniería de costas, el acarreo litoral determina el diseño de protecciones costeras.
- En el dragado es importante por los problemas de volumen acarreado en función del tiempo, ocasionando azolves en zonas previamente dragadas

**TABLA IV.5 MÁXIMA ALTURA DE OLA PARA DRAGADO<sup>13</sup>**

TIPO DE DRAGA	OLA DE TORMENTA (m) PERIODO DE 5 seg.	OLA EN MAREJADA (m) PERIODO DE 10-15 seg
Chalán Pequeño Equipado	0.3 - 0.5	0.2 - 0.4
Chalán Grande Equipado	0.5 - 1	0.4 - 0.8
Draga Estacionaria Pequeña con Tubería	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5
Draga Estacionaria Mediana con Tubería	0.5 - 1	0.3 - 0.6
Draga Estacionaria Grande con Tubería	1 - 1.5	0.8 - 1.2
Draga Autopropulsada	0.6 - 1	0.4 - 0.8
Draga Autopropulsada con Compensador de drenaje	2 - 4	2 - 4

Por otra parte, es importante asentar que el principal objetivo en el estudio de transporte de sedimentos es predecir si se tendrá una condición de equilibrio o existirá erosión, depósitos y determinar las cantidades involucradas. La cantidad de transporte de sedimentos, expresada como masa, peso o volumen por unidad

<sup>13</sup> Guillermo Macdonel Martínez, Julio Pindter Vega, Luis Herrejón de la Torre, Juan Pizá Ortiz, Héctor López Gutiérrez; 2000, "Ingeniería Marítima y Portuaria" Alfa Omega, Colombia, pág. 489

de tiempo, puede ser determinada por medio de mediciones de campo o por métodos analíticos.

Las causas que provocan el transporte de sedimentos en las costas son básicamente las corrientes y el oleaje; provocan esfuerzos cortantes sobre los sedimentos sólidos y hacen que sean transportados por suspensión o por el fondo a distancias más o menos grandes y ser depositados en zonas tranquilas.

Por ello antes de emprender la realización de una obra es preciso tomar en cuenta las posibles interacciones entre el fluido del movimiento y los sedimentos del fondo sobre los que este actúa.

Por otro lado las vías navegables en desembocaduras de ríos están sujetos además del acarreo litoral en su desembocadura, el transporte de sedimentos en suspensión (arcilla, limos) que bajan de la cuenca, principalmente en épocas de avenidas, depositándose en las zonas de mayor profundidad, donde al aumentar el área hidráulica disminuye la velocidad.

### ***Temperatura***

Referente a la temperatura, esta puede ser muy alta o muy baja. Cuando se tiene un trabajo en condiciones tropicales (alta temperatura), nuestra atención debe estar enfocada al consumo de diesel en los motores, ya que este se ve afectado, en cambio cuando tenemos un trabajo en condiciones de muy baja temperatura, tenemos que vigilar la lubricación de los motores, con el fin de prever cualquier posible daño.

### ***Topohidrografía***

La topohidrografía del terreno, es la condición que en forma prioritaria afecta al dragado, ya que resultan evidentes las condiciones más o menos sinuosas del fondo marino, sus pendientes, etc.

En el caso de un dragado con cortador y succión, las condiciones del frente pueden impedir que la draga abanique de acuerdo a su máxima capacidad.

En dragas autopropulsadas, pueden existir obstáculos que dificultan ponerse en posición, o que el recorrido sea muy corto, lo cual incrementará el costo del dragado.

Existen zonas muy difíciles de dragar, como pueden ser los rincones o esquinas de dársenas, donde no se puede acercar ningún otro equipo que no sea una draga estacionaria pequeña.

## ***Tráfico Marítimo***

Otra condición que afecta al dragado, es el tráfico marítimo en canales de acceso de los puertos, ya que éste, ocasionará la suspensión de las actividades al tener que retirar la tubería flotante, en el caso de las dragas estacionarias.

Todavía será más crítico el caso en el de que además de la tubería deba retirarse la propia draga con sus anclas y traveses, debiendo posicionarla posteriormente al paso de la embarcación.

En igual forma, una draga autopropulsada también tendrá que retirarse del sitio de trabajo, al cruzar un buque por el puerto, siendo este paro menos crítico que el de la draga estacionaria.

### **IV .5.6 SEÑALAMIENTO DURANTE EL DRAGADO.**

Las ayudas o señalamientos que facilitan el dragado pueden ser situados en tierra o en agua, dependiendo de las condiciones físicas del trabajo.

Cuando se va dragar un canal, es indispensable contar en tierra con señalamiento adecuado como balizas y en agua con boyas, que nos indiquen los veriles o límites de la plantilla de dragado, así como el eje del canal, lo que se consigue también por medio de imágenes en pantalla en la computadora existente a bordo, la que procesa las coordenadas del canal o dársena, y determinar la posición de la draga a través de un radio-posicionador.

Los señalamientos en tierra, pueden ser a base de estructuras fácilmente detectables o a simple vista, normalmente se utilizan estructuras metálicas con un tablero superior, en forma de rombo pintado en color llamativo que contraste con el fondo. Una enfilación constará de dos señales una más baja en la frente y la más alta en la parte posterior, con una separación aproximada de 30m entre una y otra.

Las señales de agua, son a base de boyas flotantes de fibra de vidrio o de tambores vacíos de 200 l pintados en un color llamativo. La colocación de estas señales se hace una determinada distancia fuera del límite de la plantilla, en función de las características del equipo que se utiliza, como son su manga y la posición de la rastra.

Para el dragado nocturno, las señales visuales deben contar con luces alimentadas por ejemplo con baterías solares. Las cuales deben ser intermitentes y de diferentes colores para fácil identificación.

Cuando no se cuente con luces, deberán adaptarse a las señales tanto terrestres como flotantes, mechones alimentados con diesel, o farolas de gas butano.

Pueden existir algunas estructuras en tierra como las escolleras, en las que es muy sencillo pintar los cadenamientos y poner señales luminosas nocturnas.

Adicionalmente las dragas autopropulsadas cuentan con radar, en el que se observan los límites de la costa y los obstáculos flotantes, permitiéndonos en forma aproximada situar la unidad en la zona de dragar.

#### IV.5.7 EQUIPO DE DRAGADO.

**Tipos Básicos de rastras:** Al analizar el contacto y presión de la rastra sobre el fondo, resultan tres tipos básicos:

1. Fija
2. Ajustable (3 posiciones)
3. Autoajustable

**Tubo Lateral de Succión:** Este tiene menor peso que la escala de acero estructural, y mayor flexibilidad debido a dos conexiones esféricas tipo cardán, que se intercalan con ese fin, las que van protegidos con manguitos de hule reforzados en la parte Intermedia y en el inferior, asegurados con brazos articulados, para evitar que durante el dragado se separen. La primera conexión solo permite el movimiento horizontal y la segunda únicamente el vertical de la rastra. Este tubo de succión va suspendido de los pescantes por medio de cables.

Estas conexiones flexibles de los tubos de succión y las innovaciones introducidas en los sistemas de los pescantes, permiten enguantar las arfadas provocadas por el oleaje.

**Amortiguadores de Oleaje:** Estos dispositivos tienen como objeto:

1. Evitar daños en el sistema de suspensión, causado por el oleaje.
2. Hacer flexible la unión de la draga, con el tubo de succión y que la rastra se mantenga constantemente el en fondo, a pesar de las arfadas del buque.
3. Mantener la tensión de los cables del aparejo de los pescantes del tubo lateral de succión, permitiendo pequeñas variaciones dentro de los límites predeterminados.

La capacidad de la tolva caracteriza el tamaño de estas dragas, las menores tienen capacidad del orden de 300 m<sup>3</sup> y las hay hasta 10,000 m<sup>3</sup>.

Usualmente el sitio de tiro del producto de estos dragados es fuera de la costa a profundidades y situación en los que puede asegurarse que el material no será arrastrado por el mar de regreso a la zona de dragada; esta circunstancia permite la descarga de las tolvas por el fondo, sirviéndose de compuertas abatibles en cuyo diseño se procura el menor tiempo de vaciado, así como reducir el mínimo lo que el borde inferior se proyecta abajo del casco; esto, para posibilitar el tiro lo más cerca de la costa y reducir así los tiempos de navegación.

Con ese mismo propósito de descarga, a menor profundidad y también para reducir el tiempo de dragado se han construido dragas con tolva Ebivalvas, que pueden abrirse separando sus dos mitades, según una charnela en el eje longitudinal a la altura de la cubierta principal.

La bomba de dragado y demás elementos se proyectan procurando reducir el tiempo de llenado de la tolva lo más posible.

El tiempo de llenado no depende sólo de la potencia y características de la bomba sino de los materiales a dragar, los más nobles son los más densos, limpios y de partículas de los tamaños que comprenden a las arena, gravas y boleos pequeños, puesto que se decantarán rápidamente permitiendo un desalojo rápido del agua de la mezcla.

Los materiales de granulometría del rango de las arcillas y limos por ejemplo, tienen un tiempo de decantación muy largo y una proporción importante se pierde junto con el agua desalojada por vertedores. Con materiales de estos no es posible, económicamente, llenar totalmente las tolvas lo que llevaría a ciclos de dragado demasiado largos.

Este problema es frecuente en los puertos fluviales; en la mayor parte del canal de navegación del río Pánuco (puerto de Tampico) por ejemplo.

La operación eficiente de estas dragas depende de varios factores, pero es esencial la determinación del ciclo de dragado (llenado-navegación de ida-vaciado y navegación de regreso) más económico y dentro de ello, la determinación del tiempo de llenado, más eficiente lo que a su vez determina el volumen límite que puede depositarse en la tolva, antes de que la proporción de sólidos succionados que se decanta sea insignificante. Esto se puede determinar fácilmente en la gráfico de llenado (volúmenes de sólidos depositados vs. tiempos).

El plan de dragado, se hace procurando la mayor longitud posible del desplazamiento durante el llenado de la tolva, procurando también el menor tiempo de maniobras para regresar y continuar el llenado. Entre dos franjas continuas de ataque, debe considerarse un transplante suficiente para evitar que queden protuberancias.

Es imprescindible en los dragados de conservación, contar con medios que aseguren el posicionamiento correcto de la draga en las zonas de trabajo particularmente cuando estas son de grandes dimensiones, por ejemplo canales o lugares fuera de la costa, de otra forma se corre el riesgo de dragar volúmenes fuera de las áreas contratadas, que no son cobrables.

Existen en el mercado numerosos equipos de radioposicionamiento por medio de antenas terrestres y por satélites, en los que su precisión va de 5 a 10m.

Si se pretende realizar los trabajos sin los tipos de ayuda citados es necesario contar siempre con balizamientos visibles en el día y luminarias por la noche.

Es importante determinar mediante pruebas en el sitio y con la propia draga, la altura a la que debe llevarse la rastra, sobre todo en los fondos con suelos ligeros, para evitar sobredragados superiores a los límites de proyecto y/o contrato. Debe tenerse en cuenta que la succión, mientras más potente sea la bomba, tiene mayor radio de influencia hacia abajo y a los lados.

La velocidad de desplazamiento en el recorrido de succión debe también ajustarse para participar positivamente junto con las revoluciones de la bomba y del posicionamiento de la rastra, para conseguir la mezcla sólido-agua más eficiente.

#### **IV 5.8 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL RENDIMIENTO DE UNA DRAGA.**

Para efectos del costo, el rendimiento de una draga depende de los siguientes factores:

1. Tipo de draga
2. La naturaleza del material
3. El volumen del material
4. La profundidad del dragado
5. La distancia entre los sitios de dragado y depósito
6. Accesibilidad al sitio de dragado
7. Las condiciones físicas del lugar
8. El manejo del material desde el punto de vista de la contaminación



## **CAPÍTULO V CONDICIONES DE DISEÑO**

### **V.1 PARÁMETROS DE DISEÑO**

Dentro de los parámetros que influyen en el diseño hidráulico de las obras de defensa contra oleaje se encuentran además de la marea astronómica, la marejada de tormenta y el alcance de la ola, componentes que influyen de manera importante en la fijación de los niveles de desplante y coronamiento máximo y mínimo de las estructuras de defensa, para evitar parcial o totalmente, el rebase y salpique del oleaje en su embate sobre dichas estructuras.

#### **V.1.1 Marejada de Tormenta**

La marejada de tormenta se define como la sobre elevación de nivel que presenta un cuerpo de agua al someterse a la fuerza cortante que ejerce el viento generado por perturbaciones atmosféricas sobre la superficie del agua. En el grado que oscile dicha variable, será el mismo grado en el que pueden generarse y existir físicamente olas de mayor magnitud, las cuales incidirán sobre las estructuras proyectadas.

Para determinar dicha magnitud, se llevo acabo la tarea de consultar la literatura existente de los valores máximos registrados para dicha sobreelevación.

Utilizando la información generada para el huracán Gilberto, evento extremo reciente y relativamente monitoreado, se encontró que en la zona del puerto de Progreso, se registro evidencia física de sobreelevaciones del nivel medio del mar cercanas a 2.50 m sobre su valor normal (Rosengaus, Ingeniería Hidráulica en México, enero-abril de 1990).

La costa oeste de la península de Yucatán esta formada por una gran extensión de aguas someras, por lo anterior es posible físicamente la ocurrencia de tal sobreelevación, sin embargo, de determino que la marejada de diseño seria de 1.70 m, resultado del rango de variación entre el nivel de pleamar máxima registrada y el nivel de bajamar mínima registrada para el puerto de Progreso (tablas numéricas de predicción de mareas 1998, de la Dirección general de Oceanografía Naval de la Secretaria de Marina). Esta decisión obedeció a las observaciones de la supervisión, quien manifestó que el proyecto del rompeolas debía ser compatible con el proyecto de la terminal actual. De esta manera las cotas de coronamiento de la parte exterior del rompeolas se asemejan a las del rompeolas existente, mientras que si se manejaba la marejada observada con el paso de Gilberto, el nuevo coronamiento del rompeolas quedaría a un metro por arriba del coronamiento del rompeolas existente.

### V.1.2 Alcance de la Ola

El alcance de la ola o run-up se define como la distancia vertical, medida a partir del nivel de aguas de diseño, que se puede alcanzar al incidir el oleaje sobre la playa o algún obstáculo y es función directa de la misma altura de la ola incidente.

El alcance de la ola fue calculado con base en una altura de ola de 4.25 m, un periodo de 9.20 seg y talud de 1.5:5, características de diseño consideradas. Con el empleo de graficas para el calculo del alcance provenientes del Shore Protection Manual, se determino un alcance de ola de 4.70 m, el cual fue afectado previamente por efectos de escala, rugosidad y porosidad de los elementos de la coraza (cubos de concreto).

El cuadro V.1 se establece una comparación entre los parámetros del diseño hidráulico original, contra los correspondientes para la ampliación de la terminal portuaria en la estructura principal de defensa, orientada paralela a la playa de Progreso.

**Cuadro V.1 Comparación de los Parámetros de Diseño.**

Diseño	Altura de Ola (m)	Periodo (seg)	Alcance (m)	Marejada de Tormenta (m)	Elevación de Coronamiento (m.s.n.b.m)	Nivel de Muelles (m.s.n.b.m)
Original	4.00	8.00	6.16	-	6.60	3.50
Ampliación	4.25	9.20	4.70	1.70	7.20	3.50

Falta comentar que la elevación de coronamiento fue determinada de considerar como nivel de aguas de diseño, la marea astronómica mas la marejada de tormenta (0.60 m + 1.70 m), sumado al 100% del alcance de la ola (4.70 m) para evitar rebase de la misma bajo las condiciones de diseño contempladas, más un incremento de 0.20m, como factor de seguridad.

### V.1.3 Disposición General de Obras de Defensa

Inicialmente se determinó que las dimensiones y el arreglo en planta del rompeolas propuesto por la Dirección General de Obras Marítimas, contaba con la distribución geométrica necesaria para abrigar la ampliación de la terminal remota, además de presentar espacio suficiente para alojar la dársena de ciaboga

de 450m de diámetro, sin influir con el trazo del canal de acceso a dársena y muelles, con 150 m de ancho, además de contemplar el espacio suficiente para desarrollo a largo plazo.

Por lo anterior, el paso siguiente en la determinación del arreglo en planta de la ampliación del rompeolas de protección, era optimizar sus longitudes, de manera que el área de protección y abrigo fuera la misma, para una longitud de rompeolas mínima. Esta situación se resolvió al orientar el brazo final del rompeolas, perpendicularmente al eje del canal de acceso.

Por otra parte, la ampliación del rompeolas de protección observaría la misma orientación que el viaducto existente, evitando quiebres que complican la construcción del mismo y que en este caso en particular, solo aumentan la longitud del rompeolas.

Finalmente, el brazo del rompeolas perpendicular al viaducto fue orientado este-oeste, para reducir en la medida de lo posible. La longitud en planta del rompeolas.

Cabe señalar que el arreglo general del rompeolas obedeció en gran parte al trazo, orientación y ancho del canal de acceso que la Dependencia proporciono al grupo de consultores, después de haber realizado el estudio correspondiente de maniobrabilidad en el puerto.

#### V.1.4 Oleaje Normal

Para obtener las características representativas de altura y periodo de oleaje normal, fue utilizada de base la información registrada en la zona, del Ocean Wave Statistics. Considerando la muestra de datos con una distribución del **régimen de oleaje tipo Rayleigh**, fueron determinadas  **$H_{1/3}$  y  $T$  significante** para las direcciones N60°W, N30°W, N, N30°E Y N60°E .

$H_{1/3}$  fue determinada de la siguiente manera:

$$H_{1/3} = \frac{\sum H_1 \cdot f_{i1/3}}{\sum f_{i1/3}} \quad (1)$$

Donde:

$H_{1/3}$ =altura de ola un tercio, correspondiente al promedio del tercio de los valores más altos del total de la muestra (m)

$H_1$  = promedio del rango de alturas (m)

$f_{i1/3}$ = es la tercera parte del total de las observaciones para esa dirección (%)

El cálculo para el periodo de ola representativo fue realizado de manera semejante, es decir:

$$T_{1/3} = \frac{\sum T_1 \cdot f_{i1/3}}{\sum f_{i1/3}} \quad (2)$$

Donde:

$T_{1/3}$ =es el periodo de ola un tercio, correspondiente al promedio del tercio de los valores mas altos del total de la muestra (s)

$T_1$ = promedio del rango de periodos (s)

$f_{i1/3}$ = es la tercera parte del total de las observaciones para esa dirección (%)

El cuadro V.2 siguiente nos proporciona el resumen de los valores de la altura y periodo ola obtenidos.

*Cuadro V.2* Resumen de la altura y periodo de oleaje normal

Dirección	Altura de Ola (m)	Periodo (seg)	Frecuencia (%)
N60W	2.12	9.50	5.72
N30W	2.08	8.90	3.81
N	2.15	8.10	9.31
N30E	2.40	8.60	12.49
N60E	2.12	8.70	22.36

### V.1.5 Oleaje de Diseño

Para obtener las condiciones de diseño que regirán en la revisión y determinación del peso de los elementos constructivos para la sección transversal en la ampliación del rompeolas, fueron determinadas las características de oleaje en la vecindad de le terminal, por la ocurrencia de un evento extremar como es el caso del huracán Gilberto.

### V.1.6 Oleaje Ciclónico

El método empleado fue el propuesto en el Shore Protection Manual (SPM-1984). Con base en los registros de presión en el ojo, localización al momento de aviso y velocidad del viento de las perturbaciones atmosféricas analizadas, fueron determinadas las características de altura y periodo de ola extremar, utilizando las siguientes expresiones:

$$H_s = 5.03e \left[ \left( \frac{R(P_{atm} - P_o)}{4700} \right) \left( \frac{1 + 0.29V_t}{\sqrt{U_r}} \right) \right]$$

$$T_s = 8.60e \left[ \left( \frac{R(P_{atm} - P_o)}{9400} \right) \left( \frac{1 + 0.145V_t}{\sqrt{U_r}} \right) \right]$$

Donde:

$H_s$  = es la altura de ola significativa en la zona de generación (m)

$R$  = es el radio del huracán (m)

$P_{atm}$  = es la presión atmosférica (bar)

$P_o$  = es la presión en el ojo del huracán (bar)

$V_t$  = es la velocidad de traslación (m/s)

$U_r$  = es la velocidad real del viento (m/s)

$T_s$  = es el periodo de ola significativa en la zona de generación (seg)

Una vez calculado los valores característicos de oleaje en la zona de generación, fueron decaídos hasta aguas profundas, considerándolo la localización del aviso para el cual corresponden los mismos.

Con los valores mostrados en el cuadro V.2 fue construida la curva de probabilidad de excedencia de alturas de ola, para ligar las mismas contra su periodo de retorno asociado, considerando las siguientes expresiones:

$$P_{exc} = \frac{1}{T_i}$$

$$T_i = \frac{n+1}{m_i}$$

$$p(x) = 1.1743 + 1.462e^{(3.2363(x))^{-1.087}}$$

Donde:

$P_{exc}$  = es la probabilidad de excedencia (%)

$T_i$  = es el periodo de retorno (años)

$n$  = es el número de datos

$m_i$  = es el numero de orden, es decir, el numero correspondiente a cada evento y determinado al ordenar los valores de altura de ola, de mayor a menor.

$p(X)$  = es la probabilidad de excedencia de una altura de ola dada en porcentaje  
 $X$  = es la altura de ola dada (m).

La ecuación (7) fue obtenida al buscar mediante **regresión lineal**, la curva que mejor se ajustara a los datos de altura de ola que incluye el cuadro V.2, corroborando la bondad de ajuste (**0.999 en nuestro caso**). El cuadro V.3 muestra los valores obtenidos al aplicar la ecuación (7), para encontrar las alturas de ola correspondientes a magnitudes típicas de periodo de retorno.

*Cuadro V.3* Periodo de Retorno y Probabilidad de Excedencia para una Altura de Ola dada

Altura de Ola (m)	Probabilidad de excedencia (%)	Periodo de retorno (años)
6.76	19.961	5.00
8.70	10.006	10.00
10.40	4.007	25.00
11.11	1.995	50.00
11.50	0.997	100.00
11.74	0.397	250.00
11.82	0.198	500.00
11.87	0.099	1,000.00

### V.1.7 Alcance de la Ola

Con la metodología presentada en el Shore Protection Manual para el cálculo del alcance de la ola, fue determinada dicha magnitud, considerando que el talud presenta una inclinación 1:1.50 y que el material de la coraza es de concreto (cubos ranurados), además de las siguientes características:

$H = 4.25$

$T = 9.20$  s

$d = 8.50$  m (profundidad de desplante del rompeolas)

De acuerdo con dicha metodología y los valores antes mencionados fueron leídas (graficas 7.11 y 7.15, SPM, 1984) las siguientes relaciones:

$R/H'_0 = 2.50$  (pendiente suave e impermeables)

$R/H'_0 = 0.95$  (pendiente rugosa e impermeable)

Entonces:

$$r = 0.95/2.50 = 0.38$$

El valor de alcance de la ola sin factor de escala es  $R = 2.50 \cdot H'_0 = 10.81$

El factor de escala es  $k = 1.14$  (gráfica 7.13, SPM, 1984)

El valor de alcance real es  $R = R \cdot r \cdot k = 10.81 \cdot 0.38 \cdot 1.14 = 4.68$

## V.2 Diseño Hidráulico del Rompeolas

Las magnitudes de los parámetros que intervienen en la fijación de los niveles de piso de la plataforma de operaciones y patios de almacenamiento, así como los niveles de coronamiento máximo considerados fueron determinadas como a continuación se muestra:

$$N_c = N_{ad} + kA + f_c$$

$$N_{ad} = M_T + M_T$$

Donde :

$N_c$  = es el nivel de coronamiento mínimo (m)

$N_{ad}$  = es el nivel de aguas de diseño, compuesto por la suma de la marejada de tormenta y la marea astronómica (m)

$k$  = es un coeficiente que afecta el alcance de la ola, en función del grado de salpique y rebase el oleaje sobre la corona del rompeolas. Para este caso,  $k = 1.00$

$A$  = es el alcance de la ola (m)

$f_c$  = es un factor de seguridad. Para este caso  $f_c = 0.20$  m

$M_T$  = es la marejada de tormenta, determinada como el rango de variación que existe entre el nivel de bajamar mínima registrada para el puerto de Progreso (tablas numéricas de predicción de mareas 1998, de la Dirección General de Oceanografía Naval de la Secretaría de Marina).

$M_T$  = es la marea astronómica e igual a 0.60 m

Para el caso de los patios de almacenamiento y la plataforma de operaciones, el nivel de piso fue definido considerando el mismo nivel de aguas de diseño ( $N_{ad} = 2.30$  m), mas un bordo libre de 1.20 para evitar inundaciones en condiciones climatológicas reinantes.

## V.3 Diseño Estructural del Rompeolas

Para realizar el diseño estructural de la sección transversal del rompeolas, fueron considerados el empleo de elementos prefabricados de concreto para la formación de la coraza del rompeolas, con resistencia  $f'_c = 200$  kg/cm<sup>2</sup> y un peso

volumétrico de 2.3 t/m<sup>3</sup>, roca para la formación de la capa secundaria y núcleo con un peso volumétrico de 2.1 t/m<sup>3</sup>, de acuerdo con la información geotécnica disponible. Además fueron considerados como parámetros de diseño, una altura de ola de 4.25 m y un periodo de 9.2 seg; oleaje no rompiente, condiciones de oleaje relativamente uniformes en toda la longitud de la ampliación del rompeolas debido a que diferencia en el nivel de desplante no es significativa.

El diseño fue realizado con base en las disposiciones señaladas en el “Shore Protection Manual”, como se describe a continuación:

### V.3.1 Peso de Elementos de Coraza, Capa Secundaria y Núcleo

Se consideran básicamente dos secciones transversales, el morro del rompeolas con una longitud de 30 m, y el cuerpo del rompeolas que abarca el resto de la longitud de ampliación; dentro de la longitud del cuerpo se definirán diferentes tramos, los cuales estarán restringidos por la geometría necesaria en la corona para permitir la circulación de un determinado número de vehículos.

La determinación del peso de los elementos de coraza fue realizada mediante la fórmula de Hudson, presentada en el “Shore Protection Manual” y la cual estará definida por:

$$W = \delta_r \cdot H^3 / (K_d (S_s - 1)^3 / \cot \alpha)$$

Donde

W= es el peso del elemento de coraza (ton)

$\delta_r$ = es el peso volumétrico del material que forma la coraza (ton/m<sup>3</sup>)

H= es la altura de ola de diseño (m)

$K_d$ = es un coeficiente de estabilidad que depende de la geometría y características físicas del elemento de la coraza, la forma de colocación y el ángulo de talud.

$S_s$ = es la relación existente entre el peso volumétrico de los elementos de coraza y el peso volumétrico del agua de mar.

$\alpha$ = es el ángulo que se forma entre la horizontal y el talud del rompeolas.

En el cuadro mostrado a continuación se presentan los resultados obtenidos al aplicar el procedimiento descrito, en dicho cálculo se considera un peso volumétrico de 2.3 t/m<sup>3</sup> para el concreto y un coeficiente de estabilidad  $k_d$ = 6.5 para los elementos de coraza (cubos ranurados) obtenidos con base a los resultados de estudio en modelo físico, realizados por el laboratorio de Hidráulica Marítima de la S.C.T.

El peso medio requerido para los elementos de capa secundaria y núcleos fueron definidos como W/10 y W/100, siendo W el peso de los elementos de coraza pero suponiendo que esta última se encuentra constituida por roca.



El cuadro que a continuación se muestra, presenta los pesos de las diferentes capas que constituyen al rompeolas en su primera aproximación de diseño.

*Cuadro V.4* Parámetros de la Sección Transversal

Variable	Sección	
	Morro	Cuerpo
H (m)	4.25	4.25
Kd (cubos)	6.50	6.50
Kd (rocas)	3.20	4.00
W coraza para cubos (ton)	10.40	10.40
W coraza para roca (ton)	29.90	23.90
W capas secundaria (ton)	2.99	2.39
W núcleo (ton)	0.30	0.24

### V.3.2 Geometría Definitiva de la Corona

De acuerdo con el planteamiento general del proyecto, existirá una plataforma interior (lado protegido del rompeolas) a la elevación 3.5 m respecto al nivel de bajamar media (N.B.M.) que conformara la terminal portuaria; la elevación de la corona en el interior de la prolongación del rompeolas será la elevación 3.5 m.

Por otro lado en el diseño hidráulico se definió que la máxima sobreelevación que puede alcanzar el oleaje en su condición crítica corresponde a la elevación 7.2 m, incluyendo ya el efecto de lamido de la ola y un bordo libre para evitar el rebase, de este modo queda definida la mínima sobreelevación a la cual deberá colocarse la coraza del rompeolas del lado del mar.

El ancho libre de la corona del rompeolas se encuentra condicionado, en este caso por el espacio necesario para alojar una vía de ferrocarril y dos carriles para circulación de camiones. Se considero de acuerdo con el **“Manual de Dimensionamiento Portuario”** un camión de 2.46 m de ancho con un espacio libre de 0.60 m a cada lado, con el cual se obtiene un ancho de galibo o carril de 3.66 m, y para dos carriles se obtiene un ancho total de 7.23 m  $\approx$  7.50m.

Para el caso de la vía de ferrocarril se tiene un ancho máximo de 3.25 m para un vagón y un espacio libre de 1.00 m a cada lado, con lo cual se obtiene un ancho total de 5.25m  $\approx$  5.5 m. Al sumar los dos resultados obtenidos se tiene un ancho total de circulación de 13.0 m. La sección del morro y el primer tramo

inmediato a este no tiene condicionantes de espacio, por lo que en este caso únicamente se definió un ancho libre de vía de 5.0 m con el fin de poder dar una circulación a un vehículo y facilitar las labores constructivas del rompeolas.

Bajo las consideraciones citadas, y de acuerdo con los resultados del inciso anterior, se ajustó la geometría definitiva de cada una de las secciones transversales para la ampliación del rompeolas, considerando como límites superior e inferior para los pesos de roca en capa secundaria y núcleo de  $1,680 < W < 3,900$  kg y  $7.50 < W < 300$  kg, respectivamente.

#### **V.4 Diseño Estructural de Bordos**

Inicialmente se fijaron los parámetros que regirán en el diseño geométrico y estructural de los bordos, principalmente la corona del bordo del núcleo, fijándola a 2.5 m de elevación sobre el nivel de bajamar medio y con un ancho de corona de 5 m, básicamente por procesos constructivos, para permitir el libre paso de equipo y maquinaria durante el proceso constructivo.

##### **V.4.1 Diseño de las Capas de Protección**

Las características de los elementos de coraza fueron definidas con el empleo de la fórmula de Hudson, como se mencionó con anterioridad, y considerando una altura de ola de diseño de 2.1m en la región menos protegida del límite del relleno, es decir, en la esquina de suroeste de la ampliación de la terminal y prolongándose 75m por cada lado. La demás longitud fue diseñada con una altura de ola de 1.5m. Los valores de altura de ola de diseño fueron definidos considerando los resultados del análisis de agitación dentro del puerto.

##### **V.4.2. Geometría Definitiva de los Bordos**

Para establecer el diseño definitivo del bordo, se tomó como criterio el uniformizar dentro de lo posible las características de los materiales, definiéndose de la siguiente manera:

Para el núcleo, fue propuesta una capa uniforme en todo el perímetro externo, con límites gravimétricos definidos por los pesos máximos (5 a 15 kg).

En la capa secundaria, para el perímetro se utilizan rocas de 70 a 140 kg en tanto que para la esquina se compondrá de rocas con pesos entre 200 y 380 kg; los espesores son de 0.75 m y 1.0 m. respectivamente, mientras que para la coraza, el peso de la roca varía entre 800 y 1300 kg en el perímetro y de 2,150 y 3,600 kg en la esquina.

## V.5 DISEÑO DE RELLENOS

Considerando aspectos económicos y constructivos, para el relleno fue definida una primera capa de cimentación con material de todos los tamaños (en breña), desde el nivel del fondo y hasta una elevación de 0.50 metros sobre el N.B.M. El empleo de ese tipo de materiales esta fundamentado además, en el poco control que se tiene sobre la colocación del material bajo el agua. Sin embargo se limito el contenido de materiales finos (menores de 1/40 pulgadas) a menos de 8% del total, a fin de evitar efectos de plasticidad que pudieran afectar la estructura.

Para efectos de diseño se puede suponer que el tamaño máximo de grano es de 0.25 pulgadas. En cuanto a limite superior p tamaño máximo de fragmentos, estos no deberán exceder a 75cm ó 30 pulgadas, ya que además de representar un riesgo para el comportamiento del relleno, los fragmentos mayores pueden ser utilizados en la coraza del bordo en la capa secundaria del rompeolas.

Para la sub-base, la determinación de la granulometría fue realizada considerando que el relleno de material de apoyo debe sostener el material de sub-base. Lo anterior se logra empleando en el diseño las transiciones entre bordos y rellenos. El material de transición entre la base de apoyo y la sub-base fue revisada considerando los siguientes límites granulométricos:

**Material de Apoyo:** Diámetro mínimo: 0.25 pulg.

Diámetro máximo: 30.0 pulg.

Finalmente el límite inferior de la sub-base fue fijado en 4 pulg. de diámetro y los rangos granulométricos de cada capa quedan como a continuación:

**Material de Apoyo:** Diámetro mínimo: 0.25 pulg.

Diámetro máximo: 30 pulg.

**Sub- base:** Diámetro mínimo: 4 pulg.

Diámetro máximo: 7 pulg.

**Base:** Diámetro mínimo: 0.50 pulg.

Diámetro máximo: 2 pulg.

## CAPÍTULO VI. PROCESO CONSTRUCTIVO

Para la construcción cualquier obra de ingeniería es necesario conocer las características tanto de la naturaleza y complejidad de la obra, así como las condiciones del lugar donde se realizaran los trabajos, esto con la finalidad de llevar a cabo la selección del material y equipo adecuado en cada una de las etapas del proceso constructivo lo cual representa un mayor o menor rendimiento en los equipos, repercutiendo esto en costos de operación así como en atrasos en la ejecución de los trabajos.

En el caso de la construcción de rompeolas se seleccionó el equipo de acuerdo a las etapas constructivas del mismo desde el acondicionamiento de caminos de acceso hasta la colocación del último cubo del rompeolas. Por esa razón hemos clasificado dichas etapas como a continuación se describe y que finalmente fue el procedimiento constructivo que se llevó a cabo la construcción del rompeolas, bordos y rellenos.

### VI.1 BANCO DE MATERIAL

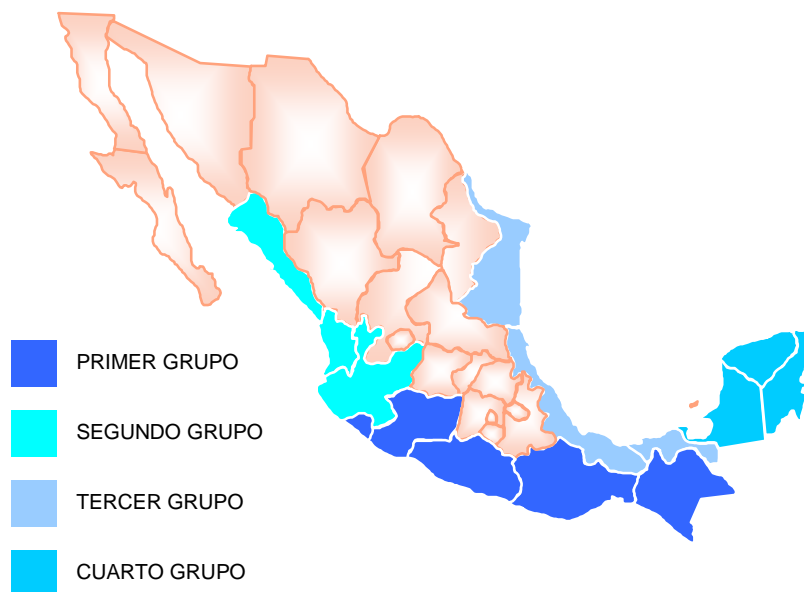
El banco de material es el lugar donde se extrae el material que se utiliza en los diferentes frentes para la Ampliación del rompeolas, bordos y rellenos del Puerto de Progreso, para eso se requirió de maquinaria especial de trabajo.

Dentro de los trabajos que preliminarmente se realizan para obtener el material de enrocamiento requerido en la construcción de rompeolas contamos con:

- **Estudios geológicos:** Estos estudios son de gran importancia para la elección del banco de material y para adoptar además, el procedimiento de explotación más adecuado; así como las características de la piedra.
- **Elección del banco:** como ya se mencionó para la construcción del rompeolas fue necesario contar con roca natural como material de enrocamiento, la cual contó con las características especificadas en el proyecto. Para considerar si un banco de materiales es o no el adecuado, se debe tomar en cuenta la disponibilidad y cantidad necesaria para satisfacer el proyecto, sin olvidar evaluar las características de densidad, durabilidad y tamaño de los fragmentos, generalmente este tipo de bancos podemos encontrarlos en áreas montañosas.

De acuerdo con la orografía de la República Mexicana, estos se localizan en las Sierras: Madre Oriental, Madre Occidental y Madre del Sur; y sus estribaciones más cercanas.

Tomando en cuenta la orografía del país existe una clasificación de entidades con litoral en cuatro grupos de acuerdo a la disponibilidad y calidad de bancos el *primer grupo* lo constituyen los estados de la zona sur del litoral del Océano Pacífico en el cual es fácil encontrar bancos de buena calidad, grandes volúmenes y con una distancia relativamente corta a la línea de costa. La zona norte del litoral del Océano Pacífico es el *segundo grupo* en donde se reducen las opciones de un banco de buena calidad. El *tercer grupo* prácticamente lo compone toda la costa del Golfo de México ya que se presenta carencia de piedra en la zona costera y los acarreos son de mayor distancia. El *último grupo* y el mayor importancia para nuestro caso corresponde a la zona Peninsular de Yucatán, ya que en esta zona existe la posibilidad de utilizar bancos de piedra caliza, los que deben explotarse hacia abajo del nivel natural del piso y esto prácticamente en toda la península resulta posible ubicarlos a corta distancia, esto debido a que la península de Yucatán es un meseta muy amplia que se extiende hacia el mar, en el área marítima conocida como Sonda de Campeche.



### VI.1.1. LOCALIZACIÓN

El banco de materiales se localizó en el Km. 26 de la carretera Mérida – Progreso, una vez verificado que dicho terreno cumplía con las características requeridas según lo establecido en el proyecto.



### VI .1.2.INSTALACIONES PREVIAS, PERMISOS Y ACCESOS

Una vez contratada la obra se procedió de inmediato a la tramitación del permiso de almacenamiento y uso de explosivos para la realización de la obra, el cual fue otorgado. Se construyeron los polvorines que debieron cumplir con las disposiciones vigentes de seguridad, tanto por lo que hace a su ubicación como por lo que se refiere a los materiales que se utilizaron en su construcción, de acuerdo a los planos de construcción y de localización autorizados por la Secretaría de la Defensa Nacional.

Para tener acceso al banco de material se tuvo que realizar un camino de acceso, a base de material tipo cascajo rematando con una capa de material fino para la conformación de la superficie de rodamiento, tomando en cuenta que estos tuvieron que soportar el transito de plataformas y camiones utilizando como apoyo

para su construcción una motoconformadora, compactadora, cargador frontal y camiones de volteo.



Camino de Acceso al Banco de Materiales

En cuanto a lo que se refiere a instalaciones previas, se enfoca a la instalación y adaptación de la báscula, la cual permitió el registro del peso del material explotado de dicho banco, éstas se instalaron lo más cercano posible a la localización del mismo y en la ruta de los vehículos que transportan el material a los enrocamientos.

Estas básculas estuvieron capacitadas para registrar en una sola pasada las unidades de mayor peso que transporten el material para proyecto. Además de una caseta de control para el personal, la cual contaba con todo el equipo y material necesario para el registro de pesos (taras de verificación).

Otro de los trabajos preliminares de suma importancia, es el transporte de la maquinaria de construcción al lugar de la obra que incluye las maniobras de desmontaje, carga, descarga, y montaje de la maquinaria, que por su tamaño y peso no fue posible acarrearlos en un solo viaje; requiriendo todo esto de un tiempo de inversión considerable; y que en este el arribo fue tanto vía terrestre como vía marítima.



Maquinaria Arribada Vía Marítima al Puerto

### **VI.1.3. DESMONTE Y DESPALME**

El desmonte del frente de trabajo consistió en limpiar el área del terreno natural donde se encontró vegetación conformada con manchones separados de pasto de tallo grande y árboles delgados, con hojas en la parte alta y arbustos separados tipo sabana con el material de roca a flor de tierra, este proceso se realizó mediante tractores D9N y D10N, el cual corta y amontona la vegetación para su quema posterior. Lográndose un desmonte total de 52.746 Ha.



Despalme y Desmonte



En el despalme se retiró el material que se encontró sobre la roca del banco, de tal manera que quedó libre para los trabajos de explotación.

De acuerdo con lo observado en el frente se concluyó que no existió la necesidad de despalme en toda el área, salvo en algunos casos donde se encontró hasta 10 cm de tierra vegetal ó material de gravilla suelta, aún así se obtuvieron  $23,683.35\text{m}^3$  de despalme.



Despalme en zonas Requeridas

Periódicamente se realizaba levantamientos topográficos para así llevar un control de la zona explotada para obtener, áreas de desmonte y volúmenes de despalme.



#### VI.1.4. BARRENACIÓN Y VOLADURA

La ubicación y separación de líneas de formación de tresbolillo y barrenación, consiste en que una vez terminando con las labores de desmonte, se continúa con la elaboración de los barrenos, lo cual para este proyecto se utilizaron determinadas cuadrículas según el material que se requería extraer, como es el caso para la obtención de material clasificado, como núcleo y relleno que se utilizó una cuadrícula de 1.50 x 1.50 y 2.20 m de profundidad y de 2.50 x 2.50 y 2.40 m de profundidad; la cuadrícula de 3.0 x 3.0 y 2.50 m de profundidad para obtener material clasificado como secundario, con un diámetro de perforación de 2 ½ " por tratarse de un banco plano y de poca altura. Se trabajará en áreas muy extendidas, procurando que se hiciera una cuadrícula que distribuya muy bien el equipo de perforación, evitando su interferencia con otros equipos que estuvieron trabajando simultáneamente en el banco.

Cabe mencionar que la profundidad de la barrenación no podría ser mayor de 2.50 m. debido a la cercanía del manto acuífero.

La barrenación se llevó a cabo por en una jornada de trabajo de 12 hrs., el equipo realizó en promedio por día 250 barrenos pero conforme iban bajo el ritmo de trabajo de la obra se realizaron de 90 a 100 barrenos por día.



Se observa el Track Drill realizando Barrenación

El poblado de la barrenación se hizo en las proporciones que se requería para la voladura del día.

Como se menciona antes, para sacar el material clasificado como núcleo, secundario y relleno secundario utilizaban diferentes cuadrículas para la cual se tenía que usar determinada cantidad de material explosivo, para la obtención de un buen material pétreo de acuerdo a su clasificación.

La población de los barrenos se llevó acabo de la siguiente manera, se verificó si el barreno no tenía tierra ó agua, enseguida se colocó el “emulgel”, posteriormente se colocó el “anfomex”; cabe mencionar que en ocasiones se ponía una bolsa de plástico para evitar el contacto con el agua que contenían algunos barrenos, enseguida se unían con el “primacord”, “ecord” y la cañuela para finalizar con los conectores y fulminantes. Todo este proceso se realizó con tres pobladores en un tiempo de 5hrs aproximadamente, dependiendo del número de barrenos.



Poblado de los Barrenos

La voladura es la parte final de la población, que en un principio se realizaban hasta dos por día, pero conforme se iba cerrando los frentes de la ampliación del puerto, el número de tronadas fue disminuyendo hasta realizar una a la semana; más que nada para sacar material clasificado como secundario.

Para poblar y tronar no se requiere de maquinaria, sino solamente los explosivos y los dispositivos para producir la detonación. Después de cada tronada se hace el a macice y apalanque, es decir el retiro del material flojo y rajuelas por medio de barretas, pala mecánica, grúa y otras herramientas y máquinas para despejar el frente. Dicho frente se debe de examinar, sobretodo los ejemplares grandes de roca parar descubrir y eliminar los explosivos sin estallar.

## NÚMERO DE BARRENOS REALIZADOS Y NÚMERO DE BARRENOS TRONADOS

Barrenos Realizados	Barrenos Tronados
57,553	57,439

### VI. I.5 REMOCIÓN, SELECCIÓN Y CARGA DEL MATERIAL

Dado que la forma de construcción del rompeolas implica el transporte continuo de los materiales para su vertido al mar, es necesario un control sobre el avance y los volúmenes de obra ejecutada, así como también de la colocación de los elementos de acuerdo a las líneas del proyecto. Dicho control se puede lograr mediante el empleo del equipo topográfico necesario el cual será permanente durante el tiempo de construcción de la obra.

Estas actividades se realizaron casi simultáneamente y con una debida coordinación para obtener un buen aprovechamiento del material explotado evitando esperas innecesarias a los vehículos de transporte.

El material que se removió de la tronada se seleccionó según los tamaños especificados.



Remoción de Material

MATERIAL	PESO MÍNIMO kg	PESO MÁXIMO kg
Núcleo	7.5	800
Secundaria	800	1,750
Berma	800	1,750

Haciendo montículos que contengan un solo rango de piedra. Los equipos de carga tomaron el material de los montículos de piedra y cargaron los camiones. La carga de la piedra tiene una liga muy importante con la construcción del rompeolas, esta se debe a que los volúmenes de la carga están supeditados a los volúmenes que se requieran para ir formando las capas de piedra del rompeolas; por lo anterior se tuvo especial cuidado en planear los volúmenes de carga con una anticipación de 24 hrs. Para lograr una buena coordinación con la colocación de las secciones del rompeolas.

Así mismo durante la carga diaria de piedra se tuvo la comunicación necesaria entre los colocadores de piedra y la carga, para ir dosificando la relación de viajes de núcleo y secundaria que se requirieron durante el día.



Montículos de Piedra para su Acarreo

Este trabajo se ejecutó con tractores D9N y D10N, que una vez seleccionado el material, según su tamaño, se baja el material tronado dejándolo listo para que el cargador lo deposite en los camiones de transporte.

La carga de roca según su clasificación fue llevada a cabo por los cargadores 966FCAT y 2 Cargadores CAT 988B.

La carga de camiones con material clasificado fue llevado con cargadores frontales en camiones de 14 ton; cabe señalar que durante la carga del material al camión se supervisó cuidadosamente que este fuese limpio (sin ramas y raíces) y que la piedra fuera de las condiciones adecuadas según lo requerido en el proyecto, tal es el caso para el núcleo y capa secundaria (y que contara con un bajo contenido de arcilla para el caso del relleno).



Carga de Material

## VI. I.6 MAQUINARIA Y PERSONAL EMPLEADA EN BANCO DE MATERIAL

### Personal

Operador Compresor Ingersoll Rand 1600 PCM  
Operador Compresor Ingersoll Rand 1100  
Operador Compresor Sulliar  
Operador Compresor Joy  
Operador Track Drill Ingersoll Rand ECM 350 (5)  
Operador Rock Drill Ingersoll Rand  
Operador Cargador Cat 950 B (2)  
Operador Cargador Cat 966 F (2)  
Operador Cargador Cat 988 B (2)  
Operador Cargador Michigan 175  
Operador Tractor Komatsu 155  
Operador Tractor Cat D 8K  
Operador Tractor D6  
Operador Tractor D9N  
Operador Tractor D10N  
Operador Tractor Cat D6  
Operador de Motoconformadora  
Operador Retroexcavadora Cat 235 (2)  
Operador Pipa para transportar diesel  
Operador Camioneta 3.5 Ton. apoyo  
Operador Camión de volteo ( variable)  
Soldador  
Mecánicos  
Eléctricos  
Pobladores  
Checadores  
Ayudantes

## **Maquinaria**

Compresor Ingersoll Rand 1600 PCM  
Compresor Ingersoll Rand 1100  
Compresor Sulliar  
Compresor Joy  
Track Drill Ingersoll Rand ECM 350 (5)  
Rock Drill Ingersoll Rand  
Cargador Cat 950 B (2)  
Cargador Cat 966 F (2)  
Cargador Cat 988 B (2)  
Cargador Michigan 175  
Tractor Komatsu 155  
Tractor Cat D 8K  
Tractor D6  
Tractor D9N  
Tractor D10N  
Tractor Cat D6  
Motoconformadora  
Retroexcavadora Cat 235 (2)  
Pipa para transporter diesel  
Camioneta 3.5 Ton. apoyo  
Camion de volteo ( variable)  
Planta de soldar 300 AMP  
Compresor Ingersoll Rand 1600 PCM  
Compresor Ingersoll Rand 1100  
Compresor Sulliar  
Compresor Joy

## **VI.2 ROMPEOLAS**

### **VI.2.1 ACARREO Y COLOCACIÓN**

El acarreo de piedra requirió, tal y como lo señala la especificación correspondiente, unidades con capacidad mínima de 12 m<sup>3</sup>.

Se debe tomar en cuenta que la carga del material ya clasificado, que se requiere para seguir la secuencia de construcción de las diferentes capas que forman el enrocamiento, para lo cual es necesario una comunicación eficiente entre el lugar de colocación y el banco de materiales.

Los vehículos de transporte de núcleo y secundaria se contrataron con la unión de transportistas locales, para la disminución de costos.

Para la colación del núcleo se ocuparon camiones de volteo de 14 m<sup>3</sup>, para la capa secundaria se utilizaron plataformas de 30 ton con charola.



Colocación del Material en Rompeolas

Para evitar la pérdida de material y destrucción de la obra (por el paso de camiones de carga), a medida que se fue avanzando el trabajo, se fue protegiendo el núcleo con roca de mayor tamaño. Para cubrir el núcleo contra el mal tiempo, principalmente los fines de semana, se procuró no dejar el núcleo descubierto; dejándolo protegido con roca de pesos adecuados, previniéndose con ayuda de pronósticos del tiempo.

## **VI.2.2 CUBOS DE CONCRETO**

Los cubos de concreto o coraza tiene como función recibir el impacto de la acción del oleaje, siendo en este caso cubos ranurados de concreto prefabricado.

El concreto prefabricado se refiere a elementos que se cuelan en algún lugar distinto de su ubicación final en la estructura. Cuando ya se han curado hasta alcanzar la resistencia para su manejo, se sacan de la cimbra y se colocan en la estructura.

El frente de elementos prefabricados (cubos de concreto) se ubicó en el km 26+000 desviación derecha a 500 m de la carretera Mérida-Progreso, el cual contaba con un camino de acceso de tercercería que finalizaba en el banco de materiales. El área que ocupaba dicho frente era de 30,000 m<sup>2</sup> constituido de árboles y arbustos, los cuales fueron talados para despallar e implementar los patios de colado y almacenamiento de cubos, camas de colado de los elementos prefabricados, almacén de obra e instalación de planta dosificadora, taller de maquinaria y oficinas de campo de las empresas supervisora y constructora.



La piedra de la coraza se colocó pieza por pieza, utilizando grúas de capacidad y alcancen adecuados para colocar fragmentos en su lugar definitivo. Además, siempre se inició colocando los elementos al pie del talud y avanzar hacia la corona pero nunca empujando estos, hacia los taludes. Se deben evitar maniobras que en alguna forma tiendan a degradar el material.

En este caso de los elementos prefabricados sólo después de 28 días de fabricación se pudieron manejar, transportar y colocar en el sitio de la obra; indicado por la Secretaria de Comunicaciones y Transporte.

#### **VI.2.2.1 MOLDES E INSTALACIONES PREVIAS**

Para tener una constante producción de los cubos de concreto se tuvo que realizar una serie de instalaciones previas que garantizaran una constante producción de los mismos a fin de evitar algún contratiempo y con esto un retraso en este frente de trabajo y por consiguiente en toda la obra. Algunas de las instalaciones fueron utilizadas para:

**Agua:** se construyó un tanque con la capacidad de 1000 l, suficiente para dos días de colado.

**Almacén de agregados:** se tuvo un área contigua a la dosificadora de concreto con la capacidad requerida para el almacenamiento de agregados, limpiando previamente la superficie, para evitar cualquier contaminación de la misma.

**Planta Dosificadora:** Se instaló una planta de concreto hidráulico con una producción de 100 m<sup>3</sup>/hr.

**Moldes:** Los moldes fueron fabricados en el sitio, con lámina de acero reforzados con ángulos de acero, con dimensiones de 1.80 m. de base, 1.70 m. de altura y 1.60 m de ancho para los cubos de 10.4 ton; y para los cubos de 7.8 ton con dimensiones de 1.64 m de base, 1.56 altura m y 1.46 m de ancho. Para una mayor duración y protección a estos se les aplicó pintura anticorrosiva.

#### **VI.2.2.2 FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO**

Una vez por su paso por la planta premezcladora el concreto fue transportado en ollas revolventoras de 7.0 m<sup>3</sup> de capacidad, colocado y consolidado sin segregación. Dicha consolidación se realizó llenando todas las partes de los moldes, eliminando todas las bolsas de aire que pudieran formarse.

Cabe resaltar que los agregados no fueron mayores de hasta 4", ya que fueron los idóneos para el tamaño de los cubos.

Durante el transporte del concreto se mantuvo la calidad y uniformidad desde su carga en la planta premezcladora a la revolvedora y hasta su vaciado en los moldes.

Para la colocación del concreto en los moldes se tomaron las precauciones para evitar la disgregación del mismo, dejándolo caer verticalmente evitando segregación mediante la utilización de canalones de descarga y así evitar el golpeo de los lados de los moldes, minimizando la segregación y evitando se forme una capa de concreto en las superficies con lo cual se reduciría la adherencia.



Colado de Cubos

Como es sabido la consolidación del concreto es un factor importante para el buen funcionamiento del mismo, en esta caso dicha consolidación se realizo utilizando vibradores mecánicos, a fin de garantizar un concreto denso teniendo buena adherencia y superficies lisas.

El curado de los elementos prefabricados se realizo mediante la aplicación de membrana.

### **Proporción de concreto hidráulico para cubos de 10.4 ton.**

$f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$

Cemento tipo II

Revenimiento de 10 cm.

*Agregados gruesos:* PVSV = 1326 kg/cm<sup>3</sup>  
PES = 2320 kg/cm<sup>3</sup>  
Absorción= 5.56%  
Humedad= 6%

*Agregados finos:* PVSV = kg/cm<sup>3</sup>  
PES = 2440 kg/cm<sup>3</sup>  
Absorción= 3.92%  
Módulo de Finura = 3.26%  
Humedad= 6%

### **VI.2.2.3 MAQUINARIA Y PERSONAL EMPLEADA EN LA FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO**

#### **Maquinaria**

Dosificadora de Concreto  
Ollas de Concreto  
Vibradores de Concreto  
Cargador Frontal

#### **Equipo**

1 Operador y 2 ayudantes de Dosificadora de Concreto  
Operador de Ollas de Concreto  
Operador de Vibradores de Concreto  
Operador Cargador Frontal  
3 colocadores de concreto

### **VI. 2.2.4 CIMBRADO Y DESCIMBRADO**

El cimbrado de los cubos se realizó mediante el siguiente procedimiento: primeramente se asientan moldes metálicos sobre el piso, previa colocación de tela de plástico y aplicación por las paredes interiores de un desmoldante a base de diesel y aceite quemado, quedando listo para recibir el concreto.

Una vez colocado el concreto en el molde y que este empezará a fraguar un poco se les colocó el aditamento (gancho) que sirvió para dejar las preparaciones y para el izaje.

El descimbrado del molde se realizó con gatos de 50 ton y un aditamento especial para levantar la cimbra apoyándose en el propio cubo.

Una vez retirados los gatos con el cual se descimbro los moldes se levantan con grúa, se limpian perfectamente, se aplica al desmoldante y se vuelven a colocar para el siguiente colado.

#### **VI. 2.2.5 MAQUINARIA Y PERSONAL EMPLEADA EN CIMBRADO Y DESCIMBRADO**

##### **Maquinaria**

Gatos de 50 ton

Grúa de 14 ton

##### **Equipo**

Operador de Gato de 50 ton

Operador de Grúa de 14 ton y 1 ayudante

#### **VI. 2.2.6 CARGA, ACARREO Y COLOCACIÓN DE CUBOS**

Estos trabajos se realizaron con el mayor cuidado, ya que en caso de que algún cubo sufriera daños serios durante, su carga, acarreo o colocación tenía que ser remplazado por uno en buenas condiciones y el elemento de concreto dañado quedara inservible.

Por razones de espacio, los cubos que se encontraban en espera de ser colocados tuvieron que permanecer apilados en el área de colado hasta obtener 4 camas.

Para las maniobras de remontar cubos y cargarlos a los vehículos de transporte se usaron grúas equipadas con tenazas.

Tal como se realizó en los trabajos de colocación de piedra, las labores de carga, acarreo y colocación se llevó con una muy buena coordinación entre los patios colados y el lugar de colocación.

Con los cubos se tuvo especial cuidado en no dejar sin protección de coraza tramos de más de 20 metros ya cubiertos de capa secundaria.



Carga de Cubos

La carga se realizó en camiones de plataforma de 3 ejes con capacidad para 3 cubos de 10.4 ton ó 4 cubos de 7.8 ton.



Transporte de Cubos

Los camiones llegan a la zona de colocación donde la grúa baja los cubos sobre la capa de rodamiento, se retiran los vehículos y la con apoyo de la grúa coloca los cubos en los taludes del rompeolas, a líneas y niveles de proyecto.



Descarga de Cubos

En la colocación de estas piezas, se hizo uso de todos los mecanismos con que cuentan estos equipos, utilizando sus diversas características de trabajo que hace posible tanto el movimiento de la pluma, como el cable para hacer funcionar las garras con las que se manejan las piedras. Las orugas que tienen para transitar la mayoría de estas grúas, están formadas por bandas de acero segmentadas con las cuales se distribuye uniformemente el peso sobre el piso, además de proporcionar una gran área de soporte que asegura su estabilidad. La capacidad de una grúa no varía en forma lineal con respecto al ángulo de inclinación de la pluma, ni con respecto a la distancia comprendida entre la grúa y la carga, esta variación es irregular, dependiendo de cada fabricante.



Acomodo de Cubos

En la práctica siempre se busca la manera de utilizar las grúas de las menor capacidad posible, sin rebasar lo límites de seguridad, por lo cual, en la construcción de los taludes para la corona de los rompeolas se aprovecha el empuje del agua sumergiendo la garra y la pieza en el mar tan pronto como sea posible, e introduciéndola a una profundidad suficiente para evitar el efecto del oleaje, haciendo el movimiento bajo el agua hasta el sitio preciso donde debe depositarse.

La primera capa de cubos de 7.8 ton se colocó desde la base, asentándolos los que van horizontalmente sobre la berma, estos cubos actúan como centinelas o anclas de los cubos del talud. Se continúa con la colocación de los cubos del talud hasta llegar al nivel de terminación de la primera capa de cubos.

La segunda capa de cubos de 10.4 ton, se acomodo con un defasamiento de 100 a 150 metros de la primera capa, lo cual permite que los cubos de la primera capa tengan un mejor acomodo. La segunda capa se construye igual de abajo hacia arriba hasta llegar al nivel de terminación final de la coraza.

### ACARREO, CARGA Y COLOCACIÓN DE CUBOS DE CONCRETO POR MES

MES	ACARREO		CARGA Y COLOCACIÓN	
	Cubos de 7.8	Cubos de 10.4	Cubos de 7.8	Cubos de 10.4
Mayo	47 pza/km	-	-	-
Junio	127 pza/km	684 pza/km	490 pza	342 pza
Julio	952 pza/km	658 pza/km	476 pza	329 pza
Agosto	1278 pza/km	806 pza/km	639 pza	403 pza
Septiembre	1154 pza/km	832pza/km	577 pza	416 pza
Octubre	1136 pza/km	954 pza/km	568pza	477pza
Noviembre	1026 pza/km	838 pza/km	513 pza	419 pza
Diciembre	pza/km	pza/km	pza	pza
Enero	2680 pza/km	2692 pza/km	1340 pza	1346 pza
Febrero	2404 pza/km	508 pza/km	1202 pza	254 pza
Marzo	2140 pza/km	624 pza/km	1070 pza	312 pza
Abril	1224 pza/km	656 pza/km	612 pza	328 pza
Mayo	pza/km	pza/km	pza	pza
Junio	1580 pza/km	792 pza/km	790 pza	396 pza
Julio	698 pza/km	1224 pza/km	349 pza	602 pza
Agosto	pza/km	pza/km	pza	pza
Septiembre	436 pza/km	-	218 pza	-
Octubre	2,192 pza/km	-	1,096 pza	-
Noviembre	574 pza/km	-	-	287 pza
Diciembre	9,574pza/km	-3,645pza/km	1,743 pza	-
<b>Total</b>	<b>34,350 pza/km</b>	<b>3,645 pza/km</b>	<b>13,844pza</b>	<b>3,932 pza</b>

## FABRICACIÓN DE CUBOS DE CONCRETO POR MES

MES	FABRICACIÓN	
	Cubos de 7.8	Cubos de 10.4
Mayo	-	-
Junio	-	-
Julio	-	-
Agosto	-	-
Septiembre	-	-
Octubre	-	690 pza
Noviembre	-	-
Diciembre	-	960 pza
Enero	-	-
Febrero	-	-
Marzo	-	610 pza
Abril	-	-
Mayo	-	-
Junio	-	-
Julio		298 pza
Agosto		212 pza
Septiembre	-	-
Octubre	488 pza	-
Noviembre	225 pza	-
Diciembre	287 pza	-
<b>Total</b>	<b>1,000 pza</b>	<b>3,500 pza</b>

### VI. 2.2.7 MAQUINARIA Y PERSONAL EMPLEADA EN LA CARGA, ACARREO Y COLOCACIÓN DE CUBOS

#### Equipo

Grúa Link Belt 110T  
 Camión de plataforma White 30T  
 Grúa Lima Cleveland 50 ton  
 Equipo topográfico  
 Tenazas

#### Personal para la Colocación

Operador Grúa Link Belt 110T con 1 ayudante  
 Operador Camión de plataforma White 30T  
 Operador Grúa Lima Cleveland 50 ton y 2 ayudantes  
 Topógrafo con Brigada



## **VI. 2.2.8 RESCATE DE CUBOS DEL ROMPEOLAS**

### **RESCATE Y DEPÓSITO EN ALMACÉN.**

El rescate se hace al revés de la colocación, llevándolo de arriba hacia abajo. El rescate de cubos del rompeolas antiguo se efectúa en dos fases:

La *primera fase* contempla los cubos que se encuentran visibles para el operador de la grúa, o sea los cubos fuera del agua; este rescate se hace con tenazas tipo Rock- Ton.

La *segunda fase* consiste en rescatar los cubos bajo el agua o no visibles para el operador de la grúa. Para ello se forman equipos de 2 buzos que lanzan cubos por cubo con estrobos de cable de acero. Los equipos de buzos trabajan en áreas separadas que permiten que la grúa levante los cubos, sin interferir o poner en peligro a los buzos que al mismo tiempo trabajan en el estrobado de otro cubo.

Por último los cubos se depositaron en la superficie de la terminal remota para posteriormente cargarlos en el camión y llevarlos al almacén para su descarga.

### **CARGA EN ALMACÉN**

Los cubos en almacén se cargan cuando el equipo de colocación del nuevo rompeolas requiera de ellos.

### **ACARREO**

Los cubos se acarrean en vehículos similares a los descritos anteriormente.

### **DESCARGA, CARGA Y COLOCACIÓN EN EL ROMPEOLAS**

Los cubos, al igual que lo mencionado anteriormente, se bajan de los vehículos y una vez que el vehículo se retira, la grúa empieza a realizar sus maniobras colocándolos sobre el talud del Rompeolas, siguiendo el mismo procedimiento.

## RETIRO DE CUBOS DE CONCRETO POR MES

RETIRO		
MES	Cubos de 7.8 ton	Cubos de 10.4 ton
Mayo	53 pza	117 pza
Junio	530 pza	348 pza
Julio	584 pza	1298 pza
Agosto	611 pza	102 pza
Septiembre	655 pza	95 pza
Octubre	373 pza	176 pza
Noviembre	588 pza	270 pza
Diciembre	pza	pza
Enero	1391 pza	241 pza
Febrero	1628 pza	-
Marzo	1039 pza	-
Abril	1501 pza	-
Mayo	pza	pza
Junio	1160 pza	-
Julio	584 pza	-
Agosto	pza	pza
Septiembre	-	-
Octubre	1520 pza	-
Noviembre	996 pza	-
Diciembre	580 pza	-
<b>Total</b>	<b>18,159 pza</b>	<b>3,179 pza</b>

### VI. 3 BORDOS Y RELLENOS

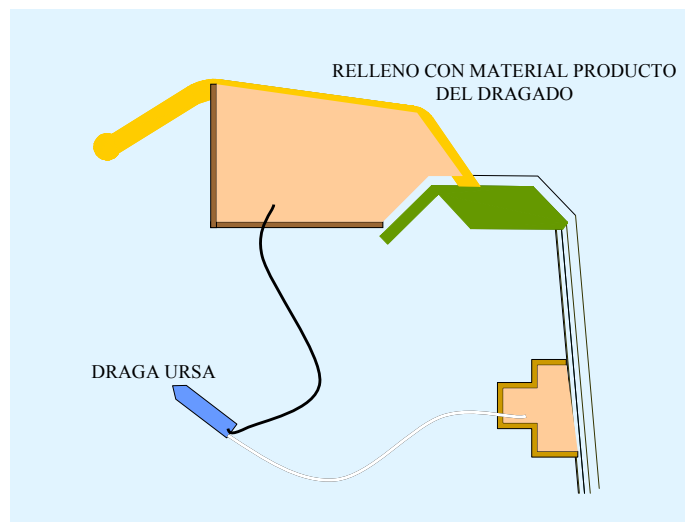
Estos trabajos se realizaron en dos frentes de trabajo *el primero* fue para la ejecución del patio de contenedores así como la construcción del patio para Terminal tanto de cruceros y de transbordadores.

Primeramente se acarreo el material del banco, el cual debía de contar con las especificaciones que se marcaron en el proyecto. El procedimiento de colocación fue le mismo que se siguió para la colocación del material del rompeolas únicamente cambio la clasificación del material.

Posteriormente con material producto de dragado se procedió a la conformación de rellenos los cuales posteriormente era tendido y compactados con equipo terrestre quedando finalmente una plataforma de desplante para los patios.



Colocación de Material para formación de Bordo de Contenedores



Relleno en Bordo de Contenedores

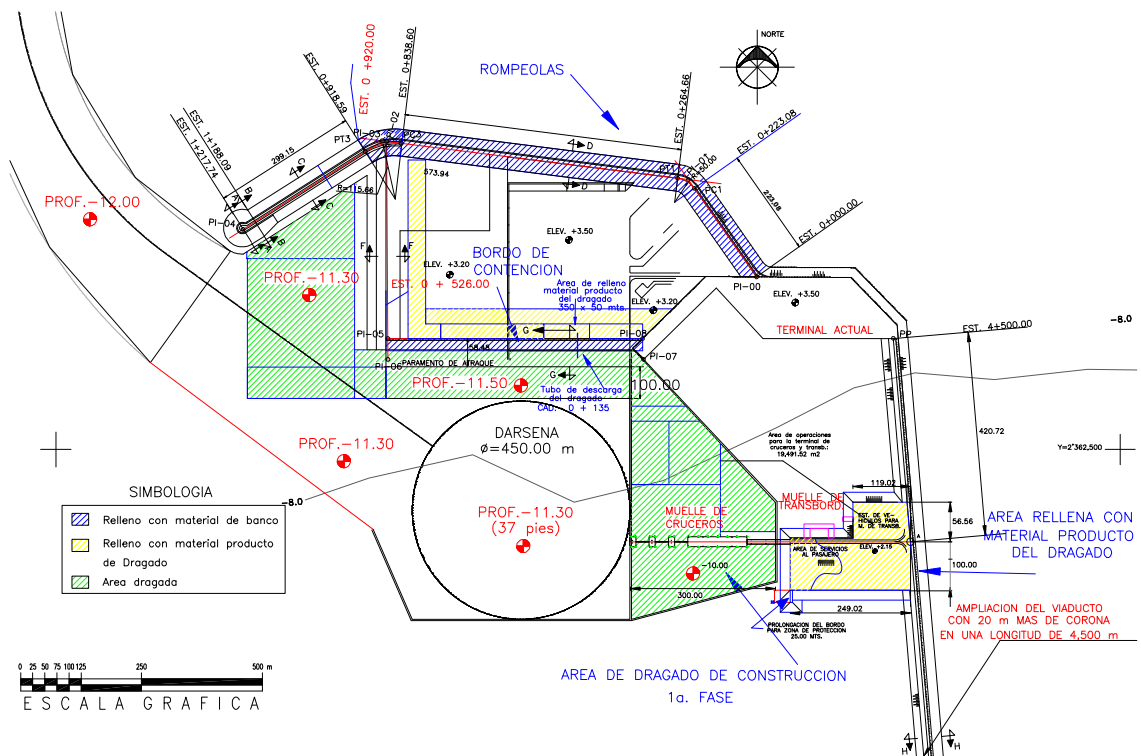
#### VI.4 DESCRIPCIÓN DEL DRAGADO

El proceso de dragado en esta obra fue una de las etapas más importantes durante el proceso de esta, tanto por las características de la obra así como la complejidad del equipo a utilizar.

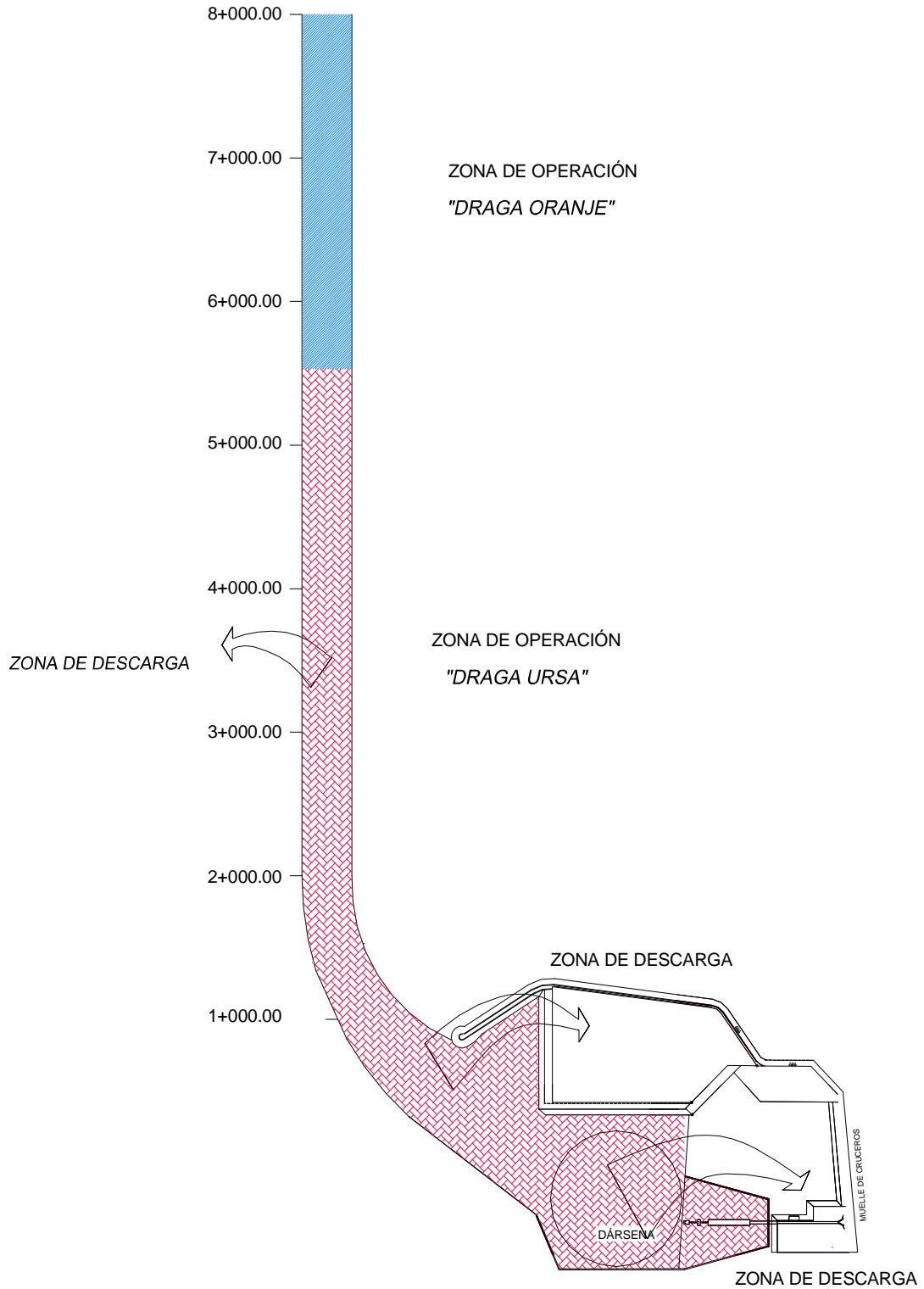
Se dragaron en diferentes frentes de trabajo para cubrir las necesidades de la obra por lo cual fue necesario contar con equipo de características variadas y así acceder a diversas zonas a dragar, para finalmente que el producto llegara a su destino.

#### VI.4.1. ZONAS A DRAGAR

El material dragado en su mayor parte fue utilizado para la formación de los bordos de contención y rellenos de los mismos. La zonas donde se llevaron a cabo los trabajos de dragado fueron la dársena de ciaboga y de maniobra donde la profundidad obtenida fue 10.30 m, del el canal curvo y canal recto a la profundidad de 11 m, esto fue realizado del cadenamamiento 1+000 al 8+000. El material dragado fue de tipo rocoso y el volumen dragado fue de 4,419,292.62 m<sup>3</sup> aproximadamente, estos trabajos se realizaron entre los meses de octubre de 1999 a mayo de 2001.



El siguiente croquis muestra el área de operación de las dragas, desde el inicio de la obra en el mes octubre de 1999, hasta el término de la misma, es decir en mayo de 2001.



## VI.4.2 VOLUMEN DRAGADO

### DRAGADO DEL CANAL DE NAVEGACIÓN Y DÁRSENAS PARA LA AMPLIACIÓN DEL PUERTO DE PROGRESO, YUC.

Volumen original= 2,805,000 m<sup>3</sup>

Volumen total programado= 4,447,594 m<sup>3</sup>

Volumen total Dragado= 4, 419, 293 m<sup>3</sup>

PERIODO	UNIDAD	VOLUMEN			TOTAL
		DÁRSENA	CANAL ÁREA CURVA	CANAL ÁREA RECTA	
OCTUBRE 1999	m <sup>3</sup>	225,439.60			225,439.60
NOVIEMBRE 1999	m <sup>3</sup>	21,637.00			21,637.00
DICIEMBRE 1999	m <sup>3</sup>	808,943.61			808,943.61
ENERO 2000	m <sup>3</sup>	113,465.40	117,979.60		231,445.00
FEBRERO 2000	m <sup>3</sup>	44,057.00	159,090.00		203,147.00
MARZO 2000	m <sup>3</sup>	254,395.72	155,984.12		410,379.84
ABRIL 2000	m <sup>3</sup>	189,376.28	71,046.00		260,422.28
MAYO 2000	m <sup>3</sup>	303,333.00	180,272.28		483,605.28
JUNIO 2000	m <sup>3</sup>				0.00
JULIO 2000	m <sup>3</sup>				0.00
AGOSTO 2000	m <sup>3</sup>				0.00
SEPTIEMBRE 2000	m <sup>3</sup>	-7,147.91		241,376.30	234,228.39
OCTUBRE 2000	m <sup>3</sup>		156,567.00	407,109.00	563,676.00
NOVIEMBRE 2000	m <sup>3</sup>	760.30	131,355.00	175,804.00	307,919.30
DICIEMBRE 2000	m <sup>3</sup>		85,308.00	182,088.00	267,396.00
ENERO 2001	m <sup>3</sup>			244,143.00	244,143.00
FEBRERO 2001	m <sup>3</sup>		1,830.00	73,016.00	74,846.00
MARZO 2001	m <sup>3</sup>			19,078.00	19,078.00
ABRIL 2001	m <sup>3</sup>				0.00
MAYO 2001	m <sup>3</sup>	-383.15	593.72	62,775.75	62,986.32
<b>TOTAL</b>		<b>1,953,876.85 m3</b>	<b>1,060,025.72 m3</b>	<b>1,405,309.05 m3</b>	<b>4,419,292.62 m3</b>

### VI.4.3 EQUIPO UTILIZADO

El equipo utilizado desde los inicios de la obra en las actividades de dragado se puede clasificar como **equipo principal y equipo auxiliar**, considerando como equipo principal las Dragas *tipo estacionarias* como La “URSA”, La “CORNELIUS” y La “ORANJE” y Las Dragas *tipo autopropulsadas* como La “ALTAMIRA” y La “FREE WAY”; y como *equipo auxiliar* a todos aquellos elementos de apoyo terrestre o marítimo que se utilizan como sostén para que el equipo principal realice eficazmente las obras de dragado en el puerto. Se considera como equipo auxiliar los remolcadores, los chalanes, las grúas, los tractores, y todos aquellos accesorios como son: los cortadores, las anclas, las tuberías, los flotadores etc.

En el siguiente esquema se muestra el equipo así como el proceso a que se llevó durante el dragado.



**EQUIPO PRINCIPAL**

- DRAGA URSA
- DRAGA ALTAMIRA
- DRAGA CORNELIUS
- DRAGA ORANJE
- DRAGA FREE WAY

**EQUIPO AUXILIAR**

- **MULTICAT**
  - BKM 102
  - BK29
- **REMOLDADORES**
  - RD4 NAYARIT
  - 290 ALMA
  - ISABEL
- **CHALANES**
  - CHALAN TERRA
  - CHALAN LUNA
  - CHALAN CHUC
  - CHALAN DN 17
- **GRÚAS**
  - GRÚA LINK BELT S318
  - GRÚA PH S5875
  - GRÚA PETTIBONE
- **MAQUINARIA TERRESTRE**
  - RETROEXCAVADORA S386
  - TRACTORES D6R
  - CARGADOR FRONTAL
- **ACCESORIOS**
  - CORTADORES
  - DIENTES Y PORTADIENTES
  - ANCLAS
    - TIPO CAJA
    - TIPO FLIPPER
    - TIPO ISLA
  - TUBERÍAS
    - TERRESTRE
    - SUMERGIBLE
    - FLOTANTE
  - BOYAS
    - TIPO DIURNO
    - TIPO NOCTURNO
  - DEPOSITOS
    - TIPO MÓVIL
    - TIPO ESTACIONARIO
  - FLOTADORES
    - METÁLICOS
    - PLÁSTICOS
  - COMPRESORES
  - DECANTADORES
  - MOTOGENERADORES
  - MOTOSOLDADORAS



## DRAGA URSA



- Draga que opero de octubre de 1999 a mayo de 2001, dragando un volumen de 3, 709,157.18 m<sup>3</sup>.
- Esta draga esta diseñada para operar en puertos y aguas de la costa hasta 15 millas de distancia.
- Equipada para trabajar en climas tropicales y soleados.

## GENERALIDADES

- Año de construcción: 1986
- Compañía constructora: Orenstein & Koppel
- Clasificación: GL 100A 4EA
- Área de trabajo: Hasta 25 m de profundidad
- Peso total: 3,800 ton
- Peso neto: 1,163 ton
- Autopropulsada: Sí
- Velocidad de navegación: 9 km
- Desmontable: No
- Capacidad de personal: 30 personas

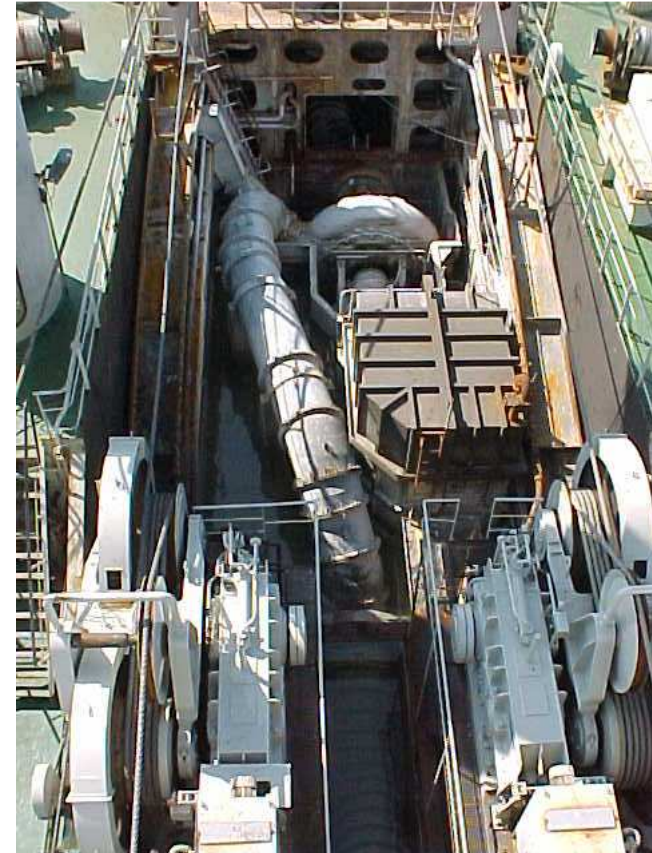
## DIMENSIONES

- Largo de O.A.: 115.83 m
- Largo del Pontón: 104.10 m
- Ancho del Portón: 20 m
- Profundidad de Moldeado: 7.8 m
- Ponton de dragado normal: 4.9 m
- Ponton de dragado máximo: 5.1 m
- Altura sobre el nivel del agua
  - Excluyendo zancos: 32 m
  - Excluyendo mástil: 26 m
- Longitud de la escala de dragado: 36.6 m
- Diámetro de los zancos: 1.8 m
- Longitud de los zancos: 44.50 m



## VOLUMENES/PESOS

- Peso de construcción: 5760 ton
- Peso de la escala de cortadores: 920 ton
- Peso de los zancos: 115 ton
- Capacidad de combustible: 800,000 litros
- Capacidad de aceite lubricante: 3,000 litros
- Consumo diario de diesel: 35,000 litros



## PARTICULARIDADES

- Diámetro de tubería de succión: 950 mm
- Diámetro de tubería de descarga: 900 mm
- Número de bombas: 3
- Bombas sumergibles: 1
- Profundidad máxima de dragado: 25 m
- Profundidad mínima de dragado: 7.00/5.80 m
- Amplitud máxima de dragado: 112 m
- Amplitud mínima de dragado: 93.50 m
- Carro de zancos: Sí
- Carrera de carro: 6 m
- Máxima velocidad de oscilación: 32 m/min
- Computadora para perfil de dragado: Sí



## PERSONAL OPERATIVO

- Oficial soldador de primera
- Ayudante de soldador de primera
- Marinero
- Motorista
- Cocinero
- Camarero
- Patrón
- Capitán
- Oficial de cubierta de primera
- Oficial de cubierta de segunda
- Dragador de primera
- Jefe de maquinas
- Oficial mecánico de primera
- Dragador de segunda
- Oficial mecánico de segunda
- Oficial eléctrico de primera
- Ingeniero topográfico
- Operador de maquinaria de primera
- Ayudante de operador de maquinaria
- Oficial pailero de primera
- Ayudante de pailero de primera



## POTENCIA TOTAL INSTALADA

Potencia total de la instalación: 15,830 Kw

Tipo de combustible: M.D.F.-D.

	Modelo	(Kw)	(Rpm)	Acoplado
<b>MOTORES PRINCIPALES</b>	Man 9L 32/36	3700	750	Bomba 2
	Man 9L 32/36	3700	750	Bomba 3
	Man 9L 32/36	3700	750	Motor Propulsol ER
	Man 9L 32/36	3700	750	Motor Propulsol BR
<b>MOTORES AUXILIARES</b>	Mwm Tbd 604L6	440	1500	Motor generador
	Mwm Tbd 604L6	440	1500	Motor generador
	Mwm Tbd 604L6	440	1500	Motor generador

- Potencia del cortador: 3300 Kw
- Potencia de la bomba P1: 2200 kw
- Potencia de la bomba P2: 3700 kw
- Potencia de la bomba P3: 3700 kw
- Potencia de propulsión: 2X3700 kw

## DRAGA PUERTO DE ALTAMIRA



Draga mixta (de tolva autopropulsada con instalación de cortador) empleada para recoger el material descargado por la draga "URSA"; durante las pruebas de dragado realizadas en el canal de navegación (tramo recto).

- Capacidad de tolva: 3000 m<sup>3</sup>
- Capacidad de carga: 4000 ton.
- Profundidad máxima de dragado: 20 m
- Potencia total instalada: 8695 H.P.
- Potencia del cortador: 750 H.P.
- Año de construcción: 1982
- Eslora total: 107 m
- Manga: 16.80 m
- Puntal: 6.60 m
- Calado vacío: 2.40 m
- Calado cargado: 5.85 m



## DRAGA CORNELIUS



Draga de cuchara utilizada para reforzar las operaciones de la draga “URSA”, en áreas estrechas y promontorios, en las dársenas de contenedores, cruceros, PEMEX-Granos, ciaboga y canal de navegación (tramo recto).

- Año de construcción: 1997
- Año de modificación: 1999
- Eslora total: 48.50 m
- Manga: 20.00 m
- Puntal: 7.80 m
- Potencia de trabajo: 1,200 H.P.
- Consumo de combustible: 132 l/hr
- Grúa: Komatsu, Mod. H255S
- Grúa en cubierta: Demag H255

## DRAGA ORANJE



Equipo con cortador utilizado para el dragado en el canal de navegación tramo curvo y tramo recto en apoyo a la draga "URSA"

- Año de construcción: 1978
- Tonelaje: 3,606.1 GTR/1,764.6 NRT
- Longitud global: 132.30 m
- Diámetro tubería succión: 850 mm.
- Diámetro tubería descarga: 890 mm.
- Profundidad máxima de dragado: 31.50 m
- Profundidad mínima de dragado: 5.00 m
- Velocidad de navegación: 11.0 nudos
- Potencia del cortador: 3,468 kw (4,682 H.P.)
- Potencia de la bomba de succión: 2,356 (3,181H.P.)
- Velocidad del cortador: 37.3 R.P.M

a) Canal de navegación tramo curvo

- Rendimiento: 539.96 m<sup>3</sup>/hr
- Rendimiento por diente: 67.23 m<sup>3</sup>
- Número de dientes: 1,002
- Días operados: 10 días
- Horas dragadas: 124:45

b) Canal de navegación tramo recto

Cadenamiento 2+700 al 8+000

- Rendimiento: 1025.99 m<sup>3</sup>/hr
- Rendimiento por diente: 152.45
- Número de dientes: 3,938
- Días operados: 44 días
- Horas dragadas: 585:09

## DRAGA FREE WAY



Draga de tolva, autopropulsada, empleada para recoger el material descargado por la draga "URSA", en el lado oeste del canal de navegación cadenamamiento 2+200 al 3+400.

- Construido por: De Merwede
- Año de construcción: 1986
- Tonelaje: 4831 TRB/ TRN
- Eslora total: 104.80 m
- Manga: 18.00 m
- Puntal: 9.00 m
- Capacidad de tolva: 4,043 m<sup>3</sup>
- Diámetro tubo de succión: 2 x 90 cm

## MULTICAT BKM-102



Utilizado en maniobras de conexión y desconexión de tramos en la línea de tubería flotante.

- Eslora total: 20.00 m
- Manga: 8.06 m
- Puntal: 2.50 m
- Calado: 1.88 m
- Potencia de propulsión: 2 x 390 H.P.
- Consumo de combustible: 86.00 l/hr
- Capacidad de almacenaje: 95 T combustible
- Capacidad de la grúa: 25-50 T/M

## MULTICAT BK-29



Equipo de apoyo a la draga "ORANJE" en las maniobras de conexión y desconexión de su tubería flotante.

- Año de construcción: 1978
- Longitud: 18.53 m
- Ancho: 8.06 m
- Peso bruto: 76.41 ton
- Peso neto: 32.86 ton.
- Velocidad de navegación: 8 nudos
- Puntal: 1.89 m

## REMOLCADOR 290 ALMA



Utilizado para remolcar los chalanes “TERRA” y “LUNA”, hasta la zona de descarga a un costado del viaducto, aduanas, cruceros y a un lado del canal recto, así como para transportar personal, equipo y refacciones menores a las dragas “URSA” y “CORNELIUS”

- Año de construcción: 1978
- Eslora total: 15.70 m
- Manga: 4.80 m
- Puntal: 2.30 m
- Potencia de trabajo: 940 H.P.
- Motor: Caterpillar Mod. 3408N (2 piezas)
- Consumo de combustible: 105 l/hr

## REMOLCADOR ISABELA



Utilizado para la realización de batimetrías en las zonas dragadas de ciaboga, cruceros, contenedores, PEMEX-granos y canal de navegación tramo curvo y tramo recto.

- Año de construcción: 1981
- Eslora total: 14.20 m
- Manga: 4.20 m
- Puntal: 2.00 m
- Potencia de trabajo: 470 H.P.
- Motor: Caterpillar Mod. 3408
- Consumo de combustible: 52 l/hr



## REMOLCADOR RD4 NAYARIT



Utilizado para maniobras de apoyo del chalán "CHUC" y para movilizaciones de las anclas tipo isla de la draga "URSA" y la tubería flotante.

- Eslora total: 48.50 m
- Manga: 18.00 m
- Puntal: 2.43 m
- Potencia de trabajo: 365 H.P.
- Motor: Caterpillar Mod. D343
- Consumo de combustible: 851 l/hr

## CHALAN TERRA



Equipo utilizado en la carga y descarga de material extraído por la draga “CORNELIUS”, depositado a un costado del viaducto, aduanas y a un lado del canal de navegación de tramo recto.

- Año de construcción: 1977
- Eslora total: 58.60 m
- Manga: 9.57 m
- Puntal: 3.42 m
- Calado vacío: 0.85 m
- Calado cargado (Cap. Max.): 332 m
- Capacidad de tolva: 600 m<sup>3</sup>

## CHALAN LUNA



Equipo utilizado en la carga y descarga de material extraído por la draga “CORNELIUS”, depositado a un costado del viaducto, aduanas y a un lado del canal de navegación de tramo recto.

- Año de construcción: 1977
- Eslora total: 58.60 m
- Manga: 9.57 m
- Puntal: 3.42 m
- Calado vacío: 0.85 m
- Calado cargado (Cap. Max.): 332 m
- Capacidad de tolva: 600 m<sup>3</sup>

## CHALAN 1001 CHUC



Equipo utilizado para el traslado de unidades, piezas y refacciones para las dragas en operación "URSA y CORNELIUS".

- Eslora total: 30.00 m
- Manga: 8.00 m
- Puntal: 1.00 m
- Capacidad de carga: 80.00 ton

## CHALAN SPREADER DN-17



Equipo utilizado para la descarga lateral, por la draga “URSA” y la draga “ORANJE” durante sus operaciones en el tramo recto del canal.

- Eslora total: 24.00 m
- Manga: 9.00 m
- Puntal: 1.50 m
- Tubería de Descarga: 900 mm
- Motor: OTTUS DEUZ
- Potencia: 70 kw
- Generador: STER TIPO LR
- Potencia: 20 kw

## GRUA LINK-BELT S318



Maquinaria utilizada para maniobras en la zona del astillero.

- Capacidad de Carga: 70 ton
- Largo de Pluma: 24.00 m
- Motor: CATERPILLAR
- Modelo: 3306
- Potencia: 365 H.P.
- Consumo de Combustible: 40 l/hr

## GRUA PH S5875



Maquinaria utilizada para maniobras en la zona del astillero.

- Capacidad de Carga: 30 ton
- Largo de Pluma: 24.00 m
- Potencia de Trabajo: 80 H.P.
- Motor: GENERAL MOTORS
- Modelo: 471
- Consumo de Combustible: 9l/hr

## RETROEXCAVADORA S386



Equipo utilizado para realizar diferentes tipos de maniobras en la línea terrestre, cambios, bifurcaciones, válvulas, etc.

- Capacidad de Carga: 30 ton
- Largo de Brazo: 6.00 m
- Motor: CATERPILLAR
- Potencia de Trabajo: 365 H.P.
- Consumo de Combustible: 40 l/hr



## TRACTORES D6 R



Equipo conformado por tres tractores utilizados para el tendido de material producto del dragado, descargado en las áreas de relleno de contenedores, cruceros, desarrollo náutico y aduanas.

- Motor: CATERPILLAR
- Modelo: 3306
- Potencia: 400 H.P.
- Consumo de Combustible: 42 l/hr

## CARGADOR FRONTAL S593



Equipo utilizado para maniobras en tierra de armado.  
Almacenamiento y traslado de tubería.

- Capacidad de Carga: 10 ton
- Motor: CATERPILLAR
- Modelo: 3306
- Potencia: 365 HP
- Consumo de Combustible: 44 l/hr

## CORTADORES



Equipo utilizado para cortar el material rocoso del fondo marino en la construcción de dársena y canal de navegación del puerto Progreso, Yucatán.

## EQUIPO Y ACCESORIOS



### DIENTES

- Piezas desmontables
- Marca: ESCO, BOSTA
- Peso: 12 kg, cada una

### PORTADIENTES

- Piezas desmontables, soldables a los alojamientos del cortador



## ANCLAS



Anclas Sumergibles Tipo **CAJA** utilizada por a la draga URSA y la Draga Oranje.

Peso: 20 ton



Anclas Sumergibles Tipo **FLIPPER** utilizada por a la draga URSA y la Draga Oranje.

Peso: 10 ton /anclas



Anclas Tipo **ISLA** con sistema hidráulico para levantamiento del pontón utilizado por la draga y la Draga Oranje.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al presentar este instrumento de consulta, es llegar a propiciar la difusión del conocimiento sobre la infraestructura en la materia y la adecuada aplicación de los criterios actuales que se utilizan en proyectos portuarios.

En nuestro país debemos tomar en cuenta que las obras marítimas son un aspecto olvidado ya que actualmente sólo se realizan trabajos de rehabilitación y conservación de estas estructuras, por lo cual el auge de ésta obra fue un bastón importante para el desarrollo en este campo.

Dentro de las conclusiones y recomendaciones que podemos proporcionar es que se debe de contar con un proyecto integral el cual debe estar apegado lo más posible a las condiciones que se presentarán durante la ejecución de los trabajos, sin olvidar que los puertos constituyen polos de desarrollo económico en los que se realizan actividades de comercio marítimo, industriales, pesqueras y turísticas, que inciden adversamente sobre el medio ambiente. La calidad del agua, aire y suelo, la flora y la fauna son deterioradas por la contaminación producida por estas actividades, pudiendo llegar a la pérdida parcial de los recursos y elementos naturales existentes, esenciales para el equilibrio ecológico de una zona.

Como segundo punto podemos hacer énfasis que es imprescindible contar con el personal técnico capacitado para dar una solución inmediata y precisa a los problemas que puedan surgir durante el proceso de la obra, de los cuales están inmersos de manera directa o indirecta y sujetos a presentarse y así dar respuestas específicas para evitar cualquier atraso en los trabajos ejecutarse.

Cabe destacar que uno de los factores más importantes y primordiales para llevar en buen termino una obra sea cual fuese su magnitud y complejidad, es el control de la misma por lo que no se debe descuidar puntos esenciales, como el contar con el equipo y materiales necesario para así llegar al objetivo de la misma y con lo establecido dentro de los programas de obra.

Como último punto no dejar desapercibido, que para las características de una obra de este tipo, la solvencia económica con la cual se debe de contar así como el flujo financiero para llevar a cabo de manera correcta y poder cumplir con los lineamientos de tiempo, calidad, funcionalidad e impacto ambiental de la misma.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**ANTEPUERTO.-** Es el área de agua ubicada cerca de la entrada, generalmente es atravesado por el canal de acceso, su función es propiciar una expansión de la energía del oleaje que pasa por la bocana y dar servicio para maniobras o fondeo de las embarcaciones.

**ÁREA DE MANIOBRAS.-** Es el área que tiene la función de permitir las maniobras de carga y descarga que se realizan en los muelles pesqueros.

**ARRECIFE.-** Roca consolidada fuera de la costa, la cual representa un peligro para la navegación con profundidades entre 20 metros o menos.

**ATOLÓN.-** Elevación del fondo del mar de grandes dimensiones, localizado sobre la Plataforma Continental y sobre el cual las profundidades son relativamente bajas pero suficientes para navegación de superficie segura.

**ATRAQUE.-** Atracar, arrimar una embarcación a otra, a tierra o muelle.

**AVITUALLAMIENTO.-** Es el suministro de todos aquellos insumos que requiere la embarcación y sus tripulantes para la realización de sus viajes.

**BAHÍA.-** Entrante en la costa de las aguas de un mar, no tan extenso como un Golfo pero mayor que una ensenada, caleta o rada

**BAJO.-** Notable elevación del fondo del mar, normalmente peligroso para la navegación.

**BALIZAS.-** Son torres estructurales menores que las de los faros, y su función es la de hacerse notables de día y de noche mediante una señal luminosa fija y destellante. Operan automáticamente cuando son luminosas o acústicas.

**BARCO.-** Artefacto de madera, hierro o acero que flota en el agua y puede transportar personas o cosas también se le denomina con los sinónimos: Navío, buque o embarcación.

**BARRA.-** Acumulación de material (arena, grava) sin consolidar depositado sobre el fondo del mar en aguas bajas.

**BATRIMETRIA.-** Medición de las profundidades del agua en océanos, mares, lagos y lagunas.

**BOCANA.-** Es la entrada de mar abierto a la zona abrigada, puede ser natural o artificial, en cuyo caso estará limitada por rompeolas o escolleras debidamente señalizados.

**BOYAS.-** Son flotadores sujetos por medio de una cadena o cable a un cuerpo que se afirma en el fondo, de tal manera que no cambien de posición, y que sirven para señalar un canal, bajo, roca, etc.

**CABO.-** Área de tierra relativamente extensa que penetra en el mar de un continente o isla grande y que señala un cambio de notable en la costa.

**CALADO.-** Es la distancia vertical medida, entre la línea de flotación y el borde inferior de la quilla.

**CABOTAJE.-** Navegación que se hace de puerto a puerto, por las inmediaciones de la costa.

**CABRÍA.-** Máquina que sirve para levantar pesos considerables, grúa.

**CALADO.-** Distancia vertical medida desde la parte sumergida más baja de un barco hasta la superficie del agua. En un puerto es la altura que alcanza la superficie del agua sobre el fondo.

**CALETA.-** Pequeña entrante en la costa, frecuentemente dentro de una bahía.

**CAÑÓN.-** Depresión submarina relativamente angosta con pendientes fuertes y cuya profundidad aumenta gradualmente.

**CIABOGA.-** Maniobra de una embarcación, consistente en bogar avante los remos de una banda y hacia atrás los de la otra. La misma maniobra en un barco, por medio del timón y la máquina.

**CONTENEDOR.-** Equipo de transporte suficientemente resistente para permitir su uso repetido, que facilite su traslado y transborde por uno o varios modos de transporte sin necesidad de manipulación intermedia de la carga.

**COSTA.-** Franja de tierra de ancho indefinido (pudiendo ser de varios kilómetros) que se extiende desde la línea de playa hasta el primer cambio notable del terreno.

**CHALÁN.-** Embarcación menor de fondo plano.

**DÁRSENA.-** Lugar resguardado del mar y el oleaje en los puertos, para abrigo o refugio de las naves.

**DÁRSENA DE CIABOGA.-** Es el área marítima dentro del puerto, donde los barcos hacen las maniobras de giro y revire con el fin de enfilarse hacia las distintas áreas del puerto; es la representación esquemática del círculo de



evolución que sigue un barco en esta maniobra, puede o no estar incluida la maniobra de parada.

**DÁRSENA DE MANIOBRAS.-** Son las áreas dentro del puerto destinadas a las maniobras de preparación del barco para el acercamiento o despegue del muelle, se requieren áreas para tal fin en cada grupo de atraque, normalmente se realizan con ayuda de servicio de remolcadores, sin embargo la no existencia de este servicio resulta en dársenas muy grandes.

**DÁRSENA DE SERVICIOS.-** Son las áreas de agua contiguas a los muelles y las complementarias para permitir reparaciones a flote. Las áreas contiguas a los muelles son conocidas como dársenas de atraque normalmente dependen de la longitud del frente de atraque.

**DELTA.-** Depósito aluvial, de forma más o menos triangular formada a la desembocadura de un río.

**ESCOLLERA.-** Conjunto de obra y piedras o bloques echados al fondo del mar, para proteger en forma de dique, la entrada de un puerto, embarcadero, río, etc. contra el embate del oleaje.

**ESLORA.-** Máxima dimensión entre las caras externas de la proa y la popa.

**ECOSONDA.-** Instrumento electrónico usado para determinar la profundidad del agua por medio de la dimensión del intervalo de tiempo entre emisión de una señal sónica o ultrasónica y el regreso de su eco del fondo.

**ESPIGÓN.-** Estructura construida para proteger una costa (usualmente perpendicular a la línea de costa) y que sirve para atrapar el transporte litoral o retardar la erosión de una costa.

**ESTRECHO.-** Angosta faja de agua conectando dos cuerpos grandes de tierra.

**ESTRIBOR.-** Costado derecho de la embarcación, mirando de popa a proa.

**ESTUARIO.-** Parte de un río que es afectada por las mareas, existiendo un mezclado de agua dulce del río y la salada del mar.

**FAROS.-** Torre o estructura con luz en su parte superior, para que durante la noche sirva de señal y aviso a los navegantes y de día la propia estructura cumpla con esta función.

**FETCH.-** Área de agua sobre la cual sopla el viento con velocidad y dirección constante y sobre la cual se genera un oleaje irregular (SEA)

**FIORDO.-** Estrecha y profunda entrante del mar, de paredes escarpadas, usualmente formado por la entrada del mar en un glaciar profundo.

**FONDEADERO.-** Son áreas de agua que sirven para el anclaje, cuando los barcos tienen que esperar un lugar de atraque, el abordaje de tripulación y abastecimiento, inspección de cuarentena y algunas veces aligeramiento de carga; su localización debe ser estratégica, según la función que tenga que cumplir, aunque generalmente se ubican junto a los canales de navegación, sin que entorpezcan los movimientos de otros buques.

**GÁLIBO.-** Figura ideal cuyo perímetro marca las dimensiones máximas de la sección transversal autorizadas.

**GANGUIL.-** Barcaza para transportar hasta la zona de vertido de los materiales extraídos en el dragado.

**GOLFO.-** Porción del mar relativamente grande, encerrado parcialmente por tierra.

**ISTMO.-** Angosta faja de tierra bordeada en ambos lados por agua que enlazan dos partes mayores de la tierra.

**LAGUNA.-** Depresión que contiene agua dulce y salada localizada en el borde litoral, como un estanque o lago y conectada usualmente con el mar.

**LÍNEA DE PLAYA.-** Intersección de un plano determinado de agua (normalmente el N.M.M o N.B.M.I), con la ribera o playa.

**MANGA.-** Es la máxima dimensión transversal del buque.

**MARISMA.-** Extensión de tierra esponjosa y húmeda, inundada por agua salada y usualmente caracterizada por el crecimiento de pastos y hierbas bajas en ella.

**MAREA.-** Es el movimiento periódico y alternativo de ascenso y descenso de las aguas del mar debido a las fuerzas de atracción lunar y solar combinadas con la fuerza centrífuga y el efecto de coriolis causado por la rotación de la tierra.

**NUDO.-** Unidad de medida de la velocidad de los buques equivalente a una milla por hora.

**PENÍNSULA.-** Porción de tierra en forma alargada rodeada por agua y conectada a una porción mayor de tierra.

**POPA.-** Parte posterior de la nave donde se halla el timón.

**PONTÓN.-** Barco que sirve para diversos usos, puente flotante o de tablas.

**PLATAFORMA CONTINENTAL.-** Zona que bordea un continente y que se extiende desde la línea de marea baja hasta la profundidad de 200 m o 200 millas náuticas de extensión, lo que ocurra primero

**PLAYA.-** Zona formada de material no consolidado que se extiende desde la línea de baja marea hasta el lugar donde se marca un cambio en el material o forma fisiográfica de este, o hasta la línea de vegetación permanente (usualmente el límite de oleajes de tormenta). El límite de una playa del lado del mar –a menos que sea especificada otra cosa – es el nivel de bajamar media. Una playa incluye la ante-playa y playa posterior.

**PROA.-** Parte delantera de la nave.

**PUERTO.-** Puerto es el conjunto de obras, instalaciones y organizaciones que permiten al hombre aprovechar un lugar de la costa más o menos favorable para realizar operaciones de intercambio de mercancía entre el trabajo terrestre y marítimo, añadiendo el embarque y desembarque de pasajeros.

**PUERTOS ARTIFICIALES.-** Son aquellos en los que es necesario construir las obras de protección (rompeolas), dragado y rellenos para las áreas terrestres que ocuparán las instalaciones, con la finalidad de proporcionar abrigo a un lugar desprotegido de la costa.

**PUERTOS FLUVIALES.-** Son aquellos localizados en la ribera de un río o en la desembocadura de corrientes fluviales y que reciben el influjo de las mareas.

**PUERTOS MARÍTIMOS.-** Son aquellos situados en puntos geográficos de las costas como bahías y ensenadas, en donde se tiene una influencia directa del mar, protegido en forma natural o artificial del oleaje, las corrientes marinas y el transporte litoral.

**PUERTOS NATURALES.-** Son aquellos en los que la conformación física de la costa proporciona una adecuada protección a las instalaciones portuarias de la acción de los fenómenos oceanográficos y meteorológicos, existiendo las profundidades suficientes que permiten la navegación de las embarcaciones, haciéndose mínima la intervención del hombre para su habilitación.

**RADAR.-** Equipo electrónico que mediante la emisión de ondas radioeléctricas, determina en dirección, distancia y altura, la situación de las embarcaciones y de la costa.

**RECINTO PORTUARIO.-** Es la zona federal delimitada y determinada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y por la Secretaría de Desarrollo Social (actualmente estas funciones se transfirieron a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales), en los puertos, terminales marítimas o marinas,

que comprende las áreas de agua y terrenos de dominio público, destinados al establecimiento de instalaciones y la prestación de servicios portuarios.

**ROMPEOLAS.-** Estructura que sirve para proteger una zona costera, puerto fondeadero o dársena del oleaje.

**SEA.-** Olas generadas por viento en el lugar donde este se encuentra actuando.

**SQUAT.-** Es el hundimiento aparente que experimenta el barco en movimiento y depende fundamentalmente de la velocidad, de la distancia entre la quilla y el fondo del barco, del área de la sección transversal del canal y de si el canal está localizado en una vía amplia o estrecha.

**SEÑALAMIENTO MARÍTIMO.-** Es el conjunto de dispositivos óptimos, acústicos y electromagnéticos que situados en puntos estratégicos sirven para que la embarcación pueda situarse, orientarse o dirigirse a un lugar determinado, así como también para evitar peligros naturales.

**SEÑALES LUMINOSAS.-** Constituyen al grupo más importante de señales para ayuda a la navegación que permiten determinar la posición del lugar donde se encuentre algún bajo, escollo, etc.

**SEÑALES RADIOELÉCTRICAS.-** Es un tipo de ayuda a la navegación, mediante la propagación de las anclas radioeléctricas.

**SEÑALES SONORAS.-** Señales cuya finalidad es avisar a los navegantes en tiempo de niebla, la proximidad de un peligro o de un punto determinado de la costa.

**SWELL.-** Olas generadas por viento que han viajado fuera de su área de generación. Estas olas presentan periodos y longitudes más regulares, y tienen crestas mas planas que las olas SEA.

**TEU.-** Unidad equivalente a un contenedor de 20 pies de largo. Siglas del término en inglés "Twenty Equivalent Unit".

**TOLVA.-** Caja abierta, por abajo, en la cual se deposita el material que vaya cayendo poco a poco del dragado.

**VIENTO.-** Corriente horizontal (ó casi) de aire que circula con relativa proximidad a la superficie terrestre.

**VIENTO DOMINANTE.-** Dirección en la que el viento incide con velocidades máximas durante el período de observación.

***VIENTO REINANTE.***- Dirección en la que incide el viento con mayor frecuencia durante el período de observación.

***VIENTOS LOCALES.***- Son los que influyen directamente para el diseño de los muelles (orientación), maniobras de los buques y en general, diseño y cálculo de obras interiores.

***WINCHES.***- Malacate, torno vertical movido por palancas o por un motor eléctrico.