



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

CONSTRUCCION DEL ROMPEOLAS PONIENTE DE LA
TERMINAL MARITIMA PETROLERA DE DOS BOCAS
TABASCO.

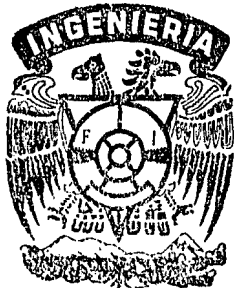
TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el titulo de:

INGENIERO CIVIL

presenta

RAMON PEREZ ARELLANO



Director de Tesis:
ING. RAFAEL ABURTO VALDEZ

México, D. F.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	<u>Paq.</u>
I.- INTRODUCCION.	1
II.- LOCALIZACION GEOGRAFICA Y CONDICIONES LOCALES.	6
II.1.- Localización y descripción de la obra.	10
II.2.- Condiciones locales y estudios preliminares.	13
II.3.- Selección de la alternativa más conveniente.	26
III.- PRINCIPIOS BASICOS PARA LA CONSTRUCCION DE ROMPEOLAS.	28
III.1.- Generalidades.	28
III.2.- Principales factores a considerar en el diseño y construcción de un rompeolas.	31
III.3.- Parámetros a considerar.	32
a) Peso de los elementos de la Coraza.	
b) Peso de los elementos de la capa secundaria y el núcleo.	
c) Distribución de tamaños a lo largo del rompeolas.	
III.4.- Diseño de la Sección Transversal.	37
a) Elevación y ancho de la corona.	
b) Núcleo.	
c) Espesor de la coraza y de la capa secundaria y número de elementos de la Coraza.	
IV.- TIPOS DE CORAZA.	43
IV.1.- Las rocas como material de enrocamiento.	43
IV.2.- Bancos de material de enrocamiento para rompeolas.	46
IV.3.- Forma y tamaño de bloques de roca para rompeolas.	49
IV.4.- Especificaciones de las rocas para rompeolas.	50
IV.5.- Coraza con elementos prefabricados.	58
V.- SISTEMAS DE CONTROL IMPLEMENTADOS EN LA CONSTRUCCION DEL ROMPEOLAS.	60
V.1.- Características de los materiales usados en la construcción del Rompeolas Poniente.	60

V.2.- Colocación de materiales,	68
V.3.- Secuencia en la colocación de los materiales,	71
V.4.- Proceso de fabricación y colocación de una - fajina.	74
V.5.- Proceso constructivo del Rompeolas Poniente,	78
VI.- EQUIPO MINIMO INDISPENSABLE.	
V1.1.- Equipo utilizado en el Sanco de roca de Bal zapote, Ver.	90
V1.2.- Equipo e instalaciones auxiliares utiliza - das en el área de Dos Bocas para la cons - trucción de Rompeolas Poniente.	94
VII.- CONCLUSIONES.	99
BIBLIOGRAFIA.	102

I N T R O D U C C I O N

De las áreas productoras de aceite que existen en el país, - la mesozóica de Chiapas - Tabasco y la Marina de Campeche - son las de mayor importancia en todo el sistema de Petróleos Mexicanos; no solo por su producción actual y el valor de - las reservas probadas de hidrocarburos, sino también por las perspectivas de futuros descubrimientos y de desarrollo.

Actualmente Petróleos Mexicanos cuenta con terminales para - manejo de aceite en Pajaritos y Tuxpan, en el Estado de Vera cruz y en Ciudad Madero, Tamps.

La terminal de Pajaritos, para embarque de aceite y petroquí - micos, permite la entrada de barcos de hasta 55,000 tonela - das de peso muerto (TPM) mediante dragado a la cota -12m., las instalaciones portuarias constan de muelles marginales y en espigón los cuales se disponen para el embarque de aceite y de productos petroquímicos.

La capacidad de almacenamiento de aceite es de 1'200,000 ba - rriles/hora.

La Terminal Marítima de Madero Tamaulipas, recibe aceite de - la Zona Sur, el cual complementa el abastecimiento que por - tubería llega a la refinería instalada en ese lugar.

Finalmente se tiene en operación la Terminal de Tuxpan,Ver., que se utiliza básicamente para complementar el abastecimien - to de aceite a las refinerías del altiplano central vía Poza Rica, Ver.

Esta terminal recibe aceite através de un sistema de monobo - yas en las cuales descargan los barcos de la flota petrolera.

En caso de emergencia esta Terminal podría embarcar hasta -
100,000 barriles por día.

Tomando en cuenta que el volúmen de aceite programado para -
exportación excedía la capacidad instalada por embarcarse, -
se instaló en 1979 una monoboya para recibir buquetanques de
150,000 TPM, frente al Puerto de Pajaritos (Rabón Grande) a
55 Kms. de la costa aprovechándose la infraestructura de al
macenamiento y bombeo existente en Pajaritos.

Ante este panorama y considerando que en un futuro inmediato
se rebasaría la capacidad instalada para embarque de aceite-
para exportación y con el fin de asegurar una operación con-
tínua, en los programas de exportación; Petróleos Mexicanos-
decidió desarrollar en las costas del Estado de Tabasco, una
Terminal Marítima que proporcionara los servicios de abaste-
cimiento para el apoyo de las operaciones de exploración, -
perforación y explotación en los campos marinos, y que ade-
más , dispongan de las instalaciones adecuadas para el alma-
cenamiento, manejo y exportación de crudo y diversos produc-
tos petroquímicos.

Para la óptima localización de la Terminal Marítima, fué ne-
cesario el análisis exhaustivo de diversos sitios hasta se -
leccionar el que reuniera las mejores condiciones naturales;
evaluando además los factores económicos determinantes para
su construcción, operación y mantenimiento. De los diversos-
sitios estudiados se llegó a la conclusión de que el lugar -
más adecuado para la ubicación de la Terminal Marítima, es -
el que se localiza en las cercanías de la Barra de Dos Bocas
en el Estado de Tabasco.

Los aspectos que condujeron a seleccionar a Dos Bocas con re-
lación a otros sitios analizados fueron:

Area de influencia de los campos marinos y terrestres.

Condiciones batimétricas y características geológicas.

Infraestructura actual y potencial de vías de comunicación.

Aspectos ecológicos y de asentamientos humanos.

Disponibilidad de área suficiente y factibilidad de ampliaciones futuras.

Con el fin de optimizar el área disponible y dada la urgencia de disponer de algunas de las instalaciones proyectadas, se construyó en una primera etapa:

El área de almacenamiento, manejo de crudo y servicios auxiliares.

El Puerto de Abastecimiento para apoyo de las operaciones de explotación y producción de la zona marina de Campeche.

El Puerto Petrolero-Petroquímico, corresponde a la segunda etapa del proyecto Dos Bocas y estará situado al noroeste del puerto de abastecimiento. Constituido por una dársena artificial protegida por dos rompeolas:

El Rompeola Oriente, del tipo de enrocamiento con una longitud de 3133m. alojará tres muelles tipo "T" para buquetanques de hasta 250 000 TPM en carga simultánea.

El Rompeolas Poniente, del tipo de enrocamiento, tendrá una longitud de 1424 M, dará alojo a tres muelles dobles en espigón para carga simultánea de hasta 12 embarcaciones de 60 000 TPM.

Para el manejo de destilados, productos químicos y gas licuado.

Si consideramos que un rompeolas tiene la función de no solamente mantener la tranquilidad constante y el calado de agua en el Puerto, sino también, de proteger las instalaciones portuarias, la zona litoral vecina y los barcos fondeados en el Puerto; y dado también que generalmente los rompeolas tienen grandes instalaciones y mayores longitudes, nos daremos cuenta que por consiguiente la construcción del mismo requiere una gran inversión y ocupa en ocasiones la mayor parte de la inversión total de la construcción del Puerto.

Por todo lo anterior fué necesario que para la determinación del tipo de estructura por construir se realizaran una serie de estudios de los factores más determinantes a considerar - en el diseño y construcción de un rompeolas.

De los factores que se consideraron, uno de los más importantes fué la profundidad, ya que esta determinó si la estructura estará expuesta a oleaje rompiente o ya roto para una determinada condición.

Por otra parte también la altura de la ola depende de la profundidad, por el efecto de los fenómenos de refracción y fricción del fondo.

El otro factor fundamental que se consideró fué el relativo a las características del oleaje. Generalmente la altura de la ola de diseño para una estructura de enrocamiento a talud, es menor que la máxima dentro de una distribución de alturas; esto a que en caso de existir una falla al oleaje mayor, ocurre en una forma progresiva y el desplazamiento de elementos de la coraza y su pérdida no significará una pérdida completa de la protección.

Dada la trascendencia de los aspectos antes mencionados, se-

consideró que no era suficiente hacer pronósticos utilizando únicamente cálculos de gabinete, y por tanto se consideró necesario la construcción de un modelo hidráulico donde se simularon las condiciones más críticas a la que estaría sometida la estructura y la forma como ésta trabajaría, cuyos resultados fueron determinantes para la elección tanto del tipo de estructura, así como los materiales que se utilizarían en su construcción.

De igual manera se consideraron dos aspectos sedimentológicos muy importantes:

- A) El volúmen de azolve que se depositará en el canal de acceso y que será necesario dragar periódicamente para mantener el puerto en condiciones de operación.
- B) Los taludes de equilibrio en el canal de acceso al puerto.

Con dicho fin se puso en marcha, además de los cálculos teóricos o de gabinete; un programa de investigaciones basado en mediciones en una fosa de prueba localizada a lo largo del canal de acceso al puerto en que igualmente pudieron medirse los taludes de equilibrio en la excavación del fondo marino.

II.- LOCALIZACION GEOGRAFICA Y CONDICIONES LOCALES.

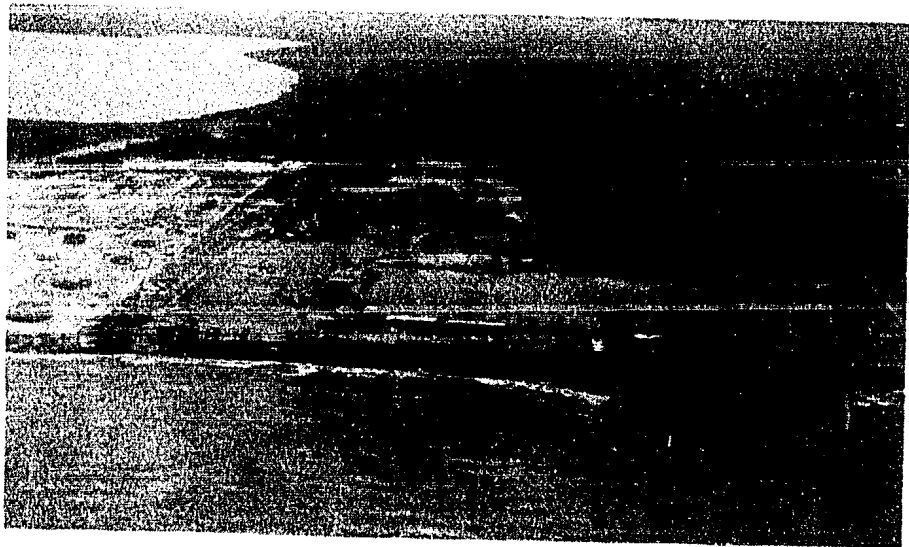
LOCALIZACION DE LA OBRA.

Petróleos Mexicanos ha decidido ubicar el Complejo Portuario Dos Bocas, en la zona norte del Estado de Tabasco, dentro del Golfo de México y colindando al norte con la Laguna de Mecoacán. Todo el desarrollo se ubica en terrenos correspondientes a la jurisdicción del Municipio de Paraíso.

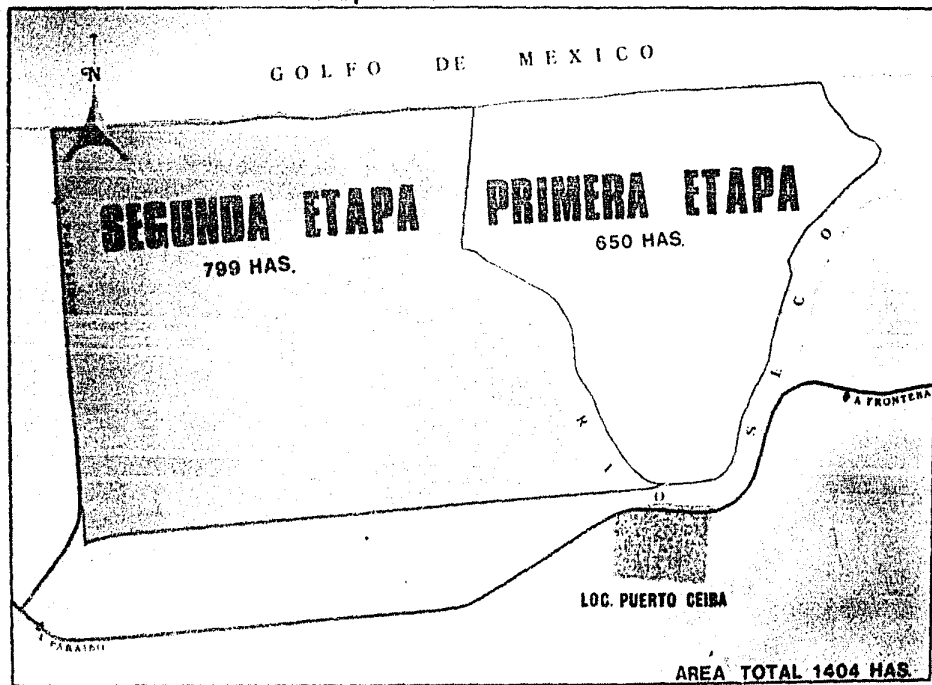
El Municipio de Paraíso, se encuentra ubicado al norte del Estado de Tabasco, dentro de la región de la Chontalpa, entre los 18° 24' de latitud norte y los 99° 12' de longitud oeste. Enmarcado entre los límites siguientes: Al norte con el Golfo de México, al Sur con el Municipio de Comalcalco, al este con los Municipios de Centla, Nacajuca y Jalpa, y al oeste con Cárdenas.

Petróleos Mexicanos ha decidido tentativamente la incorporación a su patrimonio de un predio destinado a la ubicación del Complejo Portuario. Este comprende 1404 hectáreas con los linderos siguientes:

AL norte la línea irregular con un desarrollo aproximado de 7.82 Kms. definido por el litoral del Golfo de México, al poniente una línea que corre norte-sur, con una longitud aproximada de 2.0 Kms. la cual se ubica a 500 m. al oeste de la carretera " El Limón ", al sur por una línea que corre prácticamente este-oeste, con una longitud aproximada de 1700 m, hasta el cauce del Río Seco, posteriormente el límite del terreno, tanto al sur como al este, es el cauce del Río Seco, con un desarrollo aproximado de 8.53 Kms.



PETROLEOS MEXICANOS
GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION
TERMINAL MARITIMA DOS BOCAS
etapas de construccion



DESCRIPCION DE LA OBRA.

El Puerto Petroquímico Petrolero, estará integrado por las siguientes obras:

ROMPEOLAS ORIENTE Y PONIENTE.

CANAL DE ENTRADA AL PUERTO.

DARSENA DE MANIOBRAS.

3 MUELLES TIPO "T" PARA ALOJAR BUQUETANQUES DE HASTA 250 000 TPM EN CARGA SIMULTANEA.

3 MUELLES DOBLES EN ESPIGON PARA CARGA SI MULTANEA HASTA DE 12 EMBARCACIONES DE 60 000 TPM, PARA EL MANEJO DE DESTILADOS. PRODUCTOS QUIMICOS Y GAS LICUADO.

Servicios Auxiliares:

PLANTA DE FUERZA.

RED DE ELECTRIFICACION CON SISTEMAS DE DRENAJE Y AGUA POTABLE.

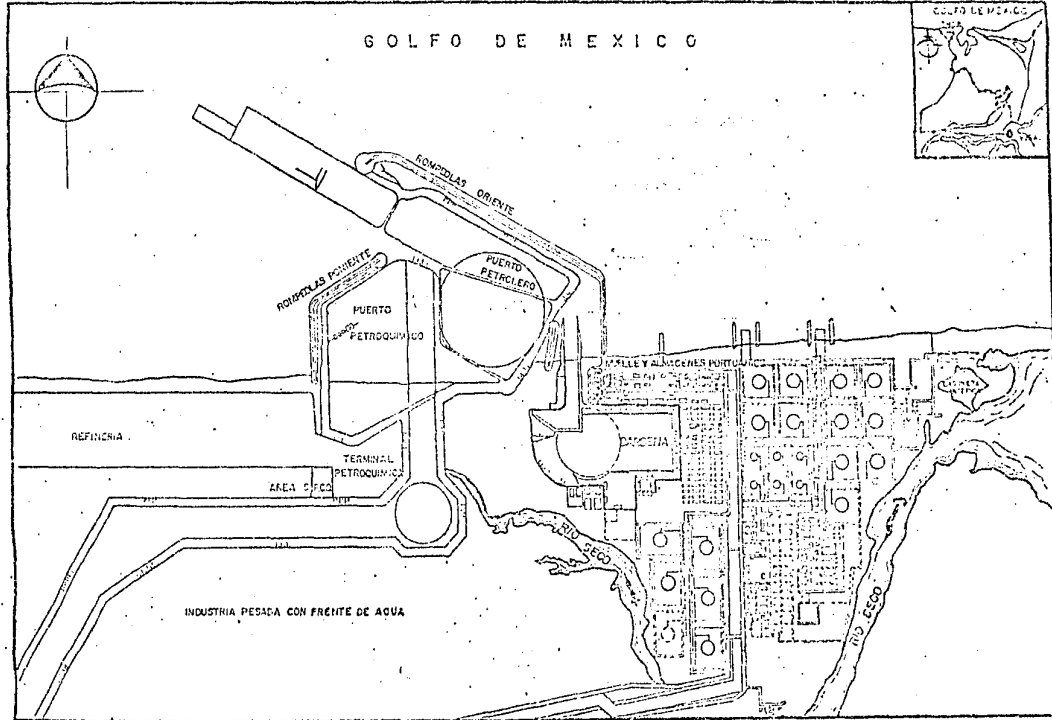
La obra motivo de este trabajo forma parte de este Complejo y consiste en la construcción del Rompeolas Poniente, el cual junto con el Rompeolas Oriente, darán protección al vaso portuario, tanto en el canal del antepuerto como en la dársena de maniobras y las zonas de muelles para crudo y petroquímicos.

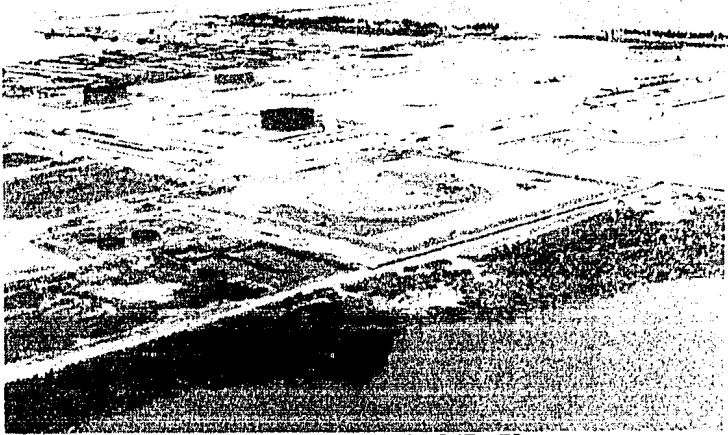


PUERTO

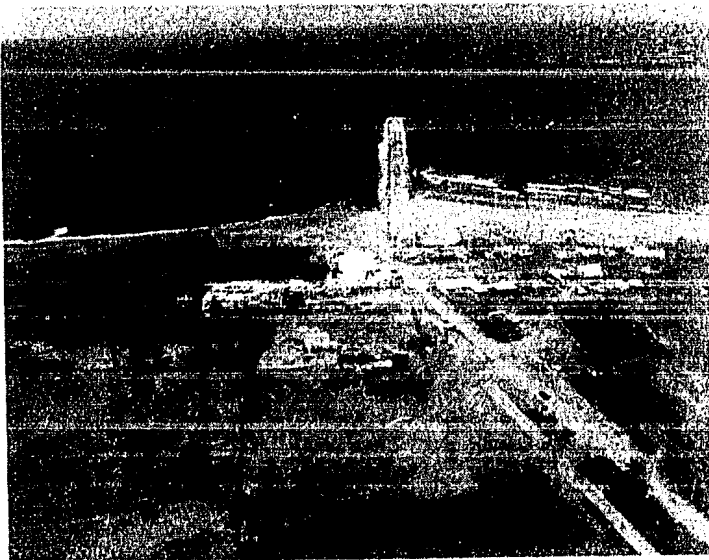
SUBDIRECCION DE PROYECTO
Y CONSTRUCCION DE OBRAS

PUERTO PETROLERO Y PETROQUIMICO
DOS ECOS TAB
ARREGLO GENERAL





UN ASPECTO DEL AREA DE ALMACENAMIENTO
Y MANEJO DE CRUDO.



ROTEOLAS PONIENTE.
EN PRIMER PLANO A LA IZQUIERDA SE OBSERVA
EL PATIO DE ALMACENAMIENTO DE CUBOS Y A LA
DERECHA EL PATIO DE FABRICACION DE FAJINAS.

II.- CONDICIONES LOCALES Y ESTUDIOS PRELIMINARES.

A fin de seleccionar el sitio que presentara las mejores condiciones para la ubicación del Puerto, se analizó el tramo comprendido entre la Barra de Tupilco y la Barra de Puerto Real, situada en la conexión oriente de la Laguna de Términos con el Golfo de México.

En principio se identificaron los lugares que presentaron configuraciones naturales para que, con cierto grado de acondicionamiento pudiera formarse el acceso, las áreas de flotación y las de atraque.

Como resultado de este reconocimiento se escogieron 4 sitios que fueron:

Barra de Tupilco.
Barra de Dos Bocas.
Barra de Frontera
Isla Aguada.

A fin de evaluar las ventajas y desventajas técnico-económicas que presentaría cada sitio, se hizo un análisis de los factores que podrían afectar en la selección de ellos y que fueron:

FISIOGRAFICOS.

La costa comprendida entre la Barra de Santana e Isla Aguada, está formada por una planicie aluvial muy plana de escasa elevación sobre el nivel del mar, que aparentemente ha sido formada en el tiempo geológico por la acción combinada de los grandes ríos que desembocan en la zona y los procesos ocasionados por los efectos marítimos.

Los ríos que principalmente han afectado la zona de interés son: El Grijalva en la parte Oeste, el Usumacinta y el Cande

laría que probablemente sea el límite al Este de las corrientes fluviales, que aportando sus sedimentos a la planicie costera, en sus cauces altamente divagantes, fueron responsables de la gran cantidad de llanuras de inundación, lagunas marginales y esteros que configuran el panorama físico general de la zona.

PROCESOS LITORALES.

Para identificar los procesos litorales se compararon las configuraciones antiguas de la costa con las actuales obtenidas de levantamientos aerofotográficos, de cuyo análisis se hacen las siguientes observaciones.

En la Barra de Santana, situada en la conexión de la Laguna del Carmen con el Golfo de México, existe un acarreo litoral neto del Noroeste al Suroeste del orden de 750,000 metros cúbicos por año.

En la Barra de Tupilco existe acarreo litoral del Este al Oeste, aunque menor que en la Barra de Santana.

En la Barra de Dos Bocas solo pudo identificarse una pequeña erosión en la línea de playa en el lado oriente y un pequeño depósito en el lado Poniente; sin embargo las variaciones detectadas no indican una magnitud importante o una tendencia definitiva del proceso litoral.

En la Barra de Chiltepec, estos procesos han ocurrido de manera notable, con tendencia al cierre de la desembocadura. Los acarreos litorales se presentan en ambas direcciones, sin poder definir una dirección predominante del acarreo neto como en Dos Bocas.

En la desembocadura del río Grijalva ha tenido una notoria erosión en el Oeste y un acarreo neto del Este al Suroeste.

En Ciudad del Carmen se manifestó una erosión en el lado Oeste, estimada en 750,000 M3. por año, mientras que en lado Este ha existido una sedimentación de alrededor de 300,000 M3. por año. El acarreo anual neto es de Oriente a Poniente.

En Isla Aguada se han registrado erosiones en el lado Poniente y se ha originado un acercamiento en la playa, con depósitos del orden de 200,000 M3, por año. El acarreo anual es de Noroeste a Sureste.

BATIMETRIA.

La información disponible presenta cambios apreciables de configuración en la batimétrica de 20 M. que encontrándose a 6 Kms. de la línea de la playa de Dos Bocas a la altura de Isla Aguada se localiza a 40 Kms.

CARACTERISTICAS DEL SUBSUELO.

Se realizaron exploraciones del subsuelo en cada uno de los sitios seleccionados, a fin de conocer la naturaleza de ellos por su repercusión en problemas de cimentación, encontrándose que, tanto en Tupilco como en Frontera, las formas superficiales están constituidas por arcillas muy suaves, en tanto que en Dos Bocas e Isla Aguada son fundamentalmente arenosas.

FACTORES CLIMATICOS Y OCEANOGRAFICOS.

MAREAS.- Los rangos para los sitios estudiados son del orden de 50 Cms.

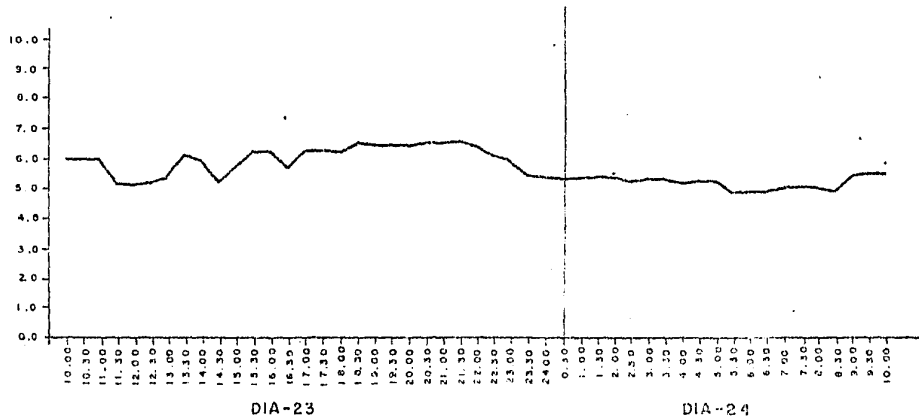
VIENTOS.-La dirección de los vientos reinantes presentan variaciones notables.

En Coatzacoálcos, Dos Bocas y Frontera son del Norte y Noroeste, en Ciudad del Carmen son del Sureste y para Campeche son del Noroeste-Sureste.

OLEAJES.- Los oleajes de mayor frecuencia y altura provienen del sector comprendido dentro del Noreste y el Sureste, los períodos promedios de los oleajes en esa dirección varían de 7.4 a 6.2 segundos. Las alturas promedio son de 2.3 y 1.4 M, para el Noroeste, Norte y Noreste y la máxima es de 4.5.

CORRIENTES MARINAS.- Se recopiló información de las corrientes marinas para estar en posibilidad de conocer las de máxima intensidad que pueden ocurrir en la zona y aquellas que se espera produzcan efectos sobre las embarcaciones en esa parte del Golfo.

A continuación se presentan gráficas de los resultados obtenidos de estudios oceanográficos sobre intensidad y dirección de vientos y corrientes en el área de Dos Bocas.



VARIACION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO EN 24 HRS

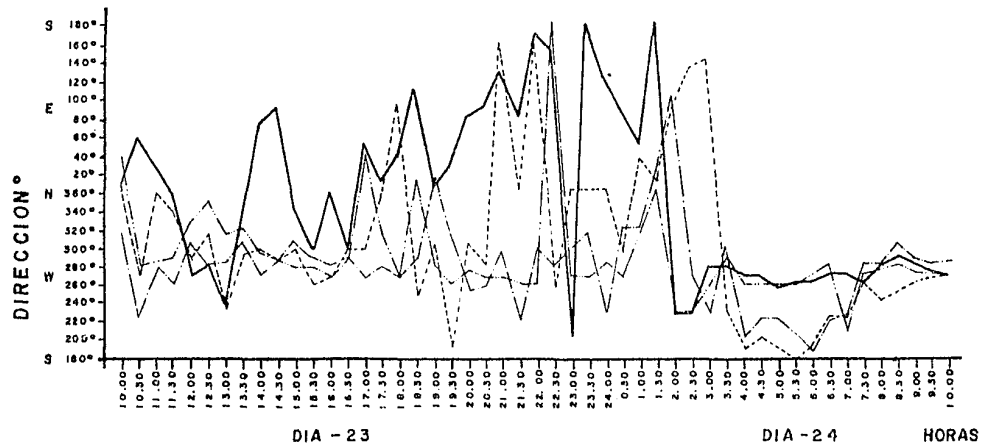
SIMBOLOGIA

MEDICION OBSERVATORIO

NOTAS

- 1.- LAS DIRECCIONES ACOTADAS SON DE DONDE VIENE LA CORRIENTE Y EL VIENTO
- 2.- LAS PROFUNDIDADES ESTAN DADAS A PARTIR DE LA SUPERFICIE.
- 3.- LAS CORRIENTES FUERON MEDIDAS CON CORRIENTIMETRO MARCA INTEROCEAN MODELO 135-R PORTATIL
- 4.- LA MEDICION DEL VIENTO CORRESPONDE A LA DEL OBSERVATORIO METEOROLOGICO DE DOS BOCAS P.M.S.C.
REALIZACION CON ANEMODINOMOGRAFO FIJO DE LA MARCA ROSS BACH UDA 1241 EN LAS COORDENADAS X1077930.4,
Y 274 934.1
- 5.- LAS MEDICIONES SE EFECTUARON DEL 23 AL 24 DE JUNIO DE 1981
- 6.- EL SITIO DE LA MEDICION DE CORRIENTES SE LOCALIZA EN X1051650, Y=297900.0
- 7.- EL NORTE CONSIDERADO ES EL MAGNETICO (PARA CONVERTIR UN AZIMUT MAGNETICO EN AZIMUT ASTRONOMICO
AGREGUESE AL PRIMERO 6° 30')
- 8.- EL OLFAJE SE OBSERVO EN EL SITIO DE MEDICIONES SIMULTANEAMENTE CON LA MEDICION DE LA CORRIENTE.

U N I V E R S I D A D	FACULTAD DE INGENIERIA	
	INGENIERIA CIVIL	ESTUDIOS OCEANOGRAFICOS
	TESIS PROFESIONAL	
	JUNIO DE 1981	
RAMON PEREZ ABELLANO		

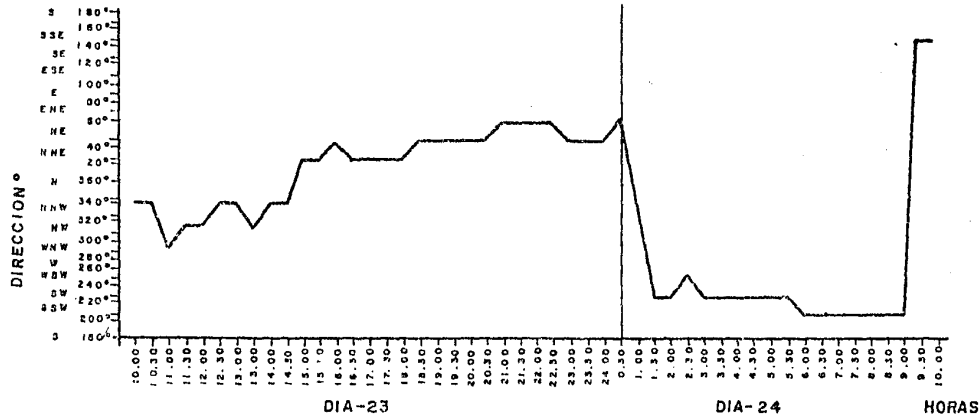


VARIACION DE LA DIRECCION DE LA CORRIENTE EN 24 HRS.

SIMBOLOGIA

- P₁ = 1.00 m
- P₂ = 4.33 m
- - - - - P₃ = 8.67 m
- P₄ = 12.30 m

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	INGENIERIA CIVIL	ESTUDIOS OCEANOGRAFICOS
	TESIS PROFESIONAL	
	JUNIO DE 1981	
	RAMON PEREZ ARELLANO	

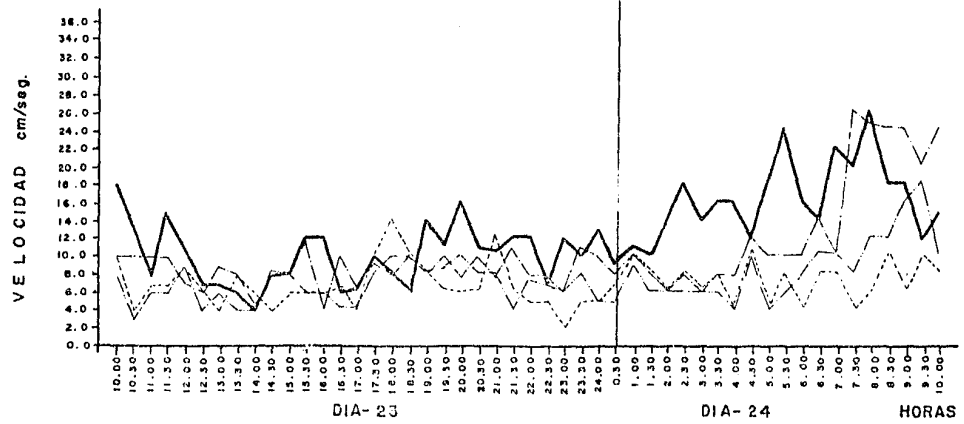


VARIACION DE LA DIRECCION DEL VIENTO EN 24HRS.

SIMBOLOGIA

— MEDICION OBSERVATORIO

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	INGENIERIA CIVIL	ESTUDIOS OCEANOGRAFICOS
	TESIS PROFESIONAL	JUNIO DE 1981
	RAMON PEREZ ARELLANO	

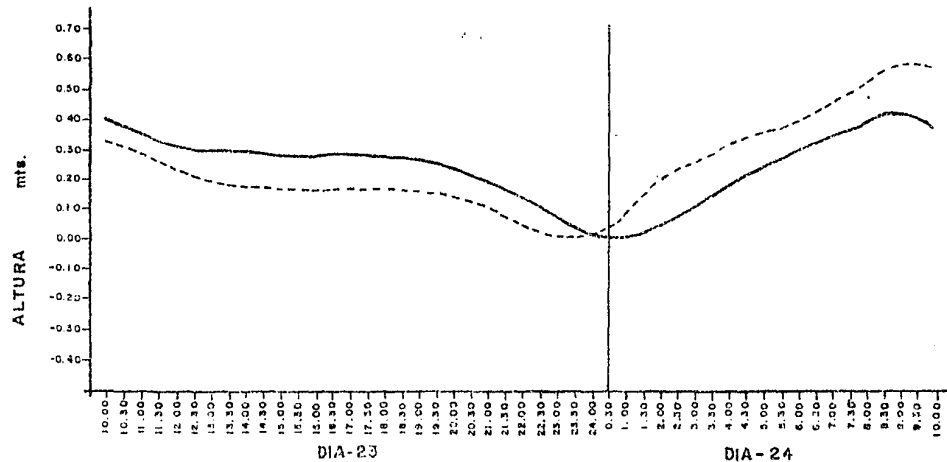


VARIACION DE LA VELOCIDAD DE LA CORRIENTE EN 24 HRS.

SIMBOLOGIA



- P = 1.00 m
- - - P = 4.33 m
- - - - P = 8.67 m
- - - - - P = 12.50 m

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	INGENIERIA CIVIL	ESTUDIOS OCEANOGRAFICOS
	TESIS PROFESIONAL	
	JUNIO DE 1981	
RAMON PEREZ ARELLANO		



NIVEL DE MAREA EN 24 HRS.

SIMBOLOGIA

-  CALENDARIO DE INSTITUTO DE GEOFISICA
-  ECOSONDA

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	INGENIERIA CIVIL	ESTUDIOS OCEANOGRAFICOS
	TESIS PROFESIONAL	
	RAMON PEREZ ARELLANO	JUNIO DE 1981

DATOS CLIMATOLÓGICOS DEL ÁREA DE DOS BOCAS.

Se consideraron datos correspondientes a la estación meteorológica instalada en Dos Bocas, Tab., durante los años 1979, 1980 y 1981.

Esta información representa las condiciones climatológicas locales en ese período.

La selección de parámetro se hace tomando en cuenta las necesidades desde el punto de vista de diseño y construcción.

Temperatura media anual.	26.3°C.
Temperatura máxima extrema.	40.5°C. en mayo de - 1980.
Temperatura Mínima extrema.	15.0°C. en marzo de - 1980.
Humedad relativa media anual.	86 %.
Insolación total mensual máxima.	303 Hrs. 54' en julio- de 1980.
Precipitación total anual.	1200 mm.
Mes con precipitación total máxima.	Octubre.
Precipitación máxima diaria.	118.4 mm.
Precipitación máxima horaria.	79.8 mm.
Máximo de días con lluvia.	28 en agosto de 1981.
Dirección del viento dominante. anual.	Sector N-NE.
Velocidad media del viento dominante anual.	6.2 m/Seg. (22.3 Km/H)
Velocidad máxima 29.5 m/s (100 Km/H)	Enero de 1979 (Dirección Norte)
Categoría de vientos más frecuentes.	Moderados 4 a 8 M/Seg.

Se cuenta en el sitio con un sistema de medición de oleaje y vientos en forma continua, procesándose la información para determinar los regímenes de estos parámetros mensual, trimestral, semestral y anualmente.

Por otra parte existe un sistema de predicción que consiste en la utilización de un modelo que se alimenta con información meteorológica para determinar el viento de superficie y posteriormente el oleaje generado por el mismo.

Esta predicción es válida para 6, 12, 24 y 36 horas, por lo tanto se tiene el tiempo suficiente para tomar las medidas necesarias en el caso de que se aproxime mal tiempo o bien oleaje que pudiera afectar las construcciones o la operación del Puerto.

INFLUENCIA DE LOS NORTES Y CICLONES EN EL AREA DE DOS BOCAS.

Debido a su situación geográfica el Puerto de Dos Bocas se ve menos afectado por los sistemas sinópticos de Julio-Octubre o sea los ciclones: Sin embargo sí se ve afectado por los sistemas Octubre-Marzo ó sea los " NORTES ", los cuales llegan directamente a la zona debiendo tomarse en cuenta este hecho, - ya que se generan vientos considerables y por consiguiente - oleaje importante desde el punto de vista destructivo.

Considerando lo anterior PEMEX encargo a la compañía REZIO & CARDONE, hiciera un estudio en todo el litoral del Golfo de México a fin de determinar la influencia en el mismo de los dos fenómenos meteorológicos en cuanto a la altura de Ola esperada. Para el área de Dos Bocas se obtuvieron los siguientes resultados.

N O R T E S

PROFUNDIDAD (m)	INTERVALOS DE RETORNO (EN AÑOS).					
	5	10	25	50	100	250
5	3.93	4.31	4.57	4.68	4.76	4.82
10	4.59	5.07	5.47	5.68	5.84	5.99
20	4.94	5.58	6.30	6.79	7.26	7.84
A.P.	6.83	7.67	8.41	8.80	9.12	9.43

C I C L O N E S

PROFUNDIDAD (m)	INTERVALOS DE RETORNO (EN AÑOS)					
	5	10	25	50	100	250
5	1.01	1.43	2.01	2.39	2,77	3.26
10	1.22	1.78	2.41	2.87	3.31	3.89
20	1.45	2.08	2.79	3,30	3,80	4.46
A.P.	2.31	3.06	3.92	4.54	5.14	5.93

Como podrá observarse en las dos tablas anteriores, la influencia de los Nortes es mucho más determinante por cuanto a la altura de ola esperada en la zona, e igualmente para la dirección resultante oleaje. Estos dos parámetros fueron determinantes para el diseño de la geometría y orientación del rompeolas.

A.P. AGUAS PROFUNDAS.

II.3.-SELECCION DE LA ALTERNATIVA MAS CONVENIENTE .

De los diversos análisis para las alternativas estudiadas, - se llegó a la conclusión de que el lugar más adecuado para - la ubicación del Puerto, es el que se localiza en las cerca- - ñas de la Barra de Dos Bocas, por las siguientes razones.

- 1.- Es el sitio más cercano, tanto al centro de máxima pro - ducción de aceite como al futuro centro de producción - de Productos Petroquímicos.
- 2.- Es el sitio más adecuado para el manejo en tierra de la - producción que provendrá de los campos marinos del Gol - fo de Campeche.
- 3.- Es el sitio que presenta las mejores condiciones para la - realización de obras portuarias, ya que la longitud del - canal de acceso es menor que la mitad que se requiere pa - ra los sitios de Frontera e Isla Aguada, y ligeramente - superior que en Tupilco. Los rompeolas necesarios serían - económicamente realizables tanto en Dos Bocas como en Tu - pilco, no así en Frontera e Isla Aguada. Los suelos son - fundamentalmente arenosos en Dos Bocas e Isla Aguada, en - los otros sitios existe fango entre 5 y 6 metros de pro - fundidad, se estima que en Dos Bocas y Tupilco, el draga - do será ocasional, y en Frontera e Isla Aguada permanen - te con volúmenes que se esperan de magnitud considerable.
- 4.- Por otra parte, Dos Bocas presenta ventajas para la ope - ración del Puerto de Abastecimiento de materiales, para - las actividades de perforación en el Golfo de Campeche, - por las siguientes razones.

DISTANCIA DIFERENCIAL TERRESTRE.

De Cárdenas a:

Tupilco 81 Kms.
 Dos Bocas 66 Kms.
 Frontera 117 Kms.
 Isla Aguada 441 Kms.

DISTANCIA DIFERENCIAL MARINA.

De Campos Marinos a:

Tupilco 189 Kms.
 Dos Bocas 169 Kms.
 Frontera 120 Kms.
 Isla Aguada 98 Kms.

5.- Otras razones: La infraestructura habitacional para el puerto integral es:

Tupilco.	No existe.
Dos Bocas.	Paraíso, Tab., a 9 Kms. Comalcalco, Tab., a 30 Kms.
Frontera.	Frontera, Tab., a 10 Kms.
Isla Aguada.	Cd. del Carmen a 40 Kms. Escárcega, Camp. a 115 Kms.

ASPECTO ECOLOGICO.

En Tupilco:	No afecta.
Dos Bocas:	No afecta (1).
Isla Aguada:	Afecta pesca.

(1).- Ver comentario al respecto en conclusiones.

III.- PRINCIPIOS BASICOS PARA LA CONSTRUCCION DE ROMPEOLAS.

III.1.- GENERALIDADES.

ROMPEOLAS.- Un rompeolas es una estructura que sirve para brindar protección contra el oleaje a una área costera, su objetivo principal es crear una zona de calma absorbiendo y/o disipando la energía del oleaje para de este modo proporcionar protección para lograr seguridad en el atraque, operación y manejo de los barcos en un puerto.

Existen básicamente tres tipos de rompeolas según su aspecto funcional, estos son: De talud, verticales y mixtos.

Difieren entre sí en la forma de llevar a cabo su cometido en el primer tipo se disipa la energía del oleaje al crear artificialmente una profundidad de rompiente para el talud de la estructura, asimismo como generalmente presentan una irregularidad en su superficie su poder de disipación es mayor.

En las estructuras verticales se obstaculiza el avance de la ola, pero no se disipa su energía, sino que debido a su disposición solo se refleja la ola.

El tipo mixto utiliza enrocamientos en la base y cajones de concreto sobre estos, y su uso se restringe a profundidades en donde se obliga a romper al oleaje sobre el enrocamiento y la energía que queda se refleja en el muro vertical

Hablando en forma particular del rompeolas de talud, éste se construye generalmente con enrocamiento, protegido con rocas de gran tamaño o elementos artificiales de concreto. Están formados por dos partes; un cuerpo o tronco y un morro; el cuerpo se inicia desde el arranque (inicio) en la playa o costa hasta un poco antes del final de la estructura. El morro lo constituye la zona final y es la parte más expuesta al oleaje. Se considera como morro los últimos 20-50 M. de la obra. En él se colocan los elementos más pesados y sus secciones transversales deben ser simétricos colocando los mismos elementos tanto del lado mar como del lado puerto (igual peso).

La sección transversal de un rompeolas generalmente está formado de:

CORAZA (CAPA PRIMARIA).- Es la parte exterior de la estructura y está formada por una o dos capas de elementos, los que deben de resistir la acción directa del oleaje.

CAPA SECUNDARIA.- Sirve para soportar los elementos de la coraza y además como filtro para evitar que salgan los elementos de la capa en que se apoya. Puede haber una o más capas secundarias, cada una formada con dos capas de elementos.

NUCLEO.- Sirve como soporte y relleno a la estructura y es de tipo masivo.

DELANTALES.- Su objetivo es proteger el rompeolas contra la socavación al pie del mismo; se recomienda que su espesor sea mayor de 50 Cms. y su longitud mayor de 5 M. en el lado expuesto al oleaje y entre 1.5 y 2.00 M. en el lado protegido. En muchas ocasiones se construyen utilizando los mismos elementos del núcleo y **NUNCA DEBE EVITARSE SU CONSTRUCCION, YA QUE ES EL ELEMENTO QUE MAYOR SEGURIDAD LE DA A LA OBRA.**

FILTRO DE APOYO.- Se utiliza para evitar el hundimiento de las piedras durante la construcción debido a las corrientes y el oleaje. También evita que la arena del fondo sea succionada y extraída de entre los huecos dejados por las rocas cuando se presentan grandes tormentas. De ocurrir lo anterior se propicia el hundimiento o deslizamiento de algunas zonas de la estructura. El filtro puede evitarse en ocasiones ya que los delantales pueden funcionar como protección que evite la extracción y movimiento de la arena sobre la que se apoya la obra.

11.2 PRINCIPALES FACTORES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN ROMPEOLAS.

En el diseño de un rompeolas debe obtenerse la geometría de las diversas secciones transversales a lo largo de la estructura y el peso de los elementos que forman cada capa y el núcleo.

Los principales factores a tomar en cuenta en el diseño y construcción y los datos necesarios en el mismo son:

- a) Características del oleaje del diseño en aguas profundas asociados a un período de retorno, generalmente la altura y período de la ola significativa.
- b) Características de ese oleaje cerca de la estructura e influenciado por la batimetría.
- c) Relacionado con el inciso anterior está si la ola frente a la estructura es rompiente o no rompiente.
- d) Localización de los bancos de roca. Distancia de éstos a la obra, peso específico de la roca y tamaño de los mayores bloques que es posible extraer.
- e) Si se utilizan elementos artificiales, se deben conocer las formas de los mismos y el peso específico del concreto por utilizar.
- f) Peso específico del agua en que la estructura estará sumergida.
- g) Se selecciona de antemano un ángulo de inclinación del talud de la obra. Se pueden seleccionar dos o tres para finalmente escoger el del diseño.
- h) Forma en que se colocarán los elementos de la coraza ya -

sea acomodado o al azar.

- i) Si la sección por diseñar o construir pertenece al tronco o al morro.

Las recomendaciones para el diseño y construcción de estas estructuras están basadas en observaciones y mediciones efectuadas en el campo y en el laboratorio. Los parámetros a considerar se explican a continuación:

TIPOS DE CORAZA.

- a) Peso de los elementos de la coraza:

Las expresiones que se utilizan para calcular el peso de los elementos de la coraza son empíricas y están en función de la altura de la ola de diseño y fueron calibradas mediante ensayos en modelos. La fórmula más usada para calcular el peso de los elementos es la propuesta por Hudson y está basada en la de Iribarren.

$$W = \frac{Y_s H^3}{K_D (S_s - 1)^3 \cot^2 \phi} \quad (IV.1)$$

donde:

- W Peso de un elemento en la capa primaria o coraza, en KGF.
- Y_s Peso específico del elemento que va a formar la coraza en KGF/M³.
- S_s Densidad de sólidos, igual a Y_s/Y, donde Y es el peso específico del agua en el cual estará inmerso el rompeolas, adimensional.

H Altura de la ola de diseño frente a una sección o tramo de rompeolas, en metros. Se trabajó con la ola significativa.

⊕ Angulo del talúd de la estructura con respecto a la horizontal, en grados.

KD Coeficiente de estabilidad, cuya obtención se explica a continuación, adimensional.

1 Selección del coeficiente de estabilidad, las variables que intervienen en la selección del coeficiente KD son:

a) Forma de los elementos que constituyen el rompeolas es decir, piedras o elementos prefabricados como son tetrápodos, dolos, cuadrípodos, cubo modificado, etc.

b) Número de unidades que forman el espesor de la coraza, generalmente se utilizan dos.

c) Manera de colocar los elementos, al azar o acomodados.

d) Tipo de ola que incide sobre la estructura:
Rompiente o no rompiente.

e) Parte de la estructura que se está diseñando, tronco (cuerpo) o morro.

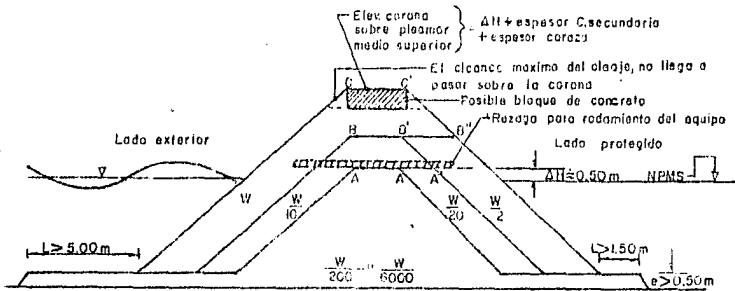
f) Angulo que forma el talúd de la estructura con respecto a la horizontal.

g) Porcentaje de daño aceptado al actuar el oleaje-

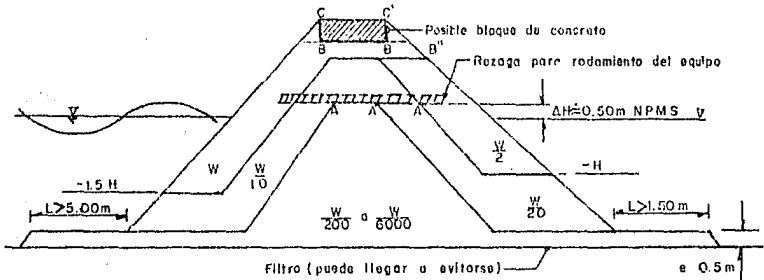
de diseño.

PESO DE LOS ELEMENTOS DE LA CAPA SECUNDARIA Y EL NÚCLEO.

En las figuras siguientes se indican los pesos de los elementos que se recomiendan utilizar en la capa Secundaria y Núcleo, tanto cuando la ola rompe contra el rompeolas como para la condición de no rompiente. Los tamaños recomendados en las figuras evitan que salgan los elementos de las capas inferiores.



a) Sección para oleaje rompiente, sin paso de la ola sobre la corona



b) Sección para oleaje no rompiente, sin paso de la ola sobre la corona

Fig: III-1

C).- DISTRIBUCION DE TAMAÑOS A LO LARGO DEL ROMPEOLAS.

La profundidad del mar a lo largo de la estructura varía desde cero en la zona del arranque hasta una profundidad máxima frente al morro, y como esa profundidad determina la altura máxima del oleaje, la ola de diseño teórica para cada sección de la estructura variará de un máximo valor frente al morro a cero cerca del arranque. Por lo tanto, el tamaño de los elementos de roca podrá variar de sección a sección. Cabe anotar que esta variación continúa de tamaño no es práctica desde el punto de vista constructivo, sin embargo permite utilizar adecuadamente todos los tamaños de roca obtenidos en el banco.

Por otra parte si no se desea hacer lo anterior se recomienda que la longitud total de la obra se divida en dos a cuatro zonas y cada una se diseñe para diferente altura de oleaje. Dicho oleaje se considera casi siempre rompiente, excepto en el primer tramo que incluya el morro ya que ahí el oleaje podrá romper o no.

El diseño final de un rompeolas deberá hacerse una vez que conozca la distribución aproximada de los tamaños de roca que se obtienen de la cantera a explotar, considerando el tamaño máximo por obtener y el requerido. Téngase en cuenta que en un buen bando de roca sólo entre el 15 y el 20 % del volumen total logra tener el tamaño máximo deseado y todo el resto son tamaños menores y rezaga. Conocida la distribución de tamaños de la roca se busca la combinación del número de tramos y longitudes de los mismos con sección transversal constante, hasta el lograr el aprovechamiento máximo del banco. Este procedimiento desde el punto de vista constructivo permite una mayor economía en el costo de la obra.

Como cada zona en que se dividió el rompeolas tiene tamaño diferente de roca, y esos tamaños aumentan del arranques hacia el morro, también aumentará la elevación de la corona en

esa dirección y el tramo último será el más elevado.

Tomando en cuenta lo anterior el peso de los elementos de cada zona de la sección transversal puede variar dentro de ciertos límites; en la tabla siguiente se indica los diferentes rangos de valores en el peso de ellos.

TABLA. Graduación de tamaños según el CERC.

Capa o zona	Peso teórico.	Pesos reales comprendidos entre:
Coraza.	W	$(1.25 \text{ y } 0.75) W$
	$\frac{W}{2}$	$(1.25 \text{ y } 0.75) \frac{W}{2}$
Secundaria.	$\frac{W}{10}$	$(1.30 \text{ y } 0.70) \frac{W}{10}$
	$\frac{W}{20}$	$(1.30 \text{ y } 0.70) \frac{W}{20}$
Núcleo	$\frac{W}{200}$ y $\frac{W}{4000}$	$\frac{W}{200}$ y $\frac{W}{4000}$
	$\frac{W}{200}$ y $\frac{W}{6000}$	$\frac{W}{200}$ y $\frac{W}{6000}$

III.4.- DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.

Para dimensionar la sección transversal debe tomarse en cuenta los siguientes factores:

1.- Ancho de la corona.

a) ELEVACION Y ANCHO DE LA CORONA.

El ancho mínimo constructivo de la corona, tanto de la coraza como de la capa secundaria se determina mediante

$$B = n K_A \left(\frac{W}{\gamma_S} \right)^{1/3}$$

donde:

n = Número de elementos; el máximo recomendado es de tres.

K_A = Coeficiente de capa (ver tabla anexa)

W = Peso de un elemento en la corona en kgf.

γ_S = Peso específico del elemento en kgf/m³.

TABLA Coeficiente de capa y porosidades de varios tipos de elementos de coraza.

ELEMENTO DE CORAZA	n	COLOCACION	COEFICIENTE DE CAPA	POROSIDAD DE PTJE.
Roca de cantera (lisa)	2	volteo	1.02	38%
Roca de cantera (rugosa)	2	volteo	1.15	37%
Cubo modificado	2	volteo	1.10	47%
Tetrápodo	2	volteo	1.04	50%
Dolos	2	volteo	1.00	63%

ELEVACION DE LA CORONA.

La elevación de la corona queda determinada, entre otras causas por:

- a) La necesidad de evitar el paso de la ola sobre la corona.
- b) El procedimiento de construcción. En la mayoría de las obras este último aspecto es el de mayor importancia y la

forma de tomarlo en cuenta se describe a continuación.

El rompeolas se construye formando parcialmente la sección transversal de tierra hacia el mar; para ello se avanza dejando terminada la totalidad de las capas bajo un determinado nivel. Es decir, la sección queda terminada en un primer avance hasta el nivel de la corona del núcleo o de la capa secundaria. Cualquiera que sea la línea o el nivel seleccionado quedará a una distancia H sobre el nivel de la pleamar-media superior, (NPNS); el valor H es aproximadamente igual a 50 Cms., con lo que se logra trabajar adecuadamente siempre que el oleaje sea pequeño. Sobre esa elevación se coloca una capa de rezaga que permita el tránsito del equipo de construcción.

Una vez que se ha construido el rompeolas en la forma anteriormente indicada se procede a la terminación del mismo avanzando desde el morro hacia el arranque; es decir en sentido anterior. Esa terminación consiste en la formación de la corona de la coraza o de la coraza y capa secundaria. Antes de colocar la parte faltante, la capa de rezaga que sirvió para rodamiento deberá removerse, lo cual se logra fácilmente aplicando chorros de agua a presión.

B) NUCLEO.

Está formado con roca y rezaga que no tiene el peso necesario para ser elemento de coraza o de la capa secundaria y se obtiene de la cantera al extraer los elementos para la coraza.

En la Fig. III.1 se ha indicado el peso de los elementos del núcleo en función del peso de los de la coraza. El talud del diseño de los rompeolas siempre es mayor que el del reposo del material cuando está sumergido, y por tanto el talud del

diseño debe darse con el equipo de construcción, Sin embargo cuando un rompeola se construye bajo la acción de fuerte oleaje el talud de reposo del núcleo tiende a desparramarse; si esto último ocurre deberá aumentarse el tamaño medio de los elementos del núcleo hasta lograr el talud del diseño.

A.I

VALORES RECOMENDADOS DE K_p PARA DETERMINAR EL PESO DE LAS UNIDADES DE CORAZA (CRITERIO SIN DAÑO Y MINIMA ROCIÓN, SEGUN CERC).

Tipo de elementos en la coraza.	n(1)	Colocación	Cuerpo (tranco) de la escollera K_p (4)				Talud cot 0
			Ola rompiente	Ola no rompiente	Ola rompiente	Ola no rompiente	
Roca de cantera							
Lisa y redondeada	2	Azar	2.1	2.4	1.7	1.9	1.5 a 3.0
Lisa y redondeada	3	Azar	2.8	3.2	2.1	2.3	(5)
Rugosa y angulosa	1	Azar(2)	(2)	2.9	(2)	2.3	(5)
Rugosa y angulosa	2	Azar	3.5	4.0	2.9	3.2	1.5
Rugosa y angulosa	3	Azar	3.9	4.5	3.7	4.2	(5)
	2	Especial	4.8	5.5	3.5	4.5	(5)
Retrápodo y adriópodo	2	Azar	7.2	8.3	5.0 5.5 3.7	6.6 6.1 4.1	1.5 2.0 3.0
Barbar	2	Azar	9.0	10.4	9.3 7.8 7.0	8.0 8.5 7.7	1.5 2.0 3.0
Dolos	2	Azar	22.0(6)	25.0(6)	15.0 13.5	16.5 15.0	2.0(7) 3.0
Cubo modificado	2	Azar	6.8	7.8	—	5.0	(5)
Herápedo	2	Azar	8.2	9.5	5.0	7.0	(5)
Tribar.	1	Uniforme	12.0	15.0	7.5	9.5	(5)

- (1) Número de elementos de la capa de coraza.
- (2) El uso de una capa de coraza formada con un solo elemento de roca sujeta a olas rompientes no es recomendada y sólo bajo condiciones especiales para olas no rompientes. Cuando se emplee las rocas se deben colocar cuidadosamente.
- (3) Colocación especial con el eje longitudinal de la roca puesto en dirección perpendicular al parámetro de la escollera.
- (4) Aplicable en taludes comprendidos entre 1.5:1 y 5:1
- (5) Hasta no tener más información disponible acerca de la variación de K_p con respecto al talud, el uso de K_D deberá limitarse a taludes comprendidos entre 1.5:1 y 3:1. Esto se debe a que los resultados de algunas pruebas indican dependencia del valor de K_p con el talud.
- (6) Datos disponibles únicamente para taludes 2:1
- (7) Pendientes mayores de 2:1 no son recomendables en la actualidad.

C).- ESPESOR DE LA CORAZA Y DE LA CAPA SECUNDARIA Y NUMERO DE ELEMENTOS DE LA CORAZA.

El espesor E, ya sea de la coraza o de la capa secundaria, se determina con la siguiente ecuación, en la que n es el número de capas, que forman al espesor y que generalmente es igual a 2.

$$E = n K_A \left(\frac{W}{Y_s} \right)^{1/3}$$

El número de elementos en un área A del talud está dado por

$$N = n K_A \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{Y_s}{W} \right)^{2/3} A$$

Donde:

N = Número de elementos .

A = Area de la capa; generalmente se escoge una área-unitaria de 100 M².

n = Número de elementos que forman la capa.

P = Porosidad en porcentaje.

W = Peso de los elementos que forman la coraza.

IV.- T I P O S D E C O R A Z A .

LAS ROCAS COMO MATERIAL DE ENROCAMIENTO.

Para el diseño de rompeolas, donde se utilizará roca natural como material de enrocamiento, no solamente será necesario - realizar una investigación exhaustiva sobre el clima, oleaje y otras consideraciones marinas, si no que también de la disponibilidad y cantidad necesarias de material para el proyecto. Por otro lado, será necesario realizar una evaluación - económica sobre la producción y suministro a un sitio determinado, pero sin olvidar las características de densidad, durabilidad y tamaño individual de fragmentos, indispensables para estos fines.

La estabilidad de un rompeolas, es generalmente dependiente al peso y forma de los bloques individuales, así como a la - pendiente del talud, considerando que estos fragmentos fueron colocados adecuadamente, formando un enlace firme entre ellos y el núcleo. Se ha podido establecer que de acuerdo al peso de los fragmentos individuales de roca, la pendiente - del talud puede variar; así pues para las mismas condiciones de oleaje, las pendientes más empinadas requieren de bloques más pesados y para pendientes más tendidas, roca más ligera.

La roca de la coraza puede consistir de una o varias capas, - con las rocas más pesadas hacia el exterior. Hacia el lado de mar abierto, la coraza se lleva a una profundidad de 1.5 veces del diseño significativo de la altura de la ola; por - debajo de este nivel, la coraza se puede reducir de peso y/o aumentarse la pendiente.

El tamaño de las rocas, que se requieren para la corona y hacia el lado protegido, dependen de las funciones particulares del rompeolas. En el caso que no se requiera el acceso - al rompeolas y que el diseño acepte que las olas sobrepasen la corona, entonces será necesario colocar el mismo tamaño - de rocas que se utilice para el lado exterior de la estructura

ra. En el caso de que se desee un muro de contención contra el oleaje y que éstas no rebasen la corona, así como la de un camino de acceso al rompeolas, el tamaño de las rocas de la coraza pueden reducirse considerablemente hacia el lado protegido de la estructura.

La roca exterior de la estructura, debe colocarse con mucho cuidado, tratando de que quede bien entrelazada, y evitar los huecos al máximo. Esta labor puede ser difícil en la práctica, si los fragmentos presentan formas laminares alargadas e irregulares. En el caso de que los finos se laven del núcleo, la estructura puede perder soporte debajo de la coraza y por lo tanto llegar a fallar.

En el caso de que una cantera no está aún en operación, es casi imposible precisar el porcentaje de diferentes clases (Formas y Tamaños). Cualquier dato que se pueda obtener al respecto siempre puede ser útil para el diseño de rompeolas.

Durante la construcción la pendiente del rompeolas puede hasta cierto grado modificarse, una vez que se ha adquirido conocimiento y experiencia de la cantera en cuestión.

Desde el punto de vista de estabilidad, las estructuras con pendientes suaves son más aconsejables, sin volúmen del núcleo y de las capas subsecuentes se incrementan considerablemente, dificultándose además el método de construcción, ya que tendrá que realizarse también desde el mar. Por otro lado es mucho más económico construir una estructura con una pendiente fuerte y con roca disponible de un sitio cercano. En el caso de contar con suficiente cantidad de bloques de roca, con las características adecuadas, puede llegar a ser más barato, disponer en última instancia de bloques de concreto que tender indefinidamente la pendiente del talud.

De acuerdo a ciertos estudios, se han definido que los bloques de roca de más de 20 toneladas son todavía economicamente manipulables, mientras que por otro lado, bloques de mayor tamaño son también difíciles de producirse en gran cantidad.

IV.-2.-BANCOS DE MATERIAL DE ENROCAMIENTO PARA ROMPEOLAS.

Con relativa frecuencia las obras marítimas se localizan en - sitios difíciles, donde el material de construcción puede - ser complicado de obtener o donde las condiciones marinas y climatológicas pueden ser extremosas. Poco se ha escrito con relación a la geología y al suministro de roca natural para - estos fines de construcción.

Si definimos la durabilidad de una roca como la habilidad de este material para soportar las fuerzas, pueden ser in - dolo químico o físico, se considera al ambiente marino como - uno de los más agresivos para las obras civiles.

Si dividimos a las áreas expuestas de un rompeolas conside - rando al tipo de intemperismo expuesta tendremos:

LA ZONA I

Esta zona se caracteriza por estar encima el nivel de la ola - máxima, la superficie de la estructura es afectada por el - agua que salpica a consecuencia del oleaje, así como por una - abrasión ocasionada por la acción del viento y la arena. Esta zona se encuentra, cubierta generalmente por sales debido al - constante humedecimiento y evaporación del agua. Los agentes - principales del intemperismo son subaéreos y los factores cli - matológicos juegan un papel importante.

LA ZONA II.

La zona II se localiza entre el pleamar y el nivel de la ola - máxima. En esta zona, las olas lavan y erosionan por abrasión - máxima. En esta zona, el intemperismo subaéreo, es todavía un - factor importante. Sin embargo las fuerzas existentes de seca

do y humedecimiento son los factores más importantes.

El intemperismo más severo se desarrolla en la zona de intermarea; en esta zona el metal y el concreto se corren y deterioran más intensamente.

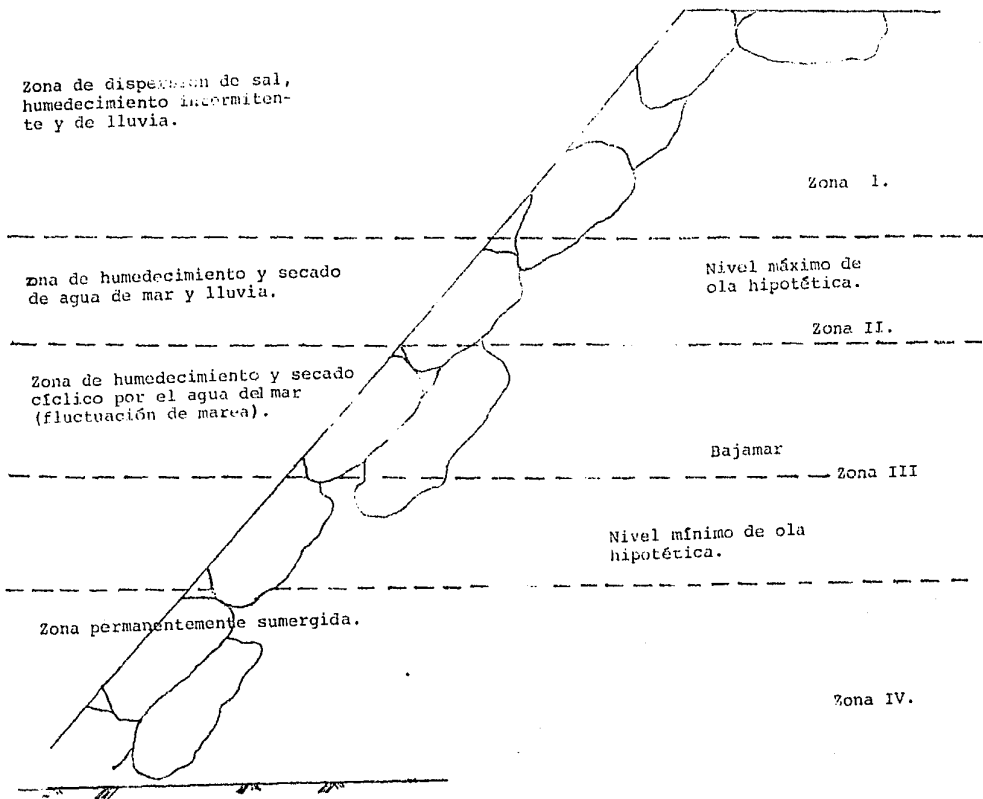
LA ZONA III.

Los organismos marinos locales; juegan un papel importante. En este caso, los agentes subaéreos, son menos efectivos - siendo las fuerzas más severas las producidas por el ciclo de humedecimiento y secado. Por debajo del nivel de la ola mínima, el efecto de las aguas es continuo y el intemperismo subaéreo de humedecimiento y secado es inexistente o muy limitado.

LA ZONA IV.

Esta zona permanece sumergida permanentemente debajo del nivel de bajamar; no hay intemperismo subaéreo, aunque influyen los cambios climatológicos como es la temperatura de las aguas, así como la fluctuación de las corrientes marinas. En general esta zona es la que menos erosión sufre.

Las cuatro zonas principales de ambiente costero marino.



IV,5.- FORMA Y TAMAÑO DE BLOQUES DE ROCA PARA ROMPEOLAS.

La mayoría de las rocas que se encuentra en la naturaleza, - el intemperismo diferencial, influye sustancialmente en las formas y en ocasiones del tamaño de las rocas, que desde luego están directamente relacionadas con el espaciamiento, y orientación de las discontinuidades como son la estratificación y las diaclasas.

Generalmente el tamaño de una roca que una cantera puede producir, será dependiente de la estratificación y el espaciamiento de las demás discontinuidades. En el caso de tener un banco de roca con estratificación y diaclasas muy cerradas, este nunca será capaz de producir bloques de roca de tamaños grandes, como los que se requieren para la coraza primaria - de un rompeolas.

El modo de como se explote una cantera, es decir tomando en consideración, la profundidad de despalme, orientación, profundidad y espaciamiento de barrenación, carga de explosivos etc. Controla también hasta cierto modo el tamaño de bloques de roca. No obstante la explotación debe llevarse a cabo - con mucho cuidado, en conjunto con el conocimiento del patrón estructural existente para obtener y optimizar el tamaño de rocas requeridas. También debe tomarse mucho cuidado durante el registro de la información y determinación, cuando las fracturas han sido " soldadas " por material cementante, pobremente soldados o simplemente abiertas. Durante la investigación de una cantera para material de enrocamiento, deberá tomarse en consideración el tipo de roca, la resistencia, la densidad, el estado de intemperismo y las características de las discontinuidades como puede ser la orientación, número de familias, espaciamiento, continuidad, abertura.

IV,4, -ESPECIFICACIONES DE LA ROCAS PARA ROMPEOLAS.

La tabla ilustra las características más importantes que se debe observar durante la inspección de campo en los materiales que se utilizarán en los rompeolas; también se enlista una serie de pruebas propuestas. Existe poca información, que advierta sobre las especificaciones que deba reunir las rocas para rompeolas. Sin embargo la figura propone una guía preliminar para la selección de material de enrocamiento para rompeolas.

La secuencia a seguir durante una investigación para localizar el sitio más idóneo y desarrollar una cantera para explotar material de enrocamiento en particular para rompeolas podría ser el siguiente:

(Se presume que el proyecto se localiza en una zona donde existe poco conocimiento de la fuente de suministro. Obviamente en zona donde se tenga mayor conocimiento, no será necesario que se realice una investigación tan intensa).

EXPLORACION DE BANCOS.

RECONOCIMIENTO.

Esta fase preliminar de investigación deberá realizarse fácilmente por un geólogo. Será necesario antes que nada, recabar la bibliografía existente de la región de estudio, mapas, fotografías, aéreas, informes y conocimiento de proyecto histórico.

Con esta información, se podrá establecer las regiones con mayores posibilidades, una vez decidiendo que sitios presentan las mejores posibilidades, se realiza una visita de reconocimiento, tanto local, como regional de la zona en cuestión.

Una segunda etapa, consistiría en llevar a cabo un levantamiento geológico, de esta forma establecer la calidad, magnitud y potencialidad de los bancos de roca.

LA CARTOGRAFIA DEBERA INCLUIR LOS DETALLES SIGUIENTES:

- 1.- Tipo de litología; resistencia, tamaño de granos, cementación, densidad, porosidad, etc.
- 2.- Tipos de discontinuidades: Número de familias, frecuencias, orientación, espaciamiento, continuidad, abertura, etc., en este caso, la frecuencia de las discontinuidades definirán en gran medida la potencialidad de tamaño de bloques; la orientación, definirá los frentes de explotación y la estabilidad de taludes.
- 3.- Grado de intemperismo: Se deberá definir el espesor y naturaleza del material de despalme. El espesor del despalme influye directamente sobre los costos de explotación,-

como de acarreo. Por otro lado, la profundidad del intemperismo afecta de manera sustancial el suministro de bloques grandes.

- 4.- Condiciones del nivel de agua: En las canteras, el nivel freático, la permeabilidad de las rocas y el drenaje natural afecta a las operaciones. Estos factores pueden llegar a afectar la vida útil de una determinada cantera, ya que el bombeo o el desvío del agua puede ser costoso.
- 5.- Acceso: La cantera deberá contar con un acceso adecuado entre éste y la construcción.
- 6.- Muestreo y Pruebas de campo y laboratorio: Deberá realizarse un muestreo adecuado para que a su vez, las pruebas que se realicen sean representativas de las condiciones del sitio.

INVESTIGACIONES DETALLADAS.

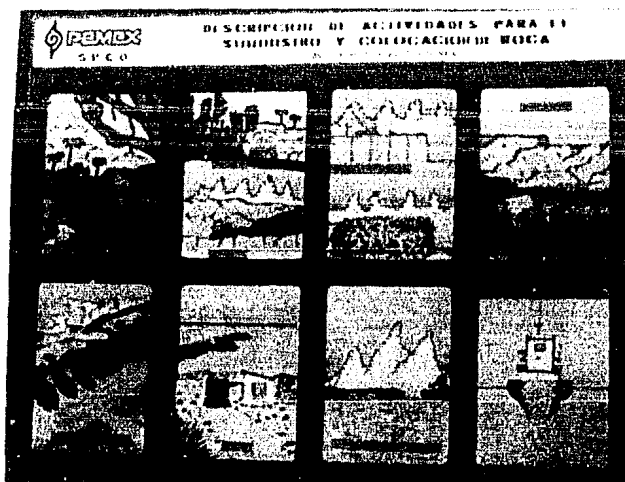
Basados en una información preliminar y reconocimiento de campo, deberá realizarse una investigación más profunda y detallada de los sitios con mejores perspectivas. Esta etapa de investigación deberá contemplar los siguientes proyectos de estudio:

- 1.- Programa de perforación: En base a la cartografía geológica, deberá realizarse un programa de perforaciones con recuperación continua de núcleos. De esta forma será posible atestiguar la continuidad de núcleo. De esta forma, será posible atestiguar la continuidad o cambio-

en la calidad y cantidad de las rocas adecuadas.

- 2.- Programa de Exploración Geofísica: Por medio de un estudio geofísico, utilizando el método de sísmica de reflexión será posible determinar el espesor del material de descapote, el material intemperizado que cubre a la roca de buena calidad y las características físicas de elasticidad de los materiales.
- 3.- Pruebas de voladura: Aún con conocimiento detallado con respecto al patrón de discontinuidades, es posible que los bloques de roca no se formen exclusivamente a lo largo de las juntas, ya que hasta en cierto punto son dependientes del arreglo y carga de las voladuras.

Frecuentemente es difícil predecir con certeza, el tamaño de los bloques de roca, que una posible cantera pudiera suministrar, sin antes haber realizado pruebas de voladuras.



CARACTERÍSTICAS INGENIERILES SIMPLÉS DE ROCAS SEDIMENTARIAS,
 IGNEAS Y METAMORFICAS COMUNES, JUNTO CON NOTAS DE SU COMPORTAMIENTO
 COMO ROCAS DE ROMPEOLAS

<u>1</u>		<u>2</u>		<u>3</u>		
Rocas	Vel. Sísmica Km/Seg.	Densidad (Mg/m ³)	Absorción de Agua	A : V	Esfuerzo a la compresión uniaxial-seco MN/m ² .	Notas
Pizarra	2.3 - 4.7	2.6-2.8		16.0-35.0	100-200	Puede ser conveniente como núcleo.
Filita			0.5 - 6.0	22.0-40.0	40-150	
Esquisto	4.2 - 5.0		0.4 - 5.0	20.0-35.0	50-150	Puede ser conveniente como coraza, o núcleo.
Gneis	3.3 - 7.5	2.8-3.0	0.5 - 5.0	14.0-30.0	50-200	A menudo bueno como coraza y núcleo pero cuidado con la roca interperizada.
Marmol	3.7 - 6.9	2.6-2.7	0.5 - 2.0	20.0-35.0	100-275	A menudo bueno como coraza y núcleo.

NOTAS:

- 1.- Sólo las rocas frescar y ligeramente/moderadamente interperizadas pueden ser consideradas.
- 2.- Generalmente será ligeramente más baja que las superficies saturadas y después secas.
- 3.- Todos los datos están dados en rangos de rocas típicas; no en extremos.
- 4.- Espacios en la tabla, debido a datos insuficientes.
- 5.- Esta prueba es representativa de agregados.

Según Fookes y Poole (1981)

CARACTERISTICAS INGENIERILES SIMPLES DE ROCAS SEDIMENTARIAS,
IGREAS Y METAMORFICAS COMUNES, JUNTO CON NOTAS DE SU
COMPORTAMIENTO COMO ROCAS DE BOMPEOLAS

	1		2		5		
	Rocas	Vel. Sismica Km/Seg.	Densidad Mg/m3	Absorción de agua	A C V	Esfuerzo a la Compresión Uniaxial-seco MN/m2.	
SEDIMENTARIAS	Cuarcita	6.0 - 6.2 ³	2.4-2.8	0.1 - 2.0	9.0-25.0	150 - 300	Generalmente bueno como coraza y núcleo.
	Arenisca	1.4 - 5.0	2.1-2.7	1.0 -15.0	15.0-35.0	10 - 170	A menudo es bueno como coraza y núcleo.
	Lícolita		2.1-2.3		15.0-35.0	5 - 100	Puede ser buen núcleo.
	Lutita	2.3 - 4.7 ⁴	2.0-2.5	1.0 -10.0		5 - 100	Puede ser conveniente para núcleo ocasionalmente.
	Caliza	2.8 - 6.4	2.2-2.6	0.2 - 5.0	12.0-40.0	30 - 250	Usualmente bueno como coraza y núcleo, pero en casos de rocas de tipo suave pueden ser malos.
	Creta	1.7 - 4.2	1.8-2.3	2.0 - 3.0	30-50	5 - 75	Puede ser conveniente para núcleo.
IGREAS	Granito	5.0 - 6.0	2.5-2.8	0.2 - 2.0	10.0-25.0	100 - 250	Usualmente bueno como coraza y núcleo, tener cuidado con la roca intemperizada.
	Diorita	5.8 - 6.4	2.7-3.05		12.0-30.0	150 - 300	
	Gabro	6.4 - 6.6	2.8-3.1	1.0 - 5.0	8.0-25.0	150 - 300	
	Riolita		2.4-2.6	1.0 - 8.0	16.0-35.0	75 - 200	Puede ser conveniente para núcleo.
	Andesita	2.6 - 5.2	2.2-2.5	0.2 - 10.0	18.0-40.0	50 - 200	Puede ser conveniente para coraza y núcleo.
	Pasalto	5.4 - 6.4	2.7-3.0	0.1 - 2.0	12.0-25.0	150 - 300	A menudo bueno como coraza y núcleo, cuidado con roca intemperizada.
	Serpentina	6.0 - 6.9	2.7-3.1		14.0-35.0		A menudo bueno como coraza y núcleo.

OBSERVACIONES ESPECIALES DE CAMPO, JUNTO CON
PRUEBAS ACEPTADAS PARA ROCAS PARA ROMPEOLAS

	Pruebas u observaciones	Rocas para coraza, capas secundarias y filtro.	Roca para núcleo.	Notas.
PRUEBAS COMPLEMENTARIAS ACEPTADAS	Grado de intemperismo.	Fresca a ligeramente intemperizada.	Fresca a moderadamente intemperizada	Deberá de pasar las pruebas de aceptación.
	Vel. Sísmica. (Km/seg)	> 4	> 3.5	Solo una guía de campo - preliminar.
	Espaciamiento de estratificación y diaclasas.	> 1 m. típicamente.	0.2 - 1m.	Una guía preliminar, la forma y tamaño del material de la cantera dependen de también en el patrón de voladura si como, la característica de geometría y resistencia.
	R.Q.D.	70 - 100%	50 - 100 %.	Sólo en núcleos bien perforados.
Forma	Prisma, dimensión máxima no mayor que veces la dimensión menor.	Prisma, dimensión máx. no mayor que 2.5 veces la dimensión menor que no sean angulosos	Prisma, dimensión máx. no mayor que 2.5 veces la dimensión menor que no sean angulosos	No se aplica a filtros. No se deben aceptar formas laminares y angulares. Se desean formas redondeadas y con alto coeficiente de esfericidad.
Gravedad específica aparente.	no < Ca 2.6	no < Ca 2.5	no < Ca 2.5	En algunas (calizas) corazas pueden ser no que Ca 2.45 y el núcleo no - Ca 2.4
Absorción de agua.	no > 2.5%	no > 3%	no > 3%.	Un buen guía pero no un dogma.
Valor de fragmentación de agregados.	no > 20%	no > 25%	no > 25%.	El valor de agregados por impacto es más sensible a material blando se puede también considerar la prueba de abracción de los Angeles.
Pruebas de resistencia a la compresión uniaxial (seca y húmeda) MPN/m ²	> 85	> 50	> 50	La prueba de carga puntual (Franklin) es una buena aproximación.

Resistencia al in-
temperismo.

14> 8

nó>16

Se podría requerir un co-
eficiente de humado/seco -
que no 25% por el méto-
do de $MgSO_4$ S61o como -
guía.

Pruebas Examen.
de Petrosiatico.
Precepta
ción.

Prueba elaborada en cada
tipo de roca para ayudar
a ser un juicio sobre la
durabilidad. Pruebas de
contendo de arcillas pue-
de ser necesario.

Según Fookes y Foole (1981)

IV.5. CORAZA CON ELEMENTOS PREFABRICADOS.

Cuando la roca necesaria para la coraza tiene un peso excesivo o no hay cantera de la cual se puedan obtener esos tamaños en las inmediaciones o cercanía de la obra, se utilizan con ventaja elementos prefabricados de concreto. Los más utilizados son los tetrápodos y cubos, aunque estos últimos son casi tan pesados como las rocas que sustituye.

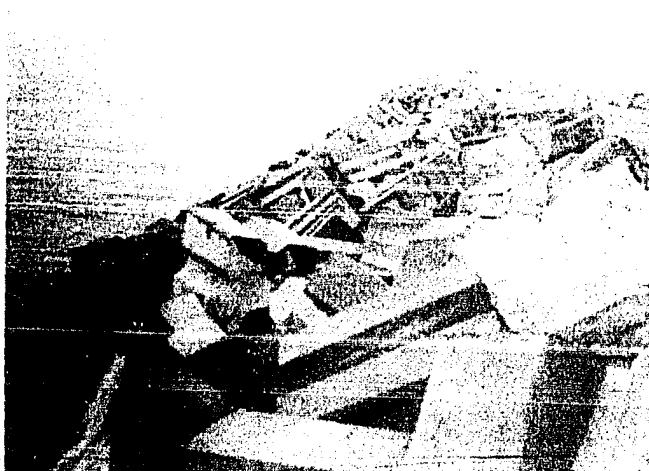
El peso de un elemento se calcula con la ecuación: IV.1 y el coeficiente KD que interviene en ella para estos y otros elementos artificiales se indica en una tabla, asimismo la geometría de los elementos mencionados, sus dimensiones y volumen en función del peso deseado; así como los espesores de la coraza formada por dos capas y el número de elementos por cada 100 M2., del área de la capa.

ASPECTO ECONOMICO.

Al emplear elementos prefabricados se debe analizar el costo de la construcción de la obra tomando en cuenta, entre otros factores, costo de las cimbras (grado de dificultad, número de piezas, etc.) colado de los elementos, su almacenaje y colocación posterior en los rompeolas con todas las maniobras de carga y descarga. Ese costo debe obtenerse para los elementos con peso W de diseño y para otros tamaños menores.

Cuanto mayores son los elementos, menor número de ellos son necesarios y se reducen costos por requerirse menos cimbras y menos maniobras, pero puede incrementarse el consumo de concreto y por tanto de cemento. Existe un tamaño óptimo de-

elementos con peso mayor que el W teórico calculado con la ecuación IV.1, que hace la obra más económica. Ese tamaño es el que debe usarse.



CORAZA DE ELEMENTO PREFABRICADOS.

V.- SISTEMAS DE CONTROL IMPLEMENTADOS EN LA CONSTRUCCION DEL ROMPEOLAS.

V.1.-CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES USADOS EN LA CONSTRUCCION DEL ROMPEOLAS PONIENTE.

Según las " ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCION DE ROMPEOLAS, ESCOLLERAS, ESPIGONES Y PEDRAPLENES " de la S.C.T., los materiales más usados en la construcción de obras de este tipo son:

- a) Fragmentos de rocas de diferentes tamaños extraídos por explotación de canteras.
- b) Depósitos de roca natural fragmentado (piedra de papa).
- c) Elementos manufacturados tales como bloques de concreto, tetrápodos, dolos, etc.

Siguiendo los lineamientos antes señalados, se consideró necesario que la roca natural utilizada en la construcción del Rompeolas Poniente, cumpliera las siguientes normas.

- 1.- Resistencia a la compresión en estado humedo. 150 Kg/Cm² (mínimo)
- 2.- Resistencia a la compresión en estado humedo aplicando la carga paralelamente a los planos de formación cuando los halla. 100 Kg/Cm² (mínimo)

- 3.- Absorción , 4 % (máximo)
- 4.- Densidad 2.3 (mínimo)
- 5.- Resistencia al intemperismo
acelerado (sanidad) por
ciento de pérdida en peso 10% (máximo)
- 6.- Resistencia al desgaste de-
terminado por la prueba de
los angeles. 40% (máxima)

- Para la construcción del Rompeolas Poniente se utilizó roca procedente de un banco de roca, situado en Balzapote, Ver., a 240 Kms. por vía marítima de Dos Bocas.
- Considerando que la roca de mayor peso que se podría extraer de ese banco no sería mayor de 6 Tons. se consideró necesario la fabricación de elementos manufacturados de concreto.

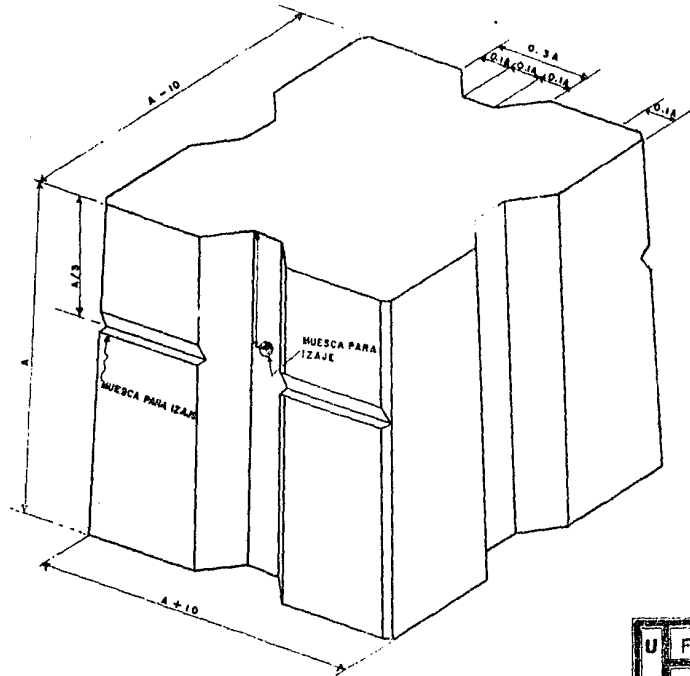
Analizados los factores más determinantes tales como: Suministro de los materiales necesarios para su fabricación, costo de las cimbras (grado de dificultad y número de piezas), almacenaje y manejo de elementos. Además se realizaron pruebas en un módulo hidráulico donde se simularon las condiciones a que estarían expuestos dichos elementos, llegándose a la conclusión que el elemento más adecuado para la conformación de la coraza y el morro del rompeolas es el " Cubo Modificado tipo Pemex ".

A continuación se presentan las normas que deberán observarse durante la construcción, almacenaje, manejo y colocación de este tipo de elementos , además de las características geométricas de los tipos "R" y "T", utilizados para la obra.

NORMAS PARA LA CONSTRUCCION DE ELEMENTOS PRECOLADOS DE CONCRETO

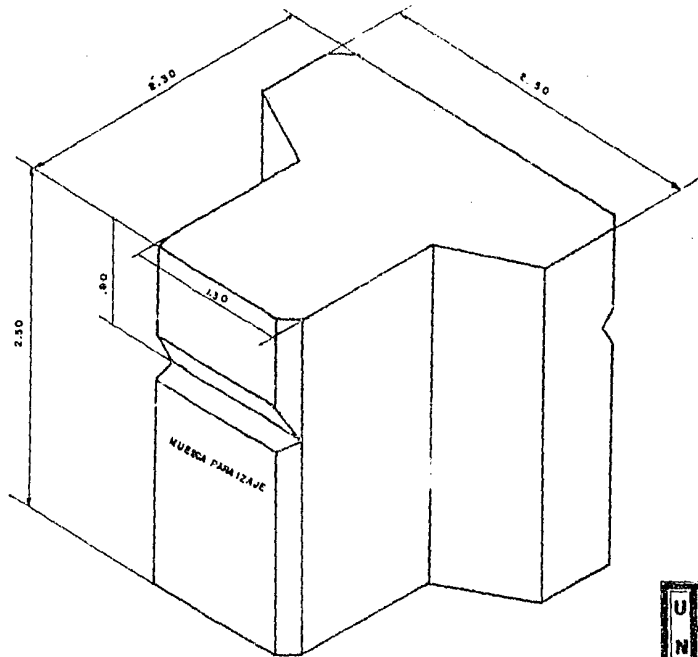
- 1.- La resistencia de concreto será de $f'c=200$ Kg/cm² a los 28 días.
- 2.- El peso específico del concreto será de 2.3 Ton/m³ (mínimo).
- 3.- Los bloques no podrán ser movidos del patio de colado, antes de que el concreto tenga 7 días de edad.
- 4.- Se numeran progresivamente los bloques de cada tipo marcando la fecha de colado.
- 5.- Los bloques de concreto podrán colocarse en el rompeo las cuando tengan 28 días de edad como mínimo.
- 6.- El curado se hará con membrana y adicionalmente se mantendrán humedecidos y protegidos de los rayos del sol durante 7 días como mínimo después del colado.
- 7.- Se aceptarán ± 1.0 Cm. de tolerancia en las dimensiones.
- 8.- Se recomienda colocar una membrana plástica en la base de los bloques para el colado sobre terreno natural.
- 9.- Acotaciones en centímetros.
- 10.- El contenido mínimo de cemento será de 300 Kgx m³ de concreto la relación agua/cemento será como máximo 0.45.
- 11.- Los bloques "T" deben colarse sobre una base de concreto nivelada.
- 12.- Los concretos se elaborarán con cemento tipo V o bien con cemento tipo 2 con mínimo de 15% de ceniza voladora.

B L O Q U E S		NUM. MINIMO DE PIEZAS POR CADA 100 M2. DE AREA DE TALUD.
I	7.5 Ton.	48
II	14 Ton.	32
III	30 Ton.	20
IV	45 Ton.	15



BLOQUE TIPO "R" (7.5, 14, 30 y 45 TONS.)

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	INGENIERIA CIVIL	ELEMENTO PRECOLADO
	TESIS PROFESIONAL	DE CONCRETO
	RAMON PEREZ ARELLANO	



BLOQUE TIPO "T"

U	FACULTAD DE INGENIERIA	
N	INGENIERIA CIVIL	ELEMENTO
A	TESIS PROFESIONAL	PRECOLADO
M	RANDY PEREZ ARELLANO	DE CONCRETO

**PUERTO PETROQUIMICO PETROLERO
ROMPEOLAS PONIENTE
CANTIDADES DE OBRA**

Nº	CONCEPTO		UNIDAD	SECCION 0	SECCION I	SECCION II	SECCION III	SECCION IV	SECCION V	SECC
				LONG. 136m	LONG. 148m	LONG. 42m	LONG. 50m.	LONG. 499m.	LONG. 365m	LONG.
1	TODO UNO	VERTIDO MARINO	TON.					81 300	118 100	126
		COLOCADO A VOLTEO	TON.	13 300	23 500	12 400	15 200	138 800	71 800	33
2	ROCA DE 0.25 A 0.35 TON.	VERTIDO MARINO(LASTRADO FAJINAS)	TON.					9 600	16 700	7
		COLOCADO A VOLTEO	TON.	5 200	7 200	2 200	2 900	35 400	16 300	7
		COLOCADO CON CHAROLA	TON.	7 000	7 100	2 700	5 400	52 600	7 600	3
3	ROCA DE 0.25 A 0.75 TON.	VERTIDO MARINO	TON.					20 400	38 200	24
		COLOCADO A VOLTEO	TON.			1 000	1 400	13 200	7 800	3
		COLOCADO A CHAROLA	TON.		5 900	3 000	1 500	4 300	2 000	1
4	ROCA DE 0.75 A 1.50 TON.	VERTIDO MARINO	TON.					8 300	6 900	6
		COLOCADO CON CHAROLA	TON.				4 200	50 700		
5	ROCA DE 1.50 A 2.5 TON.	VERTIDO MARINO	TON.					11 600	11 700	
		COLOCADO CON CHAROLA	TON.							
6	ROCA DE 2.5 A 3.5 TON.	VERTIDO MARINO	TON.							
		COLOCADO CON CHAROLA	TON.	9 000	5 100					
7	ROCA DE 3.5 A 6.0 TON.	VERTIDO MARINO	TON.							
		COLOCADO CON CHAROLA	TON.							
8	BLOQUES TIPO "R" (7.5 TON.)	m³			2 900	1 900	1 030	13 110	10 920	6
		PZA.			890	5 583	316	4 020	3 350	2
9	BLOQUES TIPO "R" (14 TON.)	m³					2 510	26 370		
		PZA.					413	4 365		
10	BLOQUES TIPO "R" (30 TON.)	m³							28 820	
		PZA.							2 210	
11	BLOQUES TIPO "R" (45 TON.)	m³								21
		PZA.								1
12	BLOQUES TIPO "R" (65 TON.)	m³								
		PZA.								
13	BLOQUES TIPO "R" (20 TON.)	m³	690	650	200	240	2 360	1 730		
		PZA.	53	55	17	20	199	146		
14	CONCRETO EN ESPALDON	m³	710	670	200	250	2 420	1 780		
15	CONCRETO EN DESPLANTE DE ESPALDON	m³	1060	1 000	300	300	3 610	2 650		1
16	CONCRETO LOSA	m³	1 350	1 280	300	460	460	3 380		1
17	FAJINA	m²					27 540	21 420		9
		PZA. 15 x 60					9	7		
		PZA. 36 x 60					9	7		
18	EXCAV PARA DESPLANTE DEL ESPALDON	m³	1010	960	12 180	350	3 430	2 520		1
19	DRAGADO EN ZANJA	m³	5 900	3 200	1 300	1 750				
20	DRAGADO PARA DESPLANTE DE LOS MORROS	m³								
21	TOTAL DE ROCA	TON.	34 500	46 800	21 300	30 600	426 200	339 000		249
	TOTAL CONCRETO	m³	3 810	6 500	2 990	4 850	52 670	49 280		32

**ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE
ROCA SUMINISTRADO POR EL BGO. DE ROCA-BALZAPOTE, VER.
S P C O. PEMEX**

TIPO DE ROCA	TOLERANCIAS PERMITIDAS	RESTRICCIONES	PESO DE LA ROCA	DIMENSIONES DE LA ROCA (FORMA CUAD)
	ARENA, POLVO O ARCILLA (FINOS)	NO SE ADMITIRA		
I	NO MAS DE 5 %	MAS DE UN 10% EN PESO DE PIEDRA CON PESO INFERIOR A 1 Kg.	COMO MINIMO EL 50% EN PESO SERA DE MATERIAL FORMADO POR ROCAS CUYO PESO SEA MAYOR DE 25 Kg.	MAYOR DE 25CM DE LADO (ARISTA)
II	NO MAS DE 5 %	MAS DE UN 10% EN PESO DE MATERIAL COMPRENDIDO ENTRE 125 y 250 Kg.	DE 250 A 350 Kg.	DE 44 CM A 50 CM
III	NO MAS DE 5 %	MAS DE UN 10% EN PESO DE MATERIAL COMPRENDIDO ENTRE 175 y 350 Kg.	DE 350 A 750 Kg	DE 50 CM A 63 CM
IV	NO MAS DE 5 %	MAS DE UN 10% EN PESO DE MATERIAL COMPRENDIDO ENTRE 375 y 750 Kg.	DE 750 A 1500 Kg	DE 63 CM A 90 CM
V	NO MAS DE 5 %	MAS DE UN 10% EN PESO DE MATERIAL COMPRENDIDO ENTRE 750 y 1500 Kg.	DE 1500 A 2500 Kg	DE 90 CM A 90 CM
VI	NO MAS DE 5 %	MAS DE UN 10% EN PESO DE MATERIAL COMPRENDIDO ENTRE 1250 y 2500 Kg.	DE 2500 A 3500 Kg	DE 95 CM A 110 CM
VII	NO MAS DE 5 %	MAS DE UN 10% EN PESO DE MATERIAL COMPRENDIDO ENTRE 1750 y 3500 Kg.	DE 3500 A 6000 Kg	DE 110 CM A 130 CM

NOTA : EN UN CANION DE 30 TOHELADAS EL:

5 % = 1800 Kg
10 % = 3000 Kg
15 % = 4500 Kg

V.2.- COLOCACION DE MATERIALES.

La construcción propiamente dicha del rompeolas implica la operación de colocación de los materiales que incluyen como elemento primordial el control por peso de los mismos.

Los diversos sistemas constructivos que se utilizaron para colocar los elementos integrantes de los mismos fueron:

VERTIDO MARINO.

COLOCACION A VOLTEO.

COLOCACION CON CHAROLA.

COLOCACION CON GRUA.

VERTIDO MARINO.- Para efectuar esta operación se pueden utilizar chalanes de cubierta plana empujando la roca con tractores o traxcavos. Se dispone también de equipo más especializado como son los gánguiles de vertido marino por fondo y las embarcaciones para el vertido lateral controlado bien sea con un sistema de vibradores con eyectores transversales.

La construcción del núcleo puede hacerse económicamente utilizando los gánguiles de vertido de fondo y los chalanes normales. El procedimiento de colocación de roca mediante el vertido marino es el sistema más económico y tiene como única limitante la necesidad de disponer de un tirante mínimo de agua arriba de la roca previamente colocada, suficiente para que las embarcaciones naveguen y descargen sin peligro de vararse sobre el rompeolas en construcción.

COLOCACION A VOLTEO.- Este sistema se utiliza preferentemente para construir el núcleo.

Debe tomarse en cuenta que el talúd natural de la roca así colocada resulta alrededor de 1.3:1 a 1.4:1 como máximo.

Durante el avance de la construcción del núcleo se procurará

que los taludes queden protegidos con la roca de mayor tamaño que se haya especificado para este elemento del rompeolas a fin de que se disponga de cierta protección contra el oleaje antes de que se arrope con la capa secundaria de mayor tamaño. El material de menor tamaño especificado para el núcleo deberá de colocarse de preferencia en el centro del mismo, para limitar en lo posible la pérdida de material fino a través de las capas secundarias.

COLOCACION CON CHAROLA.- Resulta indispensable utilizar este procedimiento para colocar la roca en la parte exterior, del núcleo y en la capa secundaria cuando el proyecto requiera que estos materiales queden con taludes más tendidos que el material de la roca depositada a volteo. Es muy importante hacer hincapié en la necesidad de que el límite exterior del núcleo quede rugoso, aún cuando esto implique salirse un poco de la frontera teórica que marcan los planos a fin de que la capa secundaria quede acuñada y ligada al núcleo.

COLOCACION CON GRUA.- Cuando no resulta práctico manejar con charola la roca de la capa secundaria resulta indispensable colocarla pieza por pieza, mediante una grúa. Este mismo procedimiento se hace extensivo a la colocación de roca de coraza y los elementos precolados de concreto para la misma. Durante el proceso de colocación de los bloques precolados en la coraza hay que respetar la especificación que marca el proyecto sobre el número de elementos que deben colocarse como mínimo en dos capas sobre una superficie dada del talud del rompeolas; a fin de obtener una predeterminada porosidad en dicha coraza y se cubra totalmente la capa secundaria. Durante la fase de colocación de los elementos precolados debe utilizarse un dispositivo de izaje que no los dañe y al mismo tiempo facilite la operación de descargarlo en el talud del rompeolas.



ACOMODO DEL MATERIAL DESPUES DE LA
COLOCACION A VOLTEO PARA PROTECCION DEL NUCLEO.



COLOCACION DE UN BLOQUE DE CONCRETO EN LA
SEGUNDA CAPA DE LA COPAZA LADO MAR.

V.3.- SECUENCIA EN LA COLOCACION DEL MATERIAL.

El primer paso para la construcción del enrocamiento es la formación del Núcleo, se pueden presentar dos casos; cuando el nivel de la corona del núcleo esté colocada al nivel (0.00) o más abajo y cuando ésta se encuentre arriba del nivel (0.00).

La elevación 0.00 estará referida al nivel de marea baja media inferior en el Océano Pacífico y al nivel de marea media en el Golfo de México y Mar Caribe.

En el primer caso para acomodar el material a sus líneas y niveles, es necesario que se utilicen chalanes tolvas, charolas de volteo manejadas con grúa, o cualquier otro sistema similar que pueda depositar el material a las líneas y niveles bajo el agua.

En el segundo caso, el núcleo podrá construirse en una parte con maniones a volteo, pero los taludes finalmente deberán ser terminados colocando la piedra, utilizando charolas de volteo manejadas con grua o cualquier otro sistema similar.

Para evitar que la acción del oleaje desaloje el material de los taludes y/o corona del núcleo, al ser terminado un cierto tramo de éste, se procederá de inmediato a cubrirlo con la roca de la capa secundaria que le corresponda y cubrirá toda el área terminada del mismo, de manera tal, que la roca de la capa secundaria no permita que sea desalojado el material del tramo de núcleo en cuestión, llevándose a término totalmente el espesor del tramo de capa secundaria en la zona de que se trate. Si la construcción de enrocamiento se está realizando con un cierto grado de agitación del mar, deberá procederse a recubrir de inmediato la capa secundaria con la capa de roca de coraza.

Se determinará en cada caso y dependiendo de la violencia del oleaje, la longitud de núcleo que pueda permanecer sujeta a esta acción, sin ser removida por ella, antes de ser protegida por la capa secundaria.

Antes de continuar con la construcción de un nuevo tramo de núcleo, se cubrirá con la roca de la capa de coraza, toda el área terminada de la capa secundaria y una vez cubierta esta, como lo indique el proyecto, se continúa descrita.

En la colocación de las capas que forman el enrocamiento del proyecto, siempre se empleará la grúa adecuada que garantice que estas sean construidas a las líneas y niveles de proyecto. El uso de tractores en la colocación de roca, serán únicamente empleados en acciones complementarias de las operaciones fundamentales de las grúas. Todas las capas del enrocamiento siempre deberá construirse colocando los elementos que las forman del pie del talúd hacia la corona y nunca empujando estos hacia los taludes. Se deberá evitar siempre toda operación que en alguna forma tienda a degradar alguna capa. En algunos casos será necesario el empleo complementario de grúas flotantes.

La parte superior del rompeolas no terminado puede usarse como acceso del equipo de transporte, teniéndose en cuenta que antes de que se coloque piedra adicional, los materiales usados en el acceso anterior deberán removerse dejando limpio el mismo. Esta remoción permitirá tener superficies de pie de piedra limpia, de tal manera que una nueva capa quede colocada directamente sobre la anterior amarrando perfectamente.

A fin de disponer de un ancho mayor para las maniobras podrá permitirse que el núcleo se construya en dos etapas de acuerdo con las condiciones reinantes en el mar, pudiéndose dejar de tramo en tramo retornos para facilitar las maniobras del-

equipo de acarreo y colocación, pero invariablemente deberá protegerse con la capa secundaria y la coraza.

Si la colocación de piedra de núcleo se realiza en dos etapas; las capas de protección de éste se llevarán hasta la misma altura.

Si fuera indispensable suspender temporalmente la obra, deberá protegerse lo suficiente el área frontal expuesta del núcleo por medio de la capa secundaria y esta a su vez con roca de coraza, con el fin de evitar que la acción del oleaje, mientras dura la suspensión, desaloje los materiales del núcleo y capa secundaria; al reanudarse la obra, se continuará la construcción siguiendo la misma secuela aquí descrita.

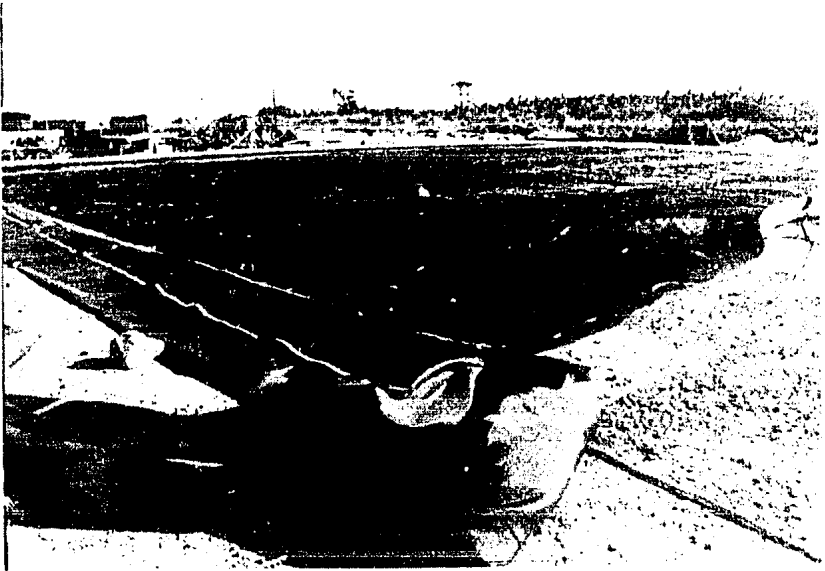
V-4.- PROCESO DE FABRICACION Y COLOCACION DE UNA FAJINA.

Como primera operación se realiza el corte de la tela de polipropileno (Pemex suministra la tela en rollos de 210 x 5 m.) dándole longitudinalmente el ancho de la fajina correspondiente; 15 ó 36 m., según se trate esta para lado puerto o lado mar, a continuación se extienden los tramos ya cortados haciendo los traslapes de 10 Cms. para el costurado, uniendo los tramos de tela con aguja e hilo a mano. Realizada la operación anterior se procede al costurado de la tela a una red de cables manila previamente tendida a todo lo largo y ancho del patio de fabricación, esta operación también se realiza con agujas e hilo a mano. Ya sujeta la tela se extiende sobre la misma una malla plástica conocida como " GEO-RED", la cual es unida a la tela mediante aguja e hilo. Concluyéndose el costurado de la fajina, se realiza la colocación de tramos de varilla de acero al carbón en los extremos de la misma, esto con el fin de que al colocar la fajina en el lecho marino no se levanten sus extremos, por último se enrolla la fajina sobre sí misma, dando por terminada la etapa de fabricación.

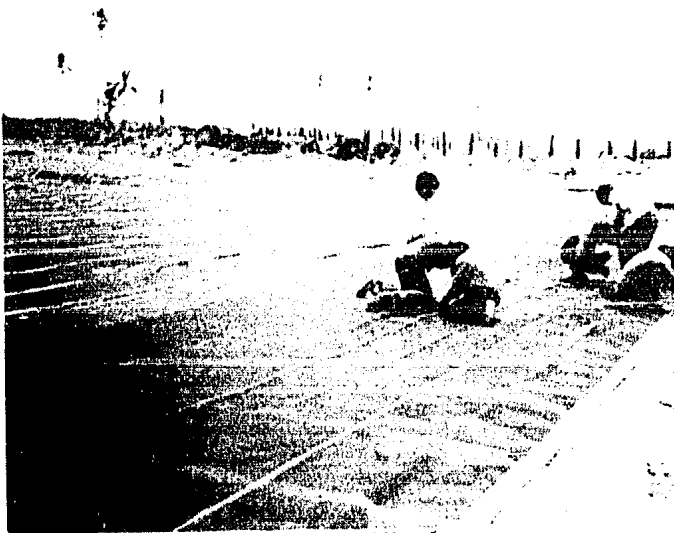
Como segunda etapa se realiza su transporte hasta el muelle de botado de fajinas, donde se desenrolla; al mismo tiempo la estructura que rigidizará a la fajina es colocada en la dársena; esta estructura está formada a base de un bastidor rectangular de tubos de 30" Ø. Posicionada la estructura, la fajina es arrastrada mediante un remolcador hasta hacerla pasar debajo de la estructura, donde se sujeta mediante cables a la misma. Posteriormente es prelastrada con roca de entre 50 y 60 Kgs. de peso. Terminada la operación anterior, se chequean todos los amarres, así como el sistema para hundir y recuperar la estructura. Hecho lo anterior, el conjunto fajina estructura es amarrada a un remolcador para su traslado desde la dársena hasta el rompeolas para su posicionamiento-

y colocación definitiva; dicho lugar a sido previamente señalado con boyas contando para esto con la ayuda de teodolitos en el posicionamiento de la estructura se cuenta con la ayuda de un chalán con malacate para la sujección de la misma, y con el equipo de inyección de agua y compresor de aire. - Acoderada la estructura al chalán y verificada su correcta - posición, se procede a inyectar agua a la estructura para - iniciar la operación de inmersión de la misma, colocando así la fajina en el fondo marino. Para esta operación es necesario contar con la ayuda de buzos, quienes además de verificar el correcto acomodo de la fajina en el fondo marino, proceden al corte del lastre y amarres de la fajina a la estructura a la cual es inyectada aire a presión para desalojar el agua de su interior y de esta manera emerja para su recuperación y transporte de nuevo hasta el patio de botado de fajinas.

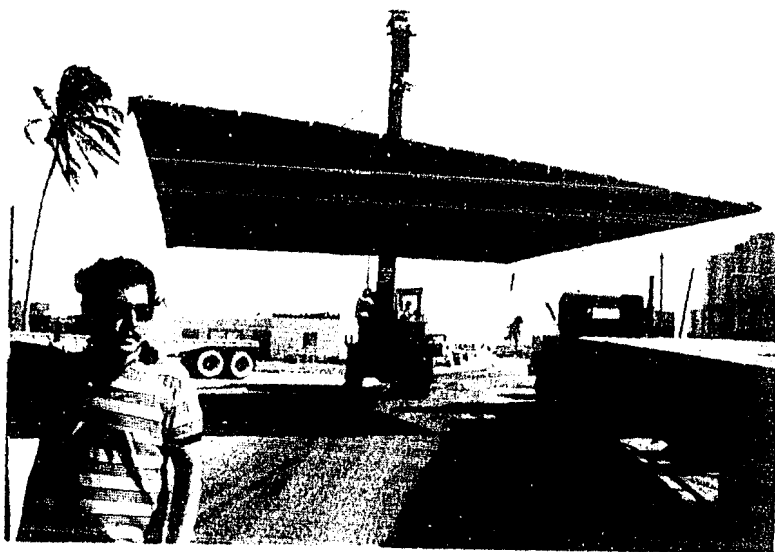
Inmediatamente se realiza la operación de acoderamiento o posicionamiento del chalán con roca tipo (2) con peso de entre 250 y 350 Kgs. cada roca para su posterior vertifo; utilizan do barcasas autopropulsadas de descarga lateral controlada. El vertido marino debe efectuarse de manera tal que permita colocar una primera capa de 350 Kg/M2 en toda la superficie de la fajina, con excepción de los últimos 5M, que es la zona de traslape con la siguiente. Enseguida se coloca la segunda capa de 350 Kg/M2 en la misma área que la primera. Posteriormente y dentro de las 48 Hrs. siguientes, se colocará la siguiente fajina, siguiendo el mismo procedimiento.



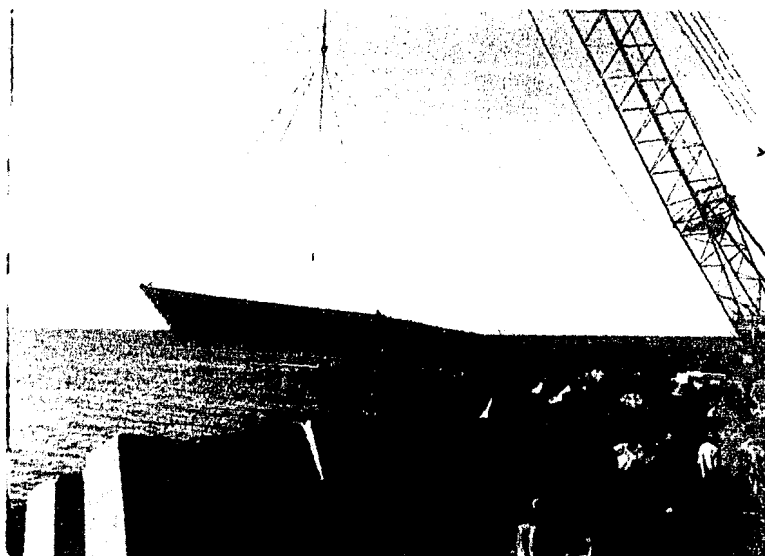
PATIO DE FABRICACION DE FAJINAS



PROCESO DE COSTURADO A MANO DE UNA FAJINA.



TRANSPORTE DE UNA FAJINA DE PRUEBA



POSICIONAMIENTO Y COLOCACION DE UNA FAJINA DE PRUEBA.

V,5,- PROCESO CONSTRUCTIVO DEL ROMPEOLAS PONIENTE.

El rompeolas Poniente como dijimos anteriormente tiene una longitud de 1,424 Mts., contados desde su empotramiento en la playa hasta el morro.

En su primer tramo sigue un rumbo astronómico de $0^{\circ}00'$ hasta la estación 0+664.5, en que cambia su rumbo siguiendo una curva derecha en una longitud de 209.5 M., hasta la estación 0+874, a partir de la cual continúa con una tangente de 550 M., con rumbo $N60^{\circ}E$, hasta la estación 1+422 en que termina el morro que tendrá su extremo desplantado a la batimétrica 21.0M.

La construcción del rompeolas Poniente comprenderá las siguientes actividades principales: Excavación de zanjas para el desplante del rompeolas hasta la batimétrica 6 M; dragado en la zona de la rompiente litoral; colocación de fajinas con filtro, a partir de la batimétrica 6 M, en la zona correspondiente al desplante de las corazas y las zonas del filtro en ambos taludes; enrocamientos al pie del talud de la coraza enrocamiento para el núcleo; enrocamiento de protección del núcleo; capas secundarias, coraza capa de protección de concreto pobre en la corona del rompeolas; parapeto formado por bloque "T" prefabricados ligados con concreto, para integrar el elemento que se denominará " Espaldón ", y finalmente, losa de concreto en el coronamiento del cuerpo central del rompeolas.

Las fajinas con filtro estarán formadas por el filtro propiamente dicho, constituido por tela de polipropileno unida mediante costurado a mano a una malla plástica conocida como GEO-RED. (Ver proceso de fabricación y colocación de una fajina).

Las fajinas medirán 60 M., de largo con anchos variables entre 15 y 36 M. cada una de las fajinas será colocada en su

lugar y lastrada con roca tipo II de 0.25 a 0.35 Tons.

El núcleo estará constituido por producto integral de cantera (todo uno); las capas secundarias y terciaria serán de enrocamiento con peso 0.25 T a un mínimo de 6 Tons, por pieza; la coraza estará formada por roca con peso máximo de 3.5 Tons. en el arranque del rompeolas y en el resto, estará constituida por bloques "R" de concreto, con peso de 7.5, 14.30 y 45 Tons.

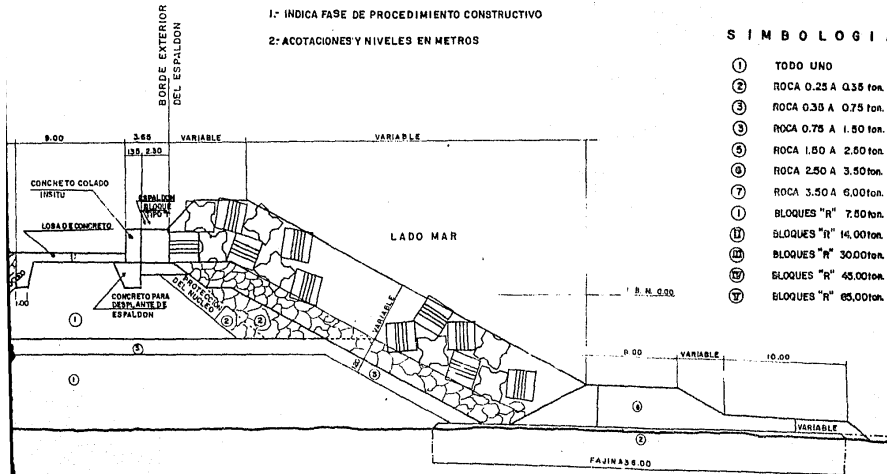
Una parte del rompeolas se construirá con equipo marino y otra con equipo terrestre. A partir de la batimétrica 6 M, se verterán enrocamientos hasta la profundidad de 3.50 M. que comprende una parte del núcleo y los enrocamientos al pie de las corazas. El vertido marino representa el 70% del total de roca del rompeolas. Con equipo terrestre se verterá a volteo el 20% del enrocamiento total en el núcleo, la protección del mismo y una parte de la capa secundaria. El resto de los enrocamientos; o sea el 10% se colocará con grúa utilizando charolas para completar o formar las capas secundarias y terciarias. Finalmente se colocarán con grúa pieza por pieza las rocas o bloques de la coraza.

Sobre la corona del rompeolas se colocará una capa de concreto pobre que servirá como superficie de rodamiento para el camino de construcción que utilizará el equipo que transportará y colocará el resto de los enrocamientos, los elementos de la coraza y el espaldón, esta capa de concreto pobre servirá también para proteger al núcleo y a las capas secundarias contra la erosión por oleaje, mientras se coloca el resto de los enrocamientos, la coraza y el espaldón.

El espaldón se irá construyendo por etapas, a fin de proporcionar protección contra el oleaje a las grúas y al equipo de acarreo para los diferentes materiales.

Tomando en cuenta la existencia de estratos compresibles de arcilla subyacente en el lecho marino, en que se desplantará el rompeolas, resulta indispensable que los materiales colocados con vertido marino precedan por lo menos dos meses a la colocación de los elementos depositados con equipo terrestre, con objeto de que los primeros actúen como sobrecarga del subsuelo e induzcan asentamientos por consolidación de las arcillas.

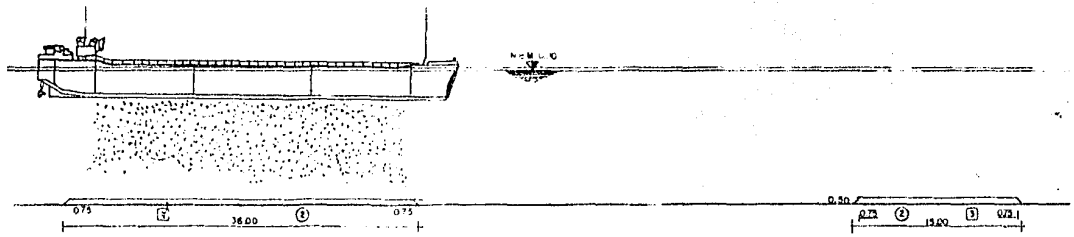
Por la misma razón, los colados de liga entre los bloques que constituyen el espaldón y la loza final del rompeolas, deberán diferirse al máximo posible a fin de permitir dar tiempo para que ocurran los asentamientos por consolidación de las arcillas, Esto implica que los colados antes mencionados se efectúen como etapa final del trabajo.



S I M B O L O G I A

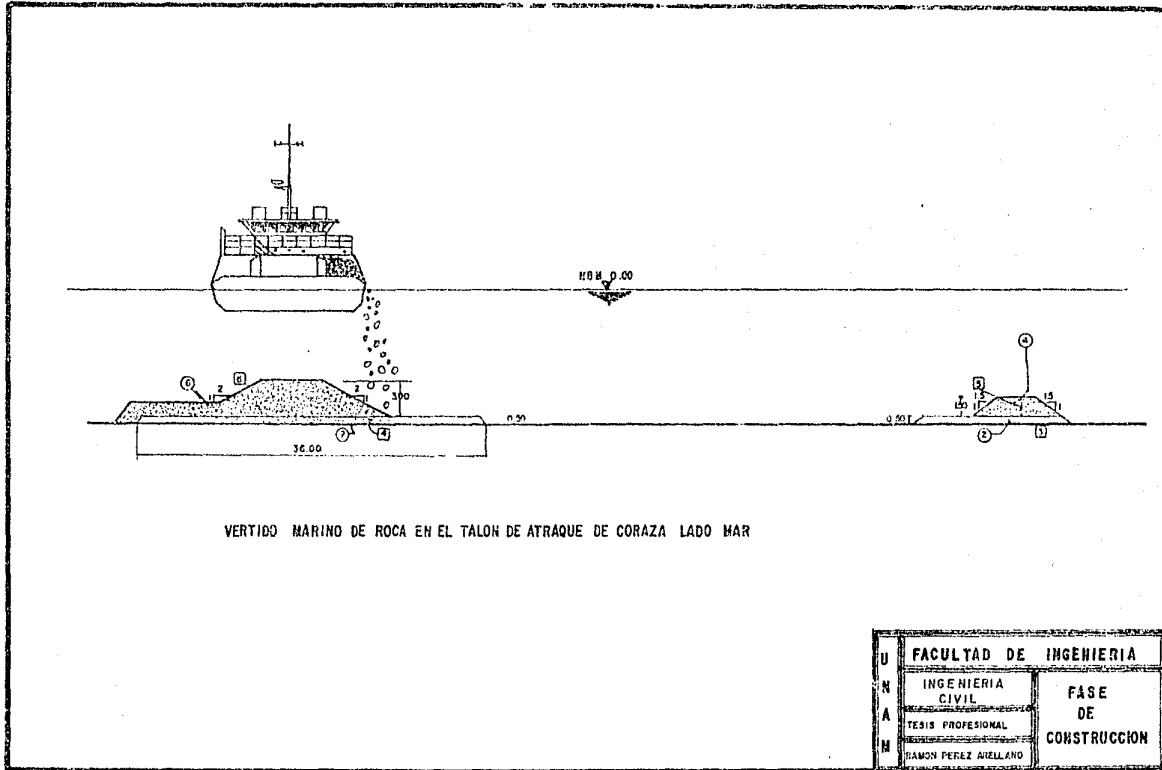
- ① TODO UNO
- ② ROCA 0.25 A 0.35 ton.
- ③ ROCA 0.35 A 0.75 ton.
- ④ ROCA 0.75 A 1.50 ton.
- ⑤ ROCA 1.50 A 2.50 ton.
- ⑥ ROCA 2.50 A 3.50 ton.
- ⑦ ROCA 3.50 A 6.00 ton.
- Ⓡ BLOQUES "R" 7.50 ton.
- Ⓢ BLOQUES "R" 14.00 ton.
- Ⓣ BLOQUES "R" 30.00 ton.
- Ⓤ BLOQUES "R" 45.00 ton.
- Ⓥ BLOQUES "R" 65.00 ton.

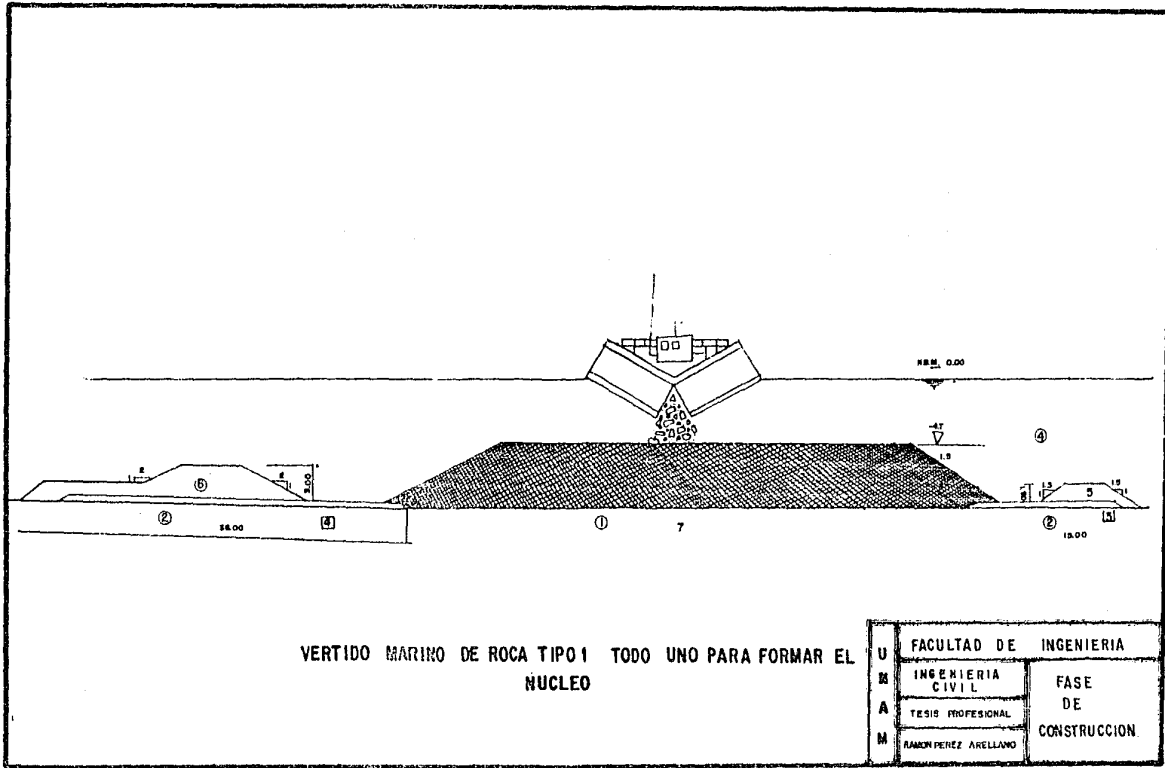
U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	INGENIERIA CIVIL	ROMPEOLAS PTE.
	TESIS PROFESIONAL	SECCION TIPO
	RAMON PEREZ ARELLANO	

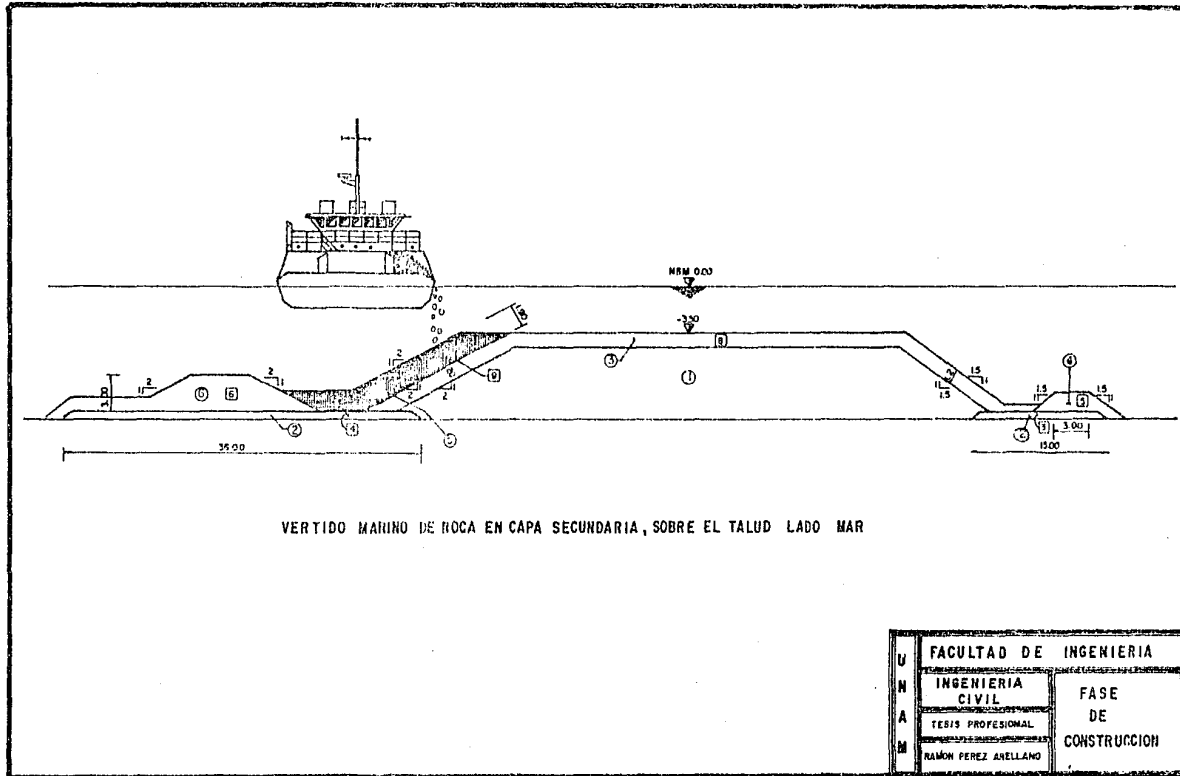


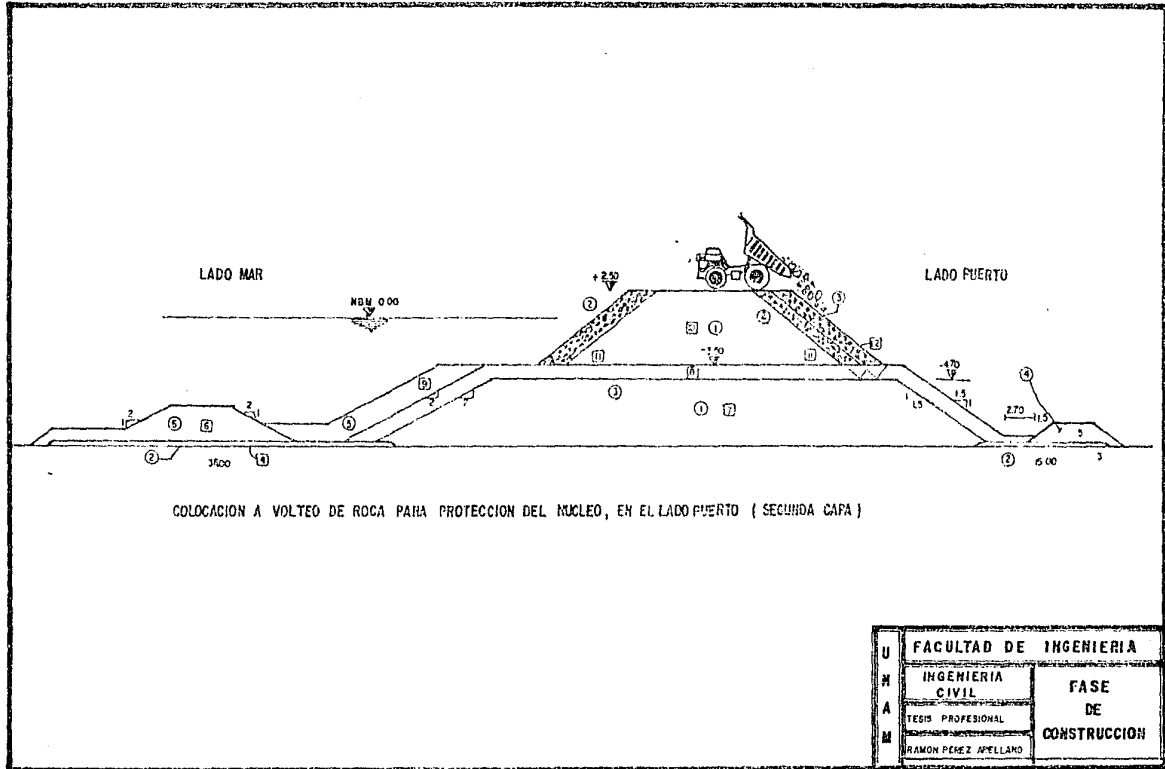
LASTRADO DE FAJINA LADO MAR

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	INGENIERIA CIVIL	FASE DE
	TESIS PROFESIONAL	CONSTRUCCION
	RAMON PEREZ ARELLANO	

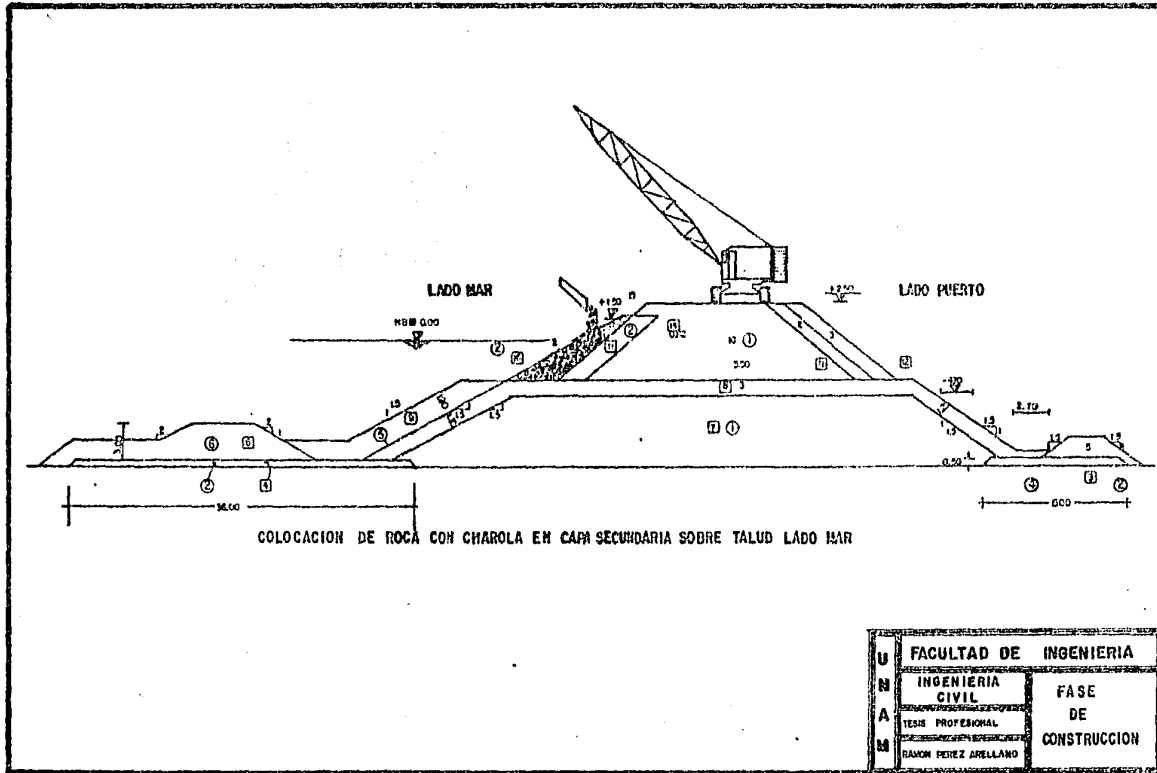




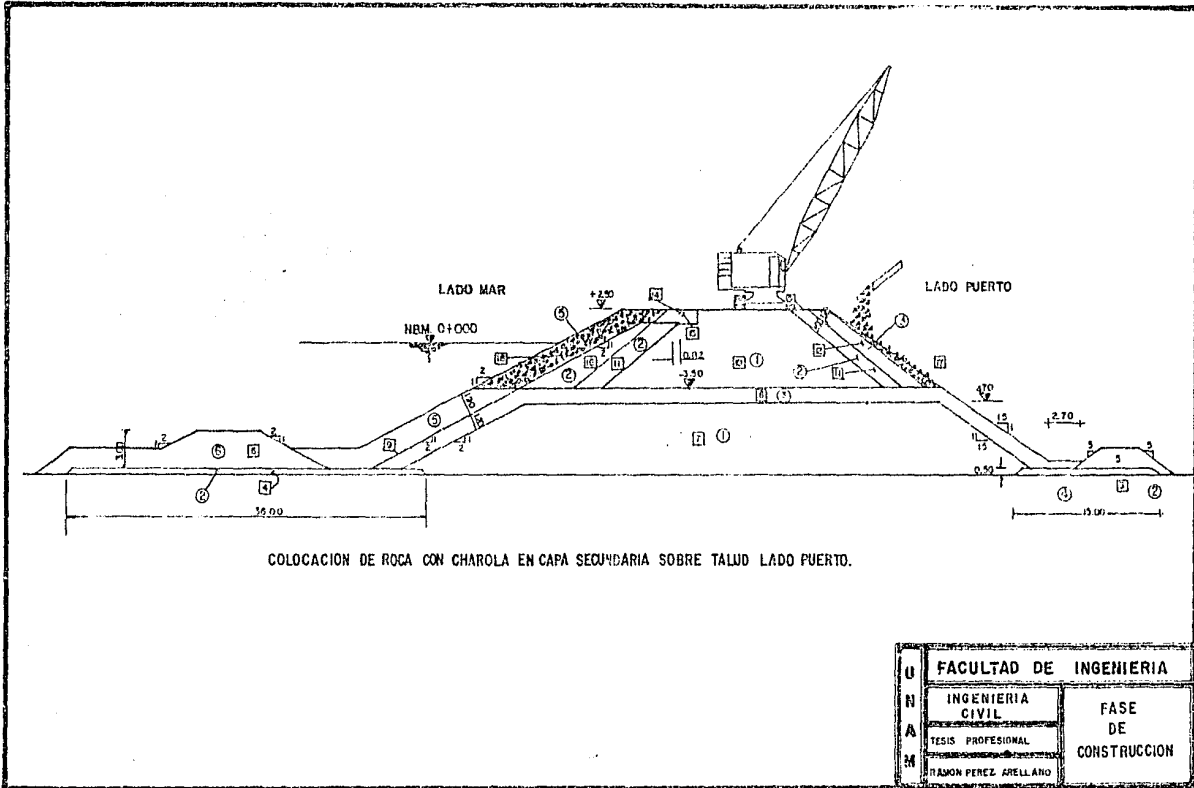




U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA	
	INGENIERIA CIVIL	FASE DE
	TESIS PROFESIONAL	CONSTRUCCION
	RAMON PEREZ APPELLANO	



COLOCACION DE ROCA CON CHAROLA EN CARR SECUNDARIA SOBRE TALUD LADO MAR



VI. EQUIPO MINIMO INDISPENSABLE.

El equipo que se utilizó en la construcción del Rompeolas Poniente se concentró en dos áreas principales.

- Equipo utilizado en el banco de roca de Balzapote, Ver., - dicho banco se encuentra situado en la Costos del Estado de Veracruz a 240 Kms. por vía marítima de Dos Bocas.
- Equipo utilizado en el área de Dos Bocas: El utilizado en el área misma del Rompeolas Poniente, en el patio de fabricación de fajinas, muelle de descarga de roca y muelle de botado de fajinas. Dentro de esta misma área considera remos tambien el equipo utilizado en el transporte por vía marítima de la roca, desde Balzapote hasta Dos Bocas.

VI.1. EQUIPO EN EL BANCO DE ROCA DE BALZAPOTE, VER.

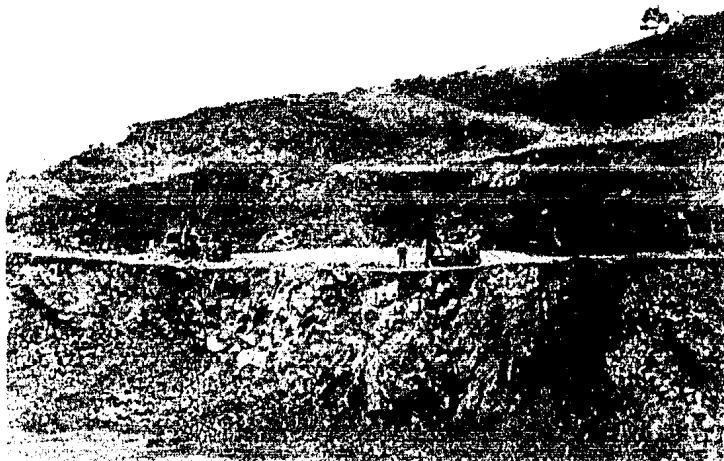
La explotación de bancos de roca se hace utilizando determinado equipo con características y usos bien establecidos por la experiencia previa de construcción. La selección del equipo adecuado para un caso particular será función de tres factores fundamentales.

- La disponibilidad del equipo.
- El tipo de material por atacar.
- La distancia de acarreo del material.

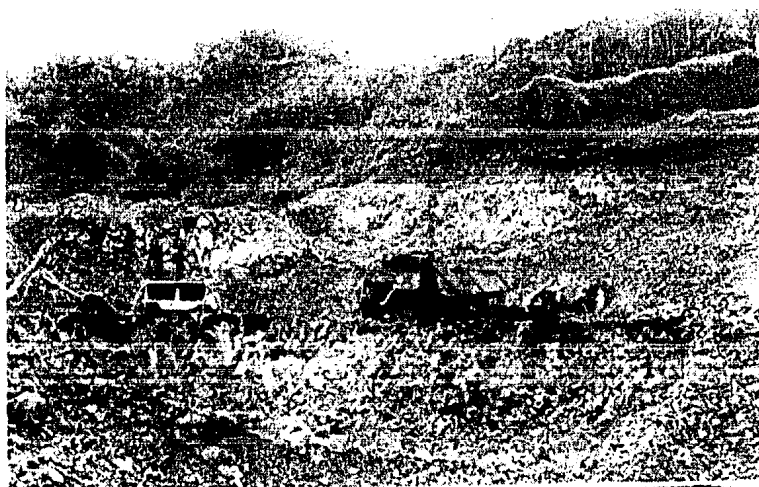
Establecida la clase de equipo, su tamaño es sobre todo función del volumen de la obra por ejecutar, del tiempo en que dicha obra deberá realizarse y del espacio disponible para maniobras.

EQUIPO UTILIZADO EN EL BANCO DE ROCA DE BALZAPOTE, VER.

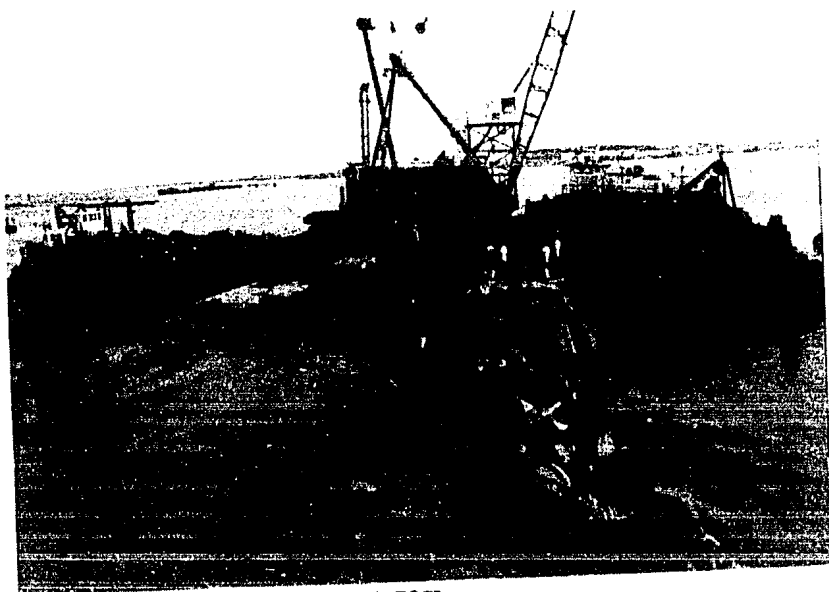
B A S I C O	BARRENACION	TRACK-DRILL, INCLUYENDO COMPRESOR DE 900 P. C.M.	15
		PISTOLAS DE PISO.	12
	CARGA EN BANCO	CARGADOR FRONTAL SOBRE NEUMATICOS CON CARGA DE 10 YD ³ DE CAP.	24
	ACARRIO A MUELLE	CAMION VOLTEO FUERA DE CARRETERA DE 30 TONELADAS.	7
	CARGA A CHALANES.	GRUA CON GARPA CON CAPACIDAD DE 6 TONELADAS A 20 M.	1
A U X I L I A R		TRACTOR DE 270 H.P. Y CUCHILLA RECTA.	2
		GRUA CON GARPA METALICA CON CAPACIDAD DE 6 TONELADAS A 8 M.	2
		MOTOCONFORMADORA.	1
		PIPA 30,000 LIS. DE CAPACIDAD.	1
		CARGADOR FRONTAL SOBRE RUEDAS 2 ½ YD ³ DE CAPACIDAD.	2



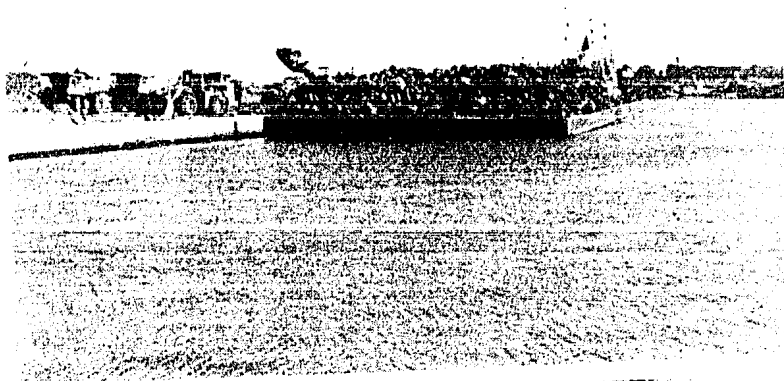
PREPARACION DE LA "TRONADA EN EL BANCO DE ROCA.



OTRO ASPECTO DEL BANCO DE ROCA DE BALZAPOTE.



CHALAN DESCARGANDO ROCA.

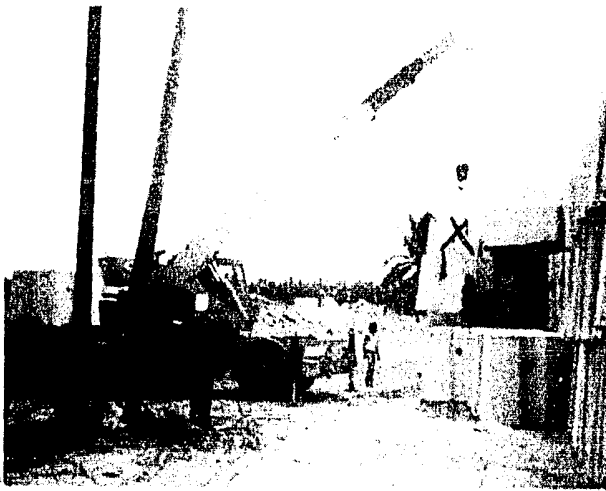


OTRO ASPECTO DEL MUELLE DE DESCARGA DE ROCA

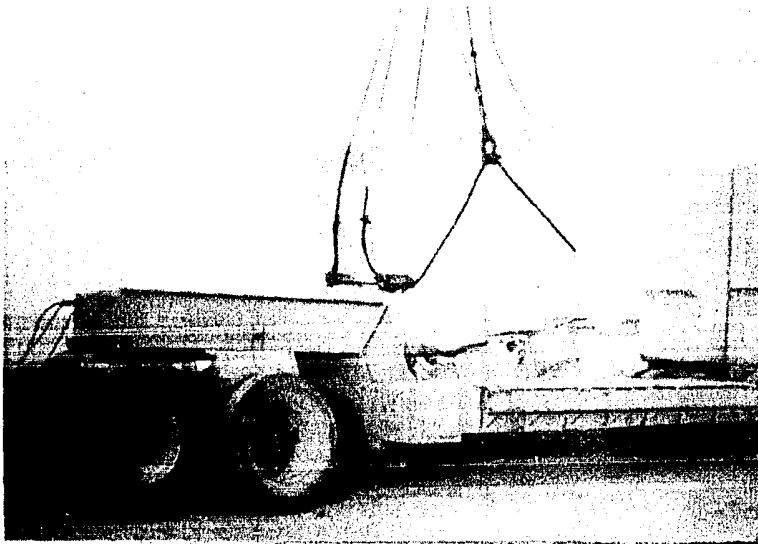
VI.2 EQUIPO E INSTALACIONES AUXILIARES UTILIZADAS EN LA
 CONSTRUCCION DEL ROMPEOLAS PONIENTE.
 AREA DOS BOCAS, TABASCO.

	<u>MODELO</u>	<u>CAPACIDAD</u>
Motoconfoxmadora marca " Huber "	MCD-6	
Tractor con orugas	D-7	
Motogrua marca P & H		140 TON.
Tractor marca " Terex "	TO-9	D8
Cargador frontal marca " Caterpillar 966, CFN-8 "		4.00 M3.
Cargador frontal marca " Michigan 175-B "	CFN-15	4.00 M3.
Camión volteo marca F-600	CV-41	7.00 M3.
Camión volteo marca F-600	CV-45	7.00 M3.
Camión volteo marca F-600	CV-48	7.00 M3.
Camión cama baja Low Boy	TV-7	50 TON.
Máquina cortar eléctrica marca " NAINIW-YOTOSHERE "		120V-240W.
Máquina de coser eléctrica marca " UNION ESPECIAL "	110.1254	120 W.
Retroexcavadora Mca. " YUMBO "		2.5 Yd3
Camión de volteo fuera de carretera marca " TEREX "	CVF-2	22 TON.
Camión volteo fuera de carretera marca " TEREX "	CVF-4	22 TON.
Camión volteo fuera de carretera marca " TEREX "	CVF-5	22 TON.
Camión volteo fuera de carretera marca " TEREX "	CVF-8	22 TON.

	<u>MODELO</u>	<u>CAPACIDAD.</u>
Camión pipa marca " DODGE "	CPA-9	9.00 M3
Camión pipa marca " DODGE "	CPA-6	9,00 M3
Grúa P &H	GPH-23	20 TON.
Grúa Drott-1880	GD-21	20 TON.
Compactador rodillo marca " MECSA DYNAPALL CVRM-23 "	CVRM-23	5 TON.
Chalán cubierta plana Spirit Sea Train Sec-2	SEC-2	2700TON.
Chalán cubierta plana OBS-22-55	22-55	2700TON.
Chalán cubierta plana "TAMPICO" 22-55	22-55	2700TON.
Remolcador " MISS SUE "		1800 H.P.
Remolcador " ITCO XII "		1500 H.P.
Grúa marina estacionaria "WASHINGTON 57 "		
Estructura para fajina		36 x 36 M.
Ganguil chalán de vertido marino GL-95	GL-95	2000 TON
Ganguil chalán de vertido marino Don Jove-101		1500 TON.
Olla revolvedora marca Mipsa RG-51		1 SACO.
Olla revolvedora marca Mipsa s/n		1 SACO.
Grua American 9270 60-9		140 TON.
Moto grúa Link-Belt 60-8	CFN-8	140 TON.
Cargador frontal CFN-10	CFN-10	7.00 Yd3.



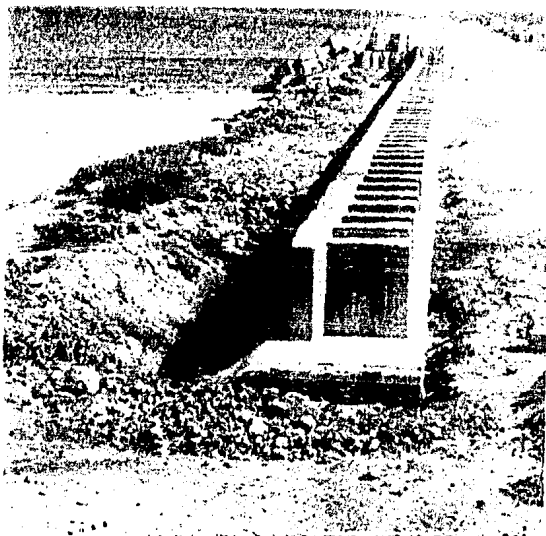
MANEJO DE CUBOS EN EL PATIO DE ALMACENAMIENTO



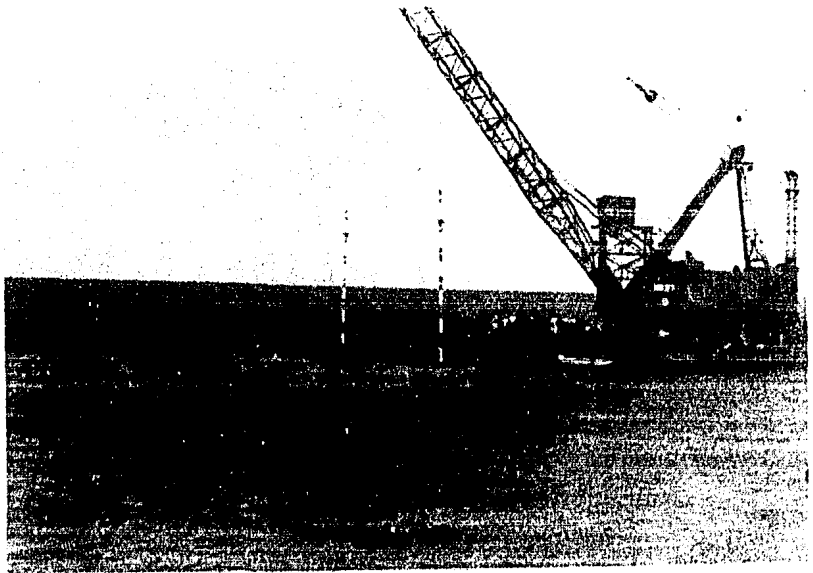
TRANSPORTE DE BLOQUES DEL PATIO DE ALMACENAMIENTO
AL ROMPEOLAS PONIENTE PARA SU COLOCACION DEFINITIVA.



EXCAVACION PARA EL DESPLANTE DEL ESPALDON



COLOCACION DE BLOQUES TIPO "T" EN EL ESPALDON.



GRUA MARINA ESTACIONARIA WASHINGTON 57.

C O N C L U S I O N E S

La construcción de la Terminal Marítima Dos Bocas como toda obra que implica un alto costo de construcción y un período de realización de varios años, no ha escapado a los efectos de la inestabilidad en el precio internacional del petróleo dado que es una obra a cargo de PEMEX, lo anterior ha provocado que la continuidad en su construcción haya sido interrumpida en varias ocasiones.

En cuanto al rompeolas Poniente, motivo de este trabajo, su construcción fué iniciada en marzo de 1981 e interrumpida posteriormente en agosto de 1982, más tarde fué reiniciada en septiembre de 1984, después de más de dos años de interrupción en los cuales la estructura se vió expuesta a varios " Nortes ", resultando seriamente dañada en la parte del morro provisional, a pesar de la protección que se le hizo al interrumpir su construcción.

Actualmente su construcción se encuentra interrumpida de nueva cuenta desde noviembre de 1985.

Como es lógico pensar, lo anterior ha originado grandes pérdidas económicas, ya que al reiniciarse la obra, algunos factores determinantes han sido modificados, como por ejemplo: La modificación de las líneas batimétricas y de la línea de costa, debido a la construcción tanto del mismo rompeolas Poniente como de del rompeolas Oriente, el cual se construye a 2 Kms. al oriente y que en conjunto formarán el Puerto Petrolero-Petroquímico.

En lo relativo al impacto ecológico que acarreará la construcción de una obra de este tipo es necesario señalar que al principio se dijo que no acarrearía ninguna consecuencia grave en ese aspecto. Sin embargo, tanto en su fase de cons

trucción como en la de operación, el potencial de efectos - adversos sobre la ecología de la zona es alto y comprende - una amplia y delicada porción del litoral tabasqueño.

Tales impactos se encuentran asociados a:

Movimientos masivos de tierra y materiales, descarga de sedimentos y otros desechos al Río Seco y al Sistema laguna, adyacente.

Alteraciones mayores en la vegetación y en los patrones naturales de la circulación del agua, ya muy perturbados por otras acciones humanas, producidas por la localización y - las técnicas de relleno empleadas en la construcción de las vías de acceso.

Modificación y alteración de playas.

Con el fin de reducir al mínimo tales efectos y amortiguar - el impacto producido por proyectos de este tipo en la zona, - se han implementado una serie de medidas tendientes a armonizar los objetivos del desarrollo nacional con los de carácter ecológico regional.

Las reflexiones que surgan en torno a problemas de este tipo, son útiles porque ilustran la necesidad de preveer las - implicaciones que acarrea en una determinada zona la construcción de una obra de esta naturaleza.

Por otra parte, es conveniente señalar la relevante participación de los Ingenieros Civiles en el desarrollo del proyecto multi-disciplinario de la Terminal Marítima, tanto en su fase constructiva, por tratarse de una obra preponderantemente civil, como en la fase de Ingeniería de Proyecto, en la -

que se tiene una intervención del 48% de horas-hombre estimados, contra un 52% global de las disciplinas restantes.

Es necesario también resaltar que aparte de los beneficios sociales y económicos que se logran al dotar al país de la infraestructura básica para la exportación de crudo y productos derivados, sobresale el avance técnico obtenido en las diversas ramas de la Ingeniería que participan en el desarrollo del proyecto, lo que permitirá en el futuro inmediato su aprovechamiento interno en los proyectos nacionales y el potencial de exportación de tecnología mexicana altamente capacitada.

B I B L I O G R A F I A

CONSTRUCCION DE ROMPEOLAS.- Kashiro Koshiro.
GENERAL MANAGER OVERSAS DIVISION. TOA HARBOR WORKS CO. LTD.

ESPECIFICACIONES COMPLEMENTARIAS PARA LA CONSTRUCCION DE -
ROMPEOLAS, ESCOLLERAS, ESPIGONEZ Y PEDRAPELENES.
Dirección General de Obras Marítimas, S.C.T.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCION DEL ROMPEOLAS
PONIENTE DE LA TERMINAL MARITIMA PETROLERA DE DOS BOCAS, TAB.
S.P.C.O. Pemex.

MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES.
HIDRAULICA MARITIMA.
C.F.E. Instituto de Investigaciones Eléctricas-Inst. de Ingeniería.

REVISTA INGENIERIA No. 1 - 1980.
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

"USO DE UNA FOSA DE PRUEBAS EN EL ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DE UN
CANAL DE ACCESO".
IV. Congreso Nal. de Hidráulica. Mérida Yuc. Méx. 1980.
Josue Cornejo.

NOTAS DEL CURSO " PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS PORTUARIAS ".
I.M.P. Dos Bocas, Tabasco. Feb. de 1985.
Instructor: Ing. Julio Pindter Vega.

NOTAS DEL CURSO " DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ROMPEOLAS "
I.M.P. Dos Bocas, Tab. Abril de 1985.
Instructores: Ing. Julio Pindter Vega.
Ing. Rolando de la Llata Romero.