

111  
291.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

OBRAS DE PROTECCION PARA UNA MARINA  
EN LA RIVERA NORTE DE LA BAHIA DE  
TODOS SANTOS EN ENSENADA, B.C.N.

T E S I S  
Que para obtener el titulo de  
INGENIERO CIVIL  
p r e s e n t a  
ALBERTO SANCHEZ JUAREZ



Director de Tesis: Ing. Miguel Morayta Martinez

México, D. F.

1997

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCIÓN  
OFICIO: 60-1-147/96

**ING. MIGUEL MORAYTA MARTINEZ**

Presente.

El señor **ALBERTO SANCHEZ JUAREZ** de la carrera de **INGENIERO CIVIL**, me ha solicitado designar al profesor que le señale Tema de Tesis para su Examen Profesional.

En atención a esa solicitud ruego a usted se sirva formular el Tema solicitado y enviarlo a esta Dirección para comunicarlo oficialmente al interesado.

Doy a usted de antemano las más cumplidas gracias por su atención y le reitero las seguridades de mi consideración más distinguida.

Atentamente,

**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cd. Universitaria, D. F., a 15 de noviembre de 1996.

EL DIRECTOR



ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLIS.

JMCS/GMP\*Imf.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-14796

Señor  
ALBERTO SANCHEZ JUAREZ  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. MIGUEL MORAYTA MARTINEZ**, que aprobo esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

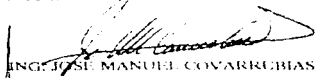
**"OBRAS DE PROTECCION PARA UNA MARINA EN LA RIVERA NORTE DE LA BAHIA DE TODOS SANTOS EN ENSENADA, B. C. N."**

	<b>INTRODUCCION</b>
<b>I.</b>	<b>DESCRIPCION DEL PROYECTO</b>
<b>II.</b>	<b>ESTUDIOS DEL SUBSUELO</b>
<b>III.</b>	<b>ELEMENTOS NATURALES</b>
<b>IV.</b>	<b>ANALISIS ESTADISTICOS DE OLEAJE</b>
<b>V.</b>	<b>TRANSPORTE DE SEDIMENTOS</b>
<b>VI.</b>	<b>DISEÑO DE LAS OBRAS DE PROTECCION</b>
<b>VII.</b>	<b>MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA MARINA</b>
<b>VIII.</b>	<b>MANEJO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL ROMPEOLAS DE LA MARINA EN LA ZONA DENOMINADA PLAYITAS</b>
<b>IX.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de esta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para ostentar Examen Profesional.

Afectuamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cul, Universidad a 18 de noviembre de 1996.  
EL DIRECTOR

  
ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLÍS

IMCS/GMP\*Imf

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA**

**POR BRINDARME UNA CARRERA PROFESIONAL  
TESORO INVALUABLE EN EL PORVENIR DE  
LOS AÑOS**

**A MI MADRE Y ESPOSA**

MARIA E.E. JUAREZ AGUILAR  
LYDIA AYALA CARRERA

POR SU APOYO Y CARÍÑO

**A MIS HERMANOS**

JOSE P. SANCHEZ JUAREZ  
CARLOS SANCHEZ JUAREZ

POR SU APOYO A LA REALIZACION  
DE ESTA META

**A LOS INGENIEROS**

MIGUEL MORAYTA MARTINEZ  
GILDO MEDINA VIDAURRI

POR SU COLABORACION Y  
ASESORAMIENTO

**A LOS PROFESORES**

QUE ME BRINDARON SUS  
CONOCIMIENTOS  
PARA MI FORMACION  
PROFESIONAL

**A LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES. DIRECCION DE OBRAS  
MARITIMAS.**

POR LA AYUDA PROPORCIONADA PARA LA  
ELABORACION DE ESTA TESIS.

## **TEMA DE TESIS**

### **Obras de Protección para una Marina en la Rivera Norte de la Bahía de Todos los Santos en Ensenada, B.C.N.**

## **INTRODUCCION**

### **CAPITULO 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

1.1 Localización geográfica del área .....	1
1.2 Descripción del proyecto .....	3
1.3 Estudios realizados .....	6

### **CAPITULO 2. ESTUDIOS DEL SUBSUELO**

2.1 Antecedentes .....	7
2.2 Exploración y Muestreo .....	8
2.3 Geología y tectónica del sitio .....	10
2.4 Estratigrafía y propiedades .....	13
2.5 Recomendaciones .....	16

### **CAPITULO 3. ELEMENTOS NATURALES**

3.1 Vientos .....	18
3.2 Corrientes .....	24
3.3 Mareas .....	31

### **CAPITULO 4. ANALISIS ESTADISTICO DE OLEAJE**

4.1 Interpretación de la Rosa de Oleaje .....	36
4.2 Análisis de Datos .....	39
4.3 Modelo de Refracción del Oleaje .....	54
4.4 Refracción de oleaje .....	57

## **CAPITULO 5. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS**

5.1 Régimen de la Costa .....	63
5.2 Distribución de Sedimentos .....	64
5.3 Análisis de Sedimentación en el Rompeolas del Puerto .....	71

## **CAPITULO 6. DISEÑO DE LAS OBRAS DE PROTECCION**

6.1 Diseño del Rompeolas .....	75
6.2 Diseño del Espigón Interior .....	81
6.3 Diseño del Muro de Contención .....	83

## **CAPITULO 7. MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA MARINA**

7.1 Descripción de la Estructura .....	87
7.2 Consideraciones de Diseño .....	91
7.3 Flotabilidad de los Pontones .....	96
7.4 Dimensionamiento de los Pilotes .....	99

## **CAPITULO 8. MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL DEL ROMPEOLAS DE LA MARINA EN LA ZONA DENOMINADA PLAYITAS**

8.1 Introducción .....	102
8.2 Justificación .....	103
8.3 Metodología .....	104
8.4 Conclusiones .....	107
8.5 Recomendaciones .....	108

## **CONCLUSIONES**

## **GLOSARIO DE TERMINOS**

## **BIBLIOGRAFIA**



## INTRODUCCION

El mar ha constituido en todas las épocas y para la gran mayoría de los pueblos, la principal vía de intercambios, pudiendo asegurarse que en muchos casos el acceso al mar fue determinante para la evolución económica y social de los pueblos.

En términos generales puede decirse que el mar como medio de comunicación y recreación ofrece grandes ventajas, pero para que sean debidamente aprovechadas como tales, debe antes contarse con una infraestructura que permita su utilización.

De acuerdo a esto, nuestro país pretende incidir favorablemente en su desarrollo económico y social con el aprovechamiento de Bahías, Ensenadas, Esteros, Lagunas, Litorales, Ríos navegables y los recursos naturales con que estos elementos cuentan.

Esto se refleja en la creación de programas de desarrollo portuario tanto industrial, comercial como turístico, en este último caso el mar constituye una de las mayores atracciones para vacacionar en donde se desarrollan variadas actividades tales como: buceo, veleo, pesca deportiva, regatas etc. ; es también conocido que una de las principales componentes de las economías de muchos países es la relativa al turismo haciéndose evidente la importancia del medio marítimo.

Se puede afirmar que en cada una de las partes en que se integra un puerto tiene injerencia el ingeniero civil, bien sea directa o indirectamente. Así por ejemplo para la navegación interviene en el dimensionamiento, proyecto, diseño y construcción de las estructuras de atraque, que permiten el transbordo de mercancías; es evidente su participación en la explotación de recursos ya que a manera general tiene que ver con el proyecto de instalaciones que permitan la obtención de ellas; de igual forma es imprescindible la presencia de la ingeniería civil para crear la infraestructura que permita realizar las actividades correspondientes a la creación de la población.

Obviamente la participación del ingeniero civil en el aprovechamiento marítimo, se da através de varias disciplinas como puede ser la Topografía, la Mecánica de Suelos, las estructuras y como parte preponderante, la Hidráulica Marítima y la Ingeniería Portuaria.

Todo puerto requiere de una serie de obras que pueden denominarse de infraestructura portuaria que no son directamente productivas, pero cuya presencia resulta indispensable para su correcto funcionamiento; obras tales como Rompeolas, Escolleras, Dragado, Espigones y canales; Así como a aquellas obras directamente productivas, como Muelles, Almacenes, Accesos Terrestres y Servicios en General.

Para un País como el nuestro que cuenta con cerca de 10,000 km. De costas y un gobierno empeñado en hacer del sector turístico un elemento generador del desarrollo económico, la Península de Baja California, por sus atractivos naturales, sea convertido en el polo de desarrollos turísticos más importante de la República Mexicana, además de su cercanía a los E.U.A. por vía aérea, terrestre y marítima.

El turismo que esta ligado al sistema náutico en la actualidad, esta compuesto por nacionales y extranjeros, los primeros son aquellos que poseen una embarcación en el lugar donde normalmente desarrollan sus actividades náuticas recreativas y los que llevan a remolque su embarcación en sus desplazamientos hacia sus centros de recreación y finalmente los que alquilan las embarcaciones en los diferentes destinos que cuenten con este servicio.

Los segundos son aquellos que llegan al País por mar en sus embarcaciones y realizan en una serie de recorridos por nuestros litorales, los que vienen en automóvil con su embarcación a remolqué y aquí también, los que alquilan las embarcaciones para realizar las actividades náuticas recreativas propias del lugar.

En cualquiera de los casos, los turistas y las embarcaciones, requieren de lo que hemos llamado un sistema náutico - recreativo, que consta de dos partes fundamentales: el primero, un subsistema de marinas, y el segundo de un subsistema de rutas de navegación recreativa; las marinas y las rutas de navegación se apoyan a su vez en los centros turísticos y recreativos que se localizan a lo largo de nuestros litorales.

## **CAPITULO 1. DESCRIPCION DEL PROYECTO**

### **1.1 LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL AREA**

La Bahía Todos Santos se localiza en la costa occidental de la Península de Baja California. Entre las latitudes  $31^{\circ} 41'$  y  $31^{\circ} 56'$  NORTE y las longitudes  $116^{\circ} 34'$  y  $115^{\circ} 51'$  OESTE. Los límites naturales, que le dan una forma trapezoidal son:

- a) Punta San Miguel, al norte
- b) las Islas de Todos Santos y
- c) Punta Banda, al sur

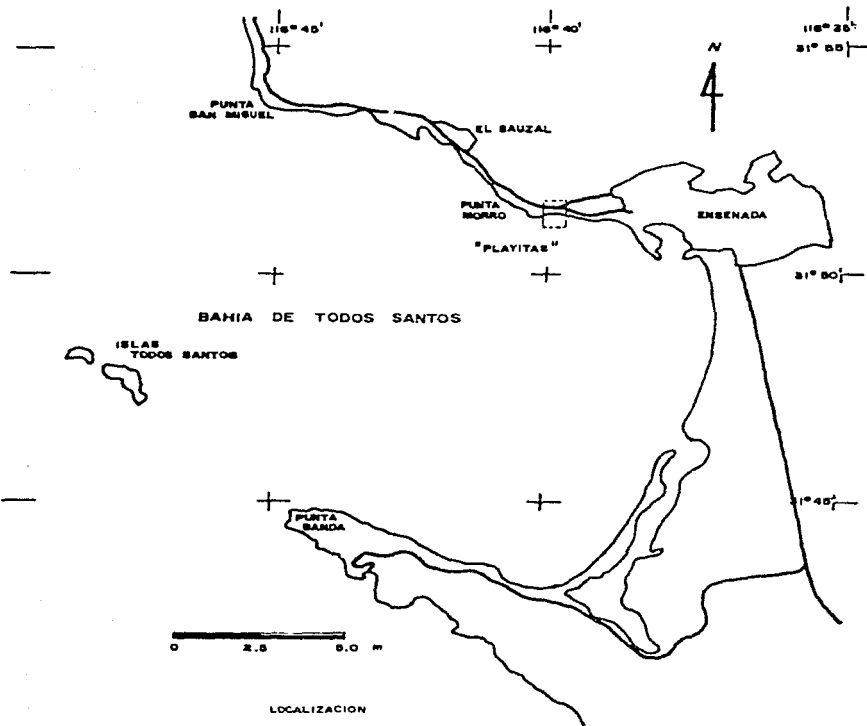
Las dos islas de Todos Santos están separadas por una canal con 250 metros de amplitud, y definen dos bocabahías que permiten una circulación continua de agua oceánica.

La línea de costa de la bahía consta de una ribera rocosa que comprende las puntas San Miguel y del Sauzal, Punta Morro y Punta Ensenada, con playas de "bolsillo" entre ellas.

La configuración batimétrica de la bahía es irregular. Los rasgos sobresalientes son:

- a) el bajo San Miguel con una profundidad mínima de 5.5 m., el cual se ubica entre punta San Miguel y las islas
- b) el bajo de punta Morro de aproximadamente 0.5 km. de longitud y
- c) una depresión submarina entre punta Banda y las islas, con profundidades hasta de 550 m.

El área conocida como Playitas es una pequeña playa ubicada aproximadamente en el kilómetro 103 de la carretera Tijuana - Ensenada, delimitada por una saliente de roca volcánica andesítica frente a Coronitas y una saliente al sur, frente a Quintas Papagayo. Su extensión es de aproximadamente 600 metros.



La línea de costa, está formada por una playa angosta constituida principalmente por cantos rodados al sur, y por arenas gruesas y limosas al norte, constituyendo la zona protegida de la playa. Esta está limitada hacia el continente por cantiles conformados por conglomerados de playa y sedimentos terrigenos limo-arcillosos.

La profundidad máxima en la boca de la ensenada es de 10 metros, siendo la profundidad promedio de 6.0 metros, con una configuración batimétrica muy irregular.

Cabe mencionar que en todo el litoral del norte de la Península de California no se cuenta con ninguna instalación de este tipo, y el puerto de Ensenada en la parte este del vaso, se ha habilitado para tal fin, pues la demanda es grande en época de regatas y en general durante todo el año.

El sitio denominado Playitas es una Ensenada, que en condiciones naturales mantiene una calma relativa y profundidad suficiente para el alojamiento de las instalaciones de una marina turística, pero para cumplir cabalmente con su objetivo se construirán obras de protección.

## **1.2 DESCRIPCION DEL PROYECTO**

La marina queda dentro de una dársena formada mediante la construcción de una escollera que cierra una ensenada natural protegiéndola contra los efectos del viento y del oleaje. La marina se compone de 6 peines principales más una zona de muelles de servicio.

**PEINE 1.-** comprende una zona para yates de 60 pies (18 m.) de eslora, otro para yates de hasta 40 pies (12 m.) y un espacio para el atraque de un megayate de 200 pies de eslora total.

**PEINE 2 -** comprende una zona para yates de 50 pies (15 m.) de eslora y el otro lado para yates de hasta 45 pies (14 m.) de eslora.

**PEINE 3.-** comprende un muelle para yates de 45 pies (14 m.) en ambos lados.

**PEINE 4 -** comprende un muelle para yates de 40 pies (12 m.) en ambos lados.

**PEINE 5.-** comprende una zona para yates de 35 pies (11 m.) y el otro lado para yates de hasta 30 pies (9 m.).

**PEINE 6.-** comprende un muelle para embarcaciones pequeñas de hasta 25 pies ( 8 m.)

**MUELLE DE SERVICIOS.-** aquí se encuentra la estación de servicios para combustibles (diesel y gasolina), así como una toma para descarga de aguas negras de los yates. También se cuenta con una rampa para botadura de yates con muelle de desembarco, así como un muelle especialmente diseñado para una grúa de pórtico (travelift) para sacar y meter yates del agua con una capacidad de hasta 100 toneladas.

Los muelles están constituidos por flotadores prefabricados de concreto ligero con un corazón de espuma de poliestireno de burbuja cerrada. Estos son unidos mediante una estructura de madera atomillada, formando los pasillos y peines mediante una combinación de diferentes anchos adecuados a la eslora del yate que van a servir.

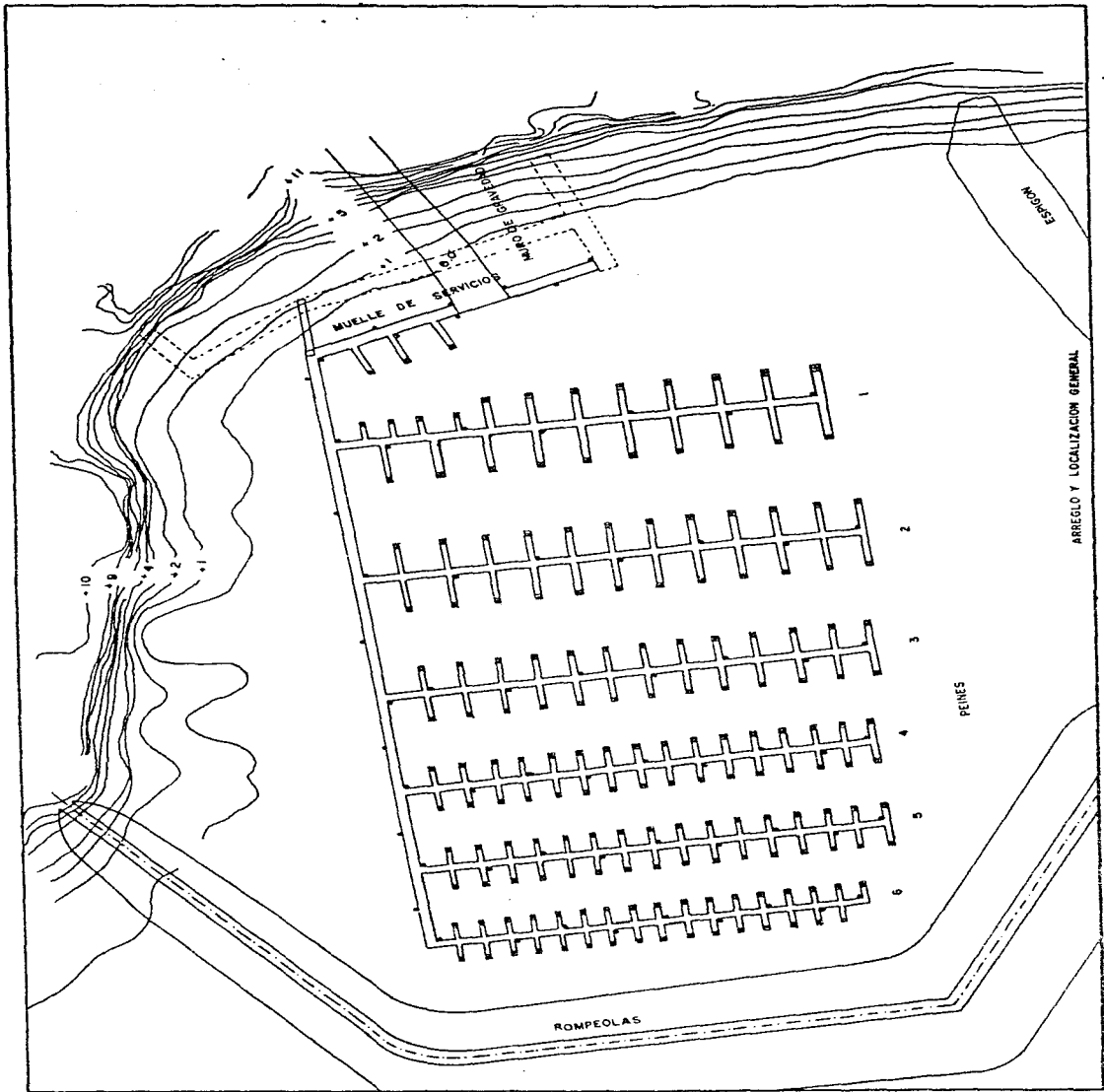
Con el objeto de amortiguar el golpe de las embarcaciones sobre los muelles y proteger la madera y los flotadores se instalara una defensa de hule a todo lo largo de la zona de contacto con los yates

Los ductos de instalación eléctrica, telefónica y cablevisión serán canalizados a través de ductos preinstalados dentro de los flotadores que forman el pasillo principal, ramificándose a los peines según las necesidades.

Las tuberías hidráulicas (agua y contra incendio) serán instaladas a los costados del mismo pasillo principal bajo la madera longitudinal que estructura los muelles flotantes

Se instalarán gabinetes contra incendio en cada uno de los peines.

Cada peine tendrá su acceso independiente, mediante una pasarela de aluminio de aproximadamente 9 metros de longitud resguardada por una puerta de control con llave electrónica



### **1.3 ESTUDIOS REALIZADOS**

Con el objeto de diseñar la cimentación de las diferentes obras en la dársena, se realizó un estudio de mecánica de suelos mediante equipo flotante que barrenó y estrajo muestras de los diferentes materiales que componen el subsuelo marino de esta zona, se analizaron las muestras y se determinaron los índices necesarios para el cálculo de resistencia a la penetración, capacidad de carga, etc.

Se efectuó un estudio batimétrico en la zona de la dársena con el objeto de determinar la necesidad de dragado y de relleno en las diferentes áreas de la marina.

En base a las estadísticas ocupacionales del estado de California, E. U. A., se procedió a determinar los tamaños de los yates que acuden a este tipo de marinas, con lo cual se sugirió la distribución de los diferentes tamaños en los peines. Con estas variables definidas, se dimensionaron los anchos de los accesos y de los muelles de acuerdo a las especificaciones señaladas en los reglamentos y las existentes en otros proyectos de similar calidad en marinas en México y el estado de California, E. U. A.

También se elaboraron estudios de impacto ambiental, así como estudios de oleaje, corrientes y sedimentación los cuales integran en gran parte la estructura del proyecto.



## **CAPITULO 2. ESTUDIOS DEL SUBSUELO**

### **2.1 ANTECEDENTES**

El presente estudio geotécnico se realizó dentro del área de la dársena que conformará la Terminal Turística Marítima denominada "Playitas", en la ciudad de Ensenada, B.C.

Dicho proyecto está localizado en la zona de la Playa Carioca a la altura del kilómetro 106 de la carretera Tijuana - Ensenada, sobre las coordenadas 31° 51' 50" latitud norte y 116° 39' 40" longitud oeste.

El desarrollo comprenderá desde los terrenos propiedad de Quintas Papagayo, Villas de Cortes y el terreno propiedad de este mismo proyecto donde se tiene proyectado construir un hotel.

En base a los anteproyectos preliminares proporcionados, se pretende construir una terminal marítima que contará con canales de navegación, zona de embarcaderos, andadores, estructura de rompeolas, muros de contención e instalaciones de servicios tales como suministro de combustibles, taller de reparaciones menores, botadero, etc.

La terminal comprenderá una dársena que ocupará en su totalidad una superficie de 229,469.59 metros cuadrados, con un desarrollo longitudinal y transversal de 450 metros dentro del mar.

El presente capítulo, presenta la información geológica del lugar, así como la estratigrafía obtenida por métodos indirectos y directos de exploración ejecutados en la zona, también incluye las conclusiones y recomendaciones geotécnicas hechas por los técnicos para la cimentación de las estructuras marinas y obras de protección.

Este estudio tiene la finalidad de conocer la estratigrafía y propiedades del fondo marino para determinar la factibilidad de utilizar pilotes hincados o colados en sitio, en la cimentación de los cabos de los muelles, que dentro de la estructura de los muelles flotantes reciben el nombre de pilotes guía

## 2.2 EXPLORACION Y MUESTREO

Para determinar las propiedades de un suelo en el laboratorio, es preciso contar con muestras representativas de dicho suelo. Un muestreo adecuado y representativo es de primordial importancia, pues tiene el mismo valor que el de los ensayos en sí. A menos que la muestra obtenida sea verdaderamente representativa de los materiales que se pretenden usar, cualquier análisis de la muestra sólo será aplicable a la propia muestra y no al material del cual procede.

De aquí la imperiosa necesidad de que el muestreo sea efectuado por personal conocedor de su trabajo. Las muestras pueden ser de dos tipos: alteradas o inalteradas, se dice que una muestra es alterada cuando no guarda las mismas condiciones que cuando se encontraba en el terreno de donde procede e inalteradas cuando la muestra guarda las mismas condiciones bajo las cuales se encontraba.

Para el caso de este estudio se realizaron exploraciones mediante dos métodos de muestreo que son el directo y el indirecto que a continuación se describen:

### **a) METODO DIRECTO**

Se realizaron exploraciones de los estratos expuestos a lo largo del litoral del sitio, obteniéndose las estratigrafías de los suelos y rocas existentes en el sitio.

Así mismo, mediante el empleo de una balsa y equipo, se investigó el fondo marino. La inspección se realizó bajo la dirección de un transepto, de aproximadamente 150 metros y cuyas coordenadas se representaron por puntos aplicándose la siguiente metodología: Por medio de boyas amarradas a un muerto, se colocaron señalamientos a lo largo de un transepto marcado en coordinación con el ingeniero topógrafo, se espaciaron las boyas aproximadamente cada 20 metros, siendo un total de seis.

Con este método se pudo observar que a lo largo de todo el transepto prevaleció el mismo tipo de fondo, siendo esté una combinación de cantos rodados (boleos), de tamaño variable, existiendo también rocas irregulares de aproximadamente 70 centímetros de longitud, encontrándose arenas depositadas en poca proporción junto con el canto rodado y a una distancia cerca de 10 metros del transepto y en dirección mar adentro, existen depósitos mayores de arena con formación ondulada.

## **b) METODO INDIRECTO.**

A fin de complementar la información del subsuelo en el fondo marino y en los alrededores de la dársena, se aplicó un método geofísico consistente en tres sondeos eléctricos verticales apoyándose en otro método geofísico llamado gravimétrico, dentro del método eléctrico la finalidad es la determinar las resistividades y espesores de las capas del subsuelo mediante mediciones efectuadas en la superficie

Para su realización se colocan cuatro electrodos a diferentes distancias previamente establecidas, en base a una constante geométrica, que obedece a las leyes de la electricidad y orientada en línea recta en base a las características morfológicas de la localidad de estudio.

Por medio de los electrodos externos "A" y "B" se emite corriente eléctrica al terreno, mientras que el segundo par de electrodos que son internos "M" y "N" se utilizan para medir la diferencia de potencial que se establece entre ellos como resultado del flujo de corriente generado, una vez realizado el trabajo de campo se procede al trabajo de gabinete y que consiste en la interpretación de los valores obtenidos mediante el uso combinado de los métodos, el de las curvas maestras de dos capas y punto auxiliar y el de programas de computación, de la combinación de ambos métodos se hace posible conocer el resultado de las exploraciones geofísicas.

De la correlación hecha entre los sondeos eléctricos, se identificaron 3 capas, la primera capa se manifiesta con un rango promedio de 0.48 metros a 4.6 metros y que corresponde a la capa del suelo compuesta por arcillo-areniscas con gránulos de grava, la subsecuente capa con mayor compactación presentó un rango de 21 a 23 metros y que corresponde a roca sedimentaria de matriz arcillo-arenosa y gránulos de grava de mediana a gruesa con clastos y finalmente la última capa se definió como un basamento de roca ígnea extrusiva y que se empieza a manifestar aproximadamente a los 22 y 25 metros de profundidad

### **b.1) METODO GRAVIMETRICO**

La gravimetría como la citan diversos autores es un método que utiliza las variaciones en el campo gravitacional de la tierra producida por distribuciones anómalas de densidad de las rocas.

Su principal utilidad se encuentra en la delimitación de cuencas sedimentarias, así como de localización de estructuras que involucren diferencias pronunciadas de densidad a nivel regional.

La ventaja de utilizar gravimetría, consiste en interpretar las condiciones topográficas del basamento basándose en los valores de las anomalías gravimétricas obtenidas, ya que a mayor profundidad del basamento, menor es la anomalía y al inverso, se obtienen valores de anomalías máximos cuando el basamento está más próximo a la superficie. Es por eso, que un mínimo gravimétrico está asociado a una cuenca sedimentaria o a un cuerpo de menor densidad con respecto al área circundante y cuando el basamento se encuentra a menor distancia de la superficie, se le asocia un máximo gravimétrico.

Los principales resultados de este método en el área de estudio fueron que las alta anomalías de esta área son producidas por el tipo de litología presente en dicha zona, ya que estos valores concuerdan con el afloramiento del basalto ígneo de la región. En cambio, en el sector NW, las anomalías son resultado del basamento más profundo, generando una cuenca que permitió el depósito de sedimentos que forman la cuenca sedimentaria del Sauzal, la cual está constituida principalmente por sedimentos marinos de la formación Rosario.

En resumen, a nivel regional el área de interés se encuentra rodeada por un ambiente ígneo extrusivo de composición ácida-intermedio y que se manifiesta en el relieve de la siguiente forma: al norte el cerro de la Trinidad con aproximadamente 240 m.s.n.m. y con posible riolita en la parte superior e infrayaciendo, aproximadamente de la cota 100 m. hasta el nivel medio del mar, la toba riolítica que también aflora hacia el este, lugar donde alcanza hasta 100 m.s.n.m que pertenece al cerro el Vigía y al oeste Punta Morro, en donde inclusive se manifiesta a lo largo del relieve costero

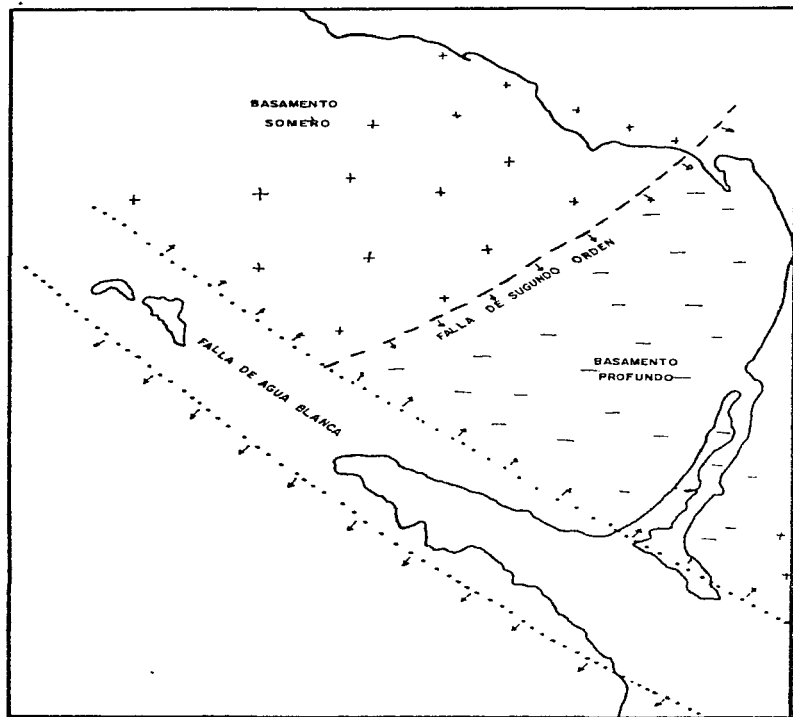
El ambiente descrito contiene una microcuenca hidrológica con un área de captación menor de 3 kilómetros con patrón fluvial dendrítico y que desemboca en Playitas en el margen oeste del predio de interés, aledaña a la boca del arroyuelo, en el margen este hay una terraza marina constituida por conglomerados que aflora a lo largo de la línea de costa.

### **2.3 GEOLOGIA Y TECTONICA DEL SITIO**

Las llanuras costeras de la península están cubiertas por rocas sedimentarias y volcánicas, en la superficie existen sedimentos variando desde el Pleistoceno de facie costera y continental a rocas clásticas marinas del Mioceno Cretácico y Jurásico.

De acuerdo con el informe geotécnico de exploración y la carta geológica de la S.P.P. (de Tijuana), para la zona de la marina, la roca existente es de tipo





FALLAS

ígneas extrusivas de composición ácida intermedia dentro de los períodos terciario superior Q(s) y cretácico superior K(Igea), denominada como Toba Riolítica, de color café oscuro a negro, de alta resistencia a la compresión.

La roca se halla cubierta por una capa de arenas arcillosas de baja plasticidad mezcladas con gravas y boleos pequeños que corresponden a depósitos de talud. En cuanto al tectonismo del sitio la Península es parte de un gran bloque que falló longitudinalmente por ambos lados y se inclinó hacia el Océano Pacífico.

El sitio está comprendido dentro de una serie de fallas, como son la "Falla de Agua Blanca", siendo la más importante para esta zona la falla del cañón de "Doña Petra" y el flanco Este del Cerro del Vigía. Dichas fallas deberán tomarse en cuenta para efectos de análisis y diseños estructurales. Como consecuencia a las fallas antes mencionadas existe toda una serie de fallas y fracturas de menor tamaño e importancia siendo muy probable el que exista un sistema que corra con rumbo azimutal de 70° de Este - Oeste es decir de Playitas hacia el cañón Valle Verde, con los antecedentes locales de alta sismicidad, es conveniente tomar las medidas preventivas ante un posible evento de este tipo y que se manifiestan más acentuadamente en las zonas relativamente débiles como podría ser el caso, por ejemplo del valle de San Fernando California, E.U.A. donde fallas identificadas como estables se reactivaron provocando grandes desastres.

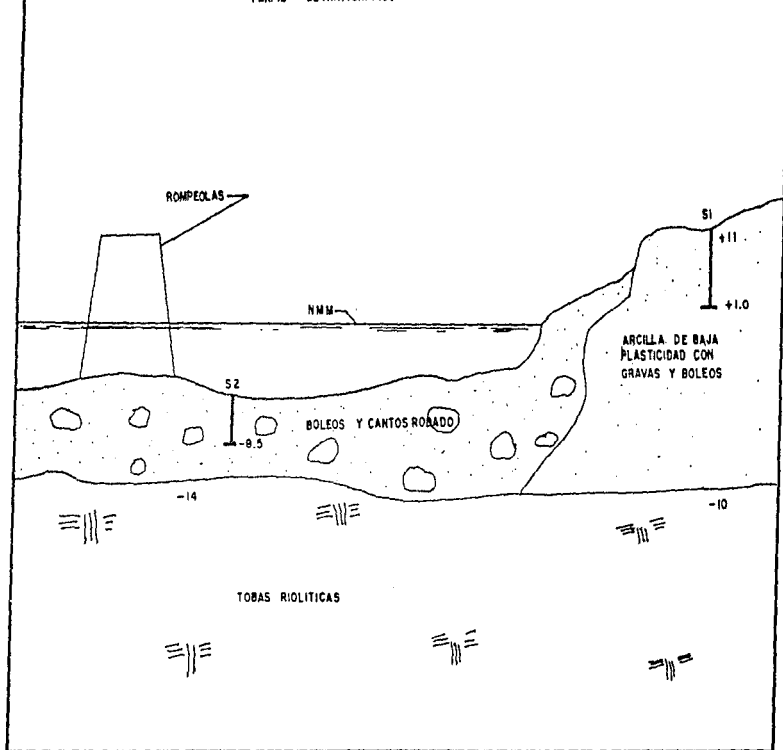
## 2.4 ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES

En base a la exploración de campo realizada se determinó que la estratigrafía de la zona está compuesta por una capa superficial de arcillas de baja plasticidad (CL), húmedas, mezcladas con arenas, gravas y boleos pequeños, de alta consistencia cuyo espesor del estrato varía desde los 22 metros en el norte hasta los 4 metros en la Villa de Cortez; Bajo este estrato se encuentra la roca ígnea extrusiva ácida, que corresponde a la toba riolítica de color café oscuro a negro, muy firme y de alta resistencia a la compresión, el espesor de esta capa no pudo ser determinado. El fondo marino está formado por depósitos de playa integrados por gravas, cantos rodados y boleos mayores de 50 centímetros, envueltos por arenas finas, sueltas, producto de desintegración de la roca, el espesor de este estrato varía desde los 4 metros en la zona cercana a los rompeolas y disminuye a 0.0 metros conforme se aproxima a la playa; cabe mencionar que bajo estos depósitos de playa, se detectó el estrato rocoso ya mencionado (ver perfiles estratigráficos).





PERFIL ESTRATIGRAFICO



## **2.5 RECOMENDACIONES**

1 ) Para el aprovechamiento de los suelos de la capa superficial que cubre a la roca, como material de relleno en respaldos de muros de contención y en cepas una vez construidas las cimentaciones, estos deberán estar libres de escombros, basura y boleos mayores de 4" de diámetro, antes de ser compactados al 95% de su peso volumétrico seco máximo de acuerdo al ensaye Proctor Modificada Variante "D".

2 ) Los terraplenes y rellenos que se requieran para alcanzar los niveles finales de proyecto en los andadores y accesos a la marina así como en las terrazas para las estaciones de servicio a los yates, deberán ser ejecutados con material de calidad adecuada cumpliendo con las normas vigentes de construcción; Se recomienda suelos tipo arenas limosas (SM), arenas arcillosas de baja plasticidad (SC), y arenas bien graduadas arcillosas (SW-SC), con un bajo contenido de finos y un valor relativo de soporte aceptable.

3 ) las compactaciones deberán hacerse en capas no mayores a 20 cm. al 95% mínimo en relación a su peso volumétrico seco máximo Proctor modificado y los desplantes deberán estar libres de arcillas y residuos vegetales.

4 ) Los taludes en terraplenes deberán tener una inclinación mínima de 1.5 : 1 , para alturas mayores a 5.0 metros y de 1 : 1 para alturas menores. Para taludes en corte, podrán usarse taludes de 1.5 : 1.

Para la cimentación de los pilotes, se recomienda que estos sean empotrados dentro del estrato de la roca con una longitud no menor a 3 veces el diámetro de dicho pilote, el tamaño de las perforaciones para empotrado deberá ser de 1 ½ veces el diámetro que tenga, el procedimiento para el anclaje dentro de la roca deberá hacerse, penetrando el estrato con una broca especial de punta de tungsteno hasta lograr los diámetros y profundidades requeridas, luego se insertarán en las perforaciones los pilotes previamente implementados con ductos para inyección de mortero formado con cemento resistente a sulfatos, mediante la inclusión de aire a presión hasta completar el cimiento del elemento.

Para los análisis y diseños estructurales de la cimentación de los pilotes, la roca (toba riolítica ), posee una capacidad de carga admisible de 75 kg./cm<sup>2</sup> y un peso volumétrico húmedo de 2900 kg./m<sup>3</sup> con un ángulo de fricción interna de 30°, por lo que en los proyectos podrá utilizarse este valor para el cálculo mínimo de los dimensionamientos especificados en los reglamentos.

En el caso de los elementos de retención, podrá considerarse un coeficiente de empuje pasivo de 3, para el esfuerzo efectivo lateral, un ángulo de fricción interna de  $28^\circ$  y un peso volumétrico húmedo igual a  $1800 \text{ kg./m}^3$ .

Puesto que la formación geológica contiene suelos que se erosionan fácilmente bajo la presencia de escurrimientos pluviales, es necesario crear un programa adecuado de drenajes superficiales que capten y encaucen estas aguas hacia las zonas bajas de la playa, para con ello asegurar que las propiedades de los suelos del lugar no se vean alterados por incremento de humedad y que los sedimentos arrastrados por las corrientes no se depositen en el área de la dársena.

## CAPITULO 3. ELEMENTOS NATURALES

### 3.1 VIENTOS

Se define al viento, en general, como el movimiento de las masas de aire; sin embargo, una definición aceptada técnicamente, apoyada en la meteorología, es: *corriente horizontal de aire que circula con relativa proximidad a la superficie terrestre.*

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

Atendiendo a su acción los vientos se clasifican en :

- a) *Constantes o Regulares* .- soplan en una dirección todo el año.
- b) *Periódicos*.- invierten su dirección con las estaciones del año o con el día y la noche
- c) *Irregulares*.- son los que carecen de periodicidad y soplan en una y otra dirección indiferentemente.

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

Los elementos que caracterizan al viento son tres : a) dirección en que sopla; b) intensidad o velocidad con que sopla; y c) frecuencia o número de veces que se presenta con determinadas características durante un lapso de tiempo cualquiera, utilizándose normalmente la hora, el día, el mes, estación o año.

a) **Dirección** - para definir la dirección se utiliza la denominada "Rosa de los Vientos", que no es más que un limbo circular que puede estar dividido en 4, 8, 16, y 32 partes. Es decir la dirección del viento es el punto cardinal de donde sopla; así por ejemplo, un viento norte es el que proviene del norte. Los puntos cardinales comúnmente empleados son ocho : N, NE, E, SE, S., SW, W y NW.

**b) Intensidad.** - Es la velocidad con que sopla y se expresa en unidades de longitud sobre las de tiempo ( m/seg., km./hr, nudos ); para su medición se utiliza la escala internacional llamada de *BEAUFORT* ( modificada ).

Aunque en relación con la intensidad de viento, cabe mencionar la clasificación utilizada en la meteorología y que es la siguiente :

<b><i>Perturbación Tropical</i></b>	son circulaciones débiles que se presentan en latitudes entre los 5° y 8°
<b><i>Depresión Tropical</i></b>	es una circulación sensiblemente cerrada de centro bien definido con velocidades máximas de 40 k.p.h.
<b><i>Tormenta Tropical</i></b>	forma nubosidades espesas y algunas perturbaciones se disipan al alcanzar esta clasificación, las velocidades aumentan fluctuando entre 60 y 120 k.p.h.
<b><i>Huracán</i></b>	este fenómeno alcanza velocidades de viento superiores a los 120 k.p.h.

Para obtener los elementos que caracterizan al viento se utiliza comúnmente el anemómetro y el anemógrafo; el anemómetro indica la velocidad y dirección del viento en forma simultánea, logrando tal objetivo por medio de un tacómetro, que se liga a través de un engranaje a un eje vertical en cuyo extremo superior tiene una serie de aspas cóncavas o copas adosadas a una cruceta ( los hay de 3 y 4 copas ); de igual forma, tiene una carátula en donde se puede ver directamente tanto la velocidad como la dirección del viento.

En lo que respecta al anemógrafo, este aparato cuenta adicionalmente con un mecanismo de graficación que imprime sus trazos en un papel graduado, que va colocado en un tambor que se desplaza mediante un mecanismo de relojería. La graduación vertical define la velocidad y la horizontal el tiempo.

Las fuentes típicas en nuestro país, donde se puede recopilar información de vientos son : Servicio Meteorológico Nacional y Servicios Especiales a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano.

En cuanto a la relación de la intensidad del viento y el estado del mar se hace alusión a la escala de Beaufort la cual relaciona la intensidad del viento con la condición del estado del mar, pareciendo en primera instancia que es una función unívoca, lo cual no es del todo cierto.

#### ESCALA DE BEAUFORT

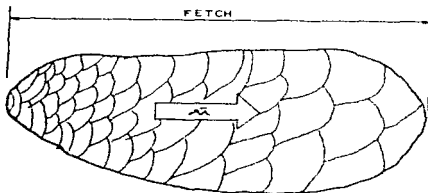
GRADO	NOMBRE	VELOCIDAD (M/SEG)	CONDICIONES DEL MAR
0	CALMA	0.0 - 0.2	mar llana
1	VENTOLINA	0.3 - 1.5	ondulación pequeña en la superficie, sin producción de espuma
2	FLOJITO	1.6 - 3.3	olas cortas y bajas que no rompen, mar rizada
3	FLOJO	3.4 - 5.4	oleaje que empieza a romper; poca espuma; mar lizada
4	BONANCIBLE	5.5 - 7.9	olas de poca altura pero de mayor longitud; borregos de espuma; marejadilla
5	FRESQUITO	8.0 - 10.7	se acentúa la longitud de las olas; generalización de borregos de espuma; esporádicamente rociones de espuma; marejada
6	FRESCO	10.8 - 13.8	se inicia la formación de grandes olas; que rompen; rociones de espuma al aire; mar gruesa
7	FRESCACHÓN	13.9 - 17.1	crece la mar; mar muy gruesa
8	DURO	17.2 - 20.7	olas de altura notable; las crestas despiden espuma pulverizada; mar arbolada
9	MUY DURO	20.8 - 24.4	olas muy grandes; balances pronunciados; la espuma empieza a afectar la visibilidad

CONTINUACION DE LA TABLA

10	TEMPORAL	24.5 - 28.4	olas considerables; mar blanca de espuma, balances fuertes
11	BORRASCA	28.5 - 32.6	olas extraordinariamente altas; visibilidad escasa a causa de la espuma
12	HURACAN	32.7 - 36.9	atmósfera y mar completamente llena de espuma; visibilidad casi nula

La mar levantada por viento, o "mar de viento", es en realidad una función creciente de tres variables; la fuerza o intensidad del viento, su persistencia y su "fetch".

El fetch es la extensión rectilínea sobre la que sopla un viento de dirección y fuerza teóricamente constante. Es decir, es una "zona de generación"; el fetch delimita su longitud en forma paralela a la dirección del viento, expresándose en kilómetros o millas y, para un viento dado, la altura del mar es creciente. En otras palabras, la altura del oleaje es mayor, para un viento dado, con fetchs largos que con fetchs cortos.



ZONA DE GENERACION

Internacionalmente se ha adoptado la escala de Douglas para definir el estado del mar, asociado a un nombre característico y correspondiendo a cada uno de los grados de la Beaufort.

ESCALA DE DOUGLAS

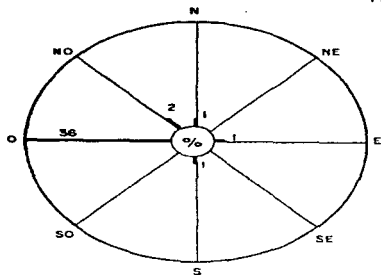
GRADO DOUGLAS	DENOMINACION	EQUIVALENCIA BEAUFORT	ALTURA DE OLA ( m )
0	Calma	0	0
1	Llana	1	0 - 0.1
2	Rizada	2	0.1 - 0.5
3	Marejadilla	3	
4	Marejada	4	0.5 - 1.25
5	Gruesa	5	1.25 - 2.50
6	Muy gruesa	6	2.50 - 4.00
7	Arbolada	7	4 - 6
8	Montañosa	8	
9	Confusa	9	6 - 9
		10	9 - 14
		11	más de 14
		12	

Ahora bien, para la zona de nuestro proyecto, encontramos que hay vientos dominantes del W y NW con una velocidad de 41 m/s, con una frecuencia mayor del oeste como se muestra más adelante en el diagrama o "Rosa de los Vientos". Estos datos tienen gran importancia ya que se deben de tomar en cuenta para el cálculo de algunos elementos estructurales que estarán sujetos directa o indirectamente a la acción del viento, en el caso de las estructuras de atraque, se deberán de ubicar de tal forma que los esfuerzos producidos por el viento sobre la estructura sean mínimos, es decir que los efectos de recargue o jaloneo de las embarcaciones debido al viento deben de ser las mínimas posibles.



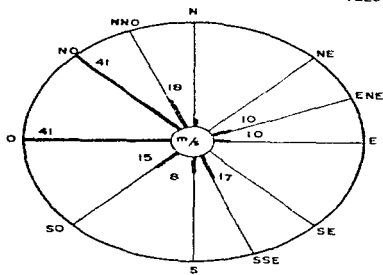
REINANTE

FRECUENCIA



DOMINANTE

VELOCIDAD



VIENTO

### **3.2 CORRIENTES**

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

La dirección de una corriente es el rumbo hacia el cual se dirigen, es decir, la forma de designar la dirección de una corriente es contraria a la que se utiliza en los vientos, ya que en éstos se considera de donde sopla y no hacia donde sopla. La velocidad de una corriente se expresa comúnmente en nudos, cuando se tratan aspectos relativos a la navegación o bien en m/seg.

Las corrientes para su estudio, se pueden dividir en cuatro apartados; corrientes oceánicas, corrientes inducidas por viento, corrientes por marea y corrientes en la costa producidas por oleaje. Aunque en relación a su ámbito también pueden clasificarse en corrientes locales y generales, en función de su área de influencia.

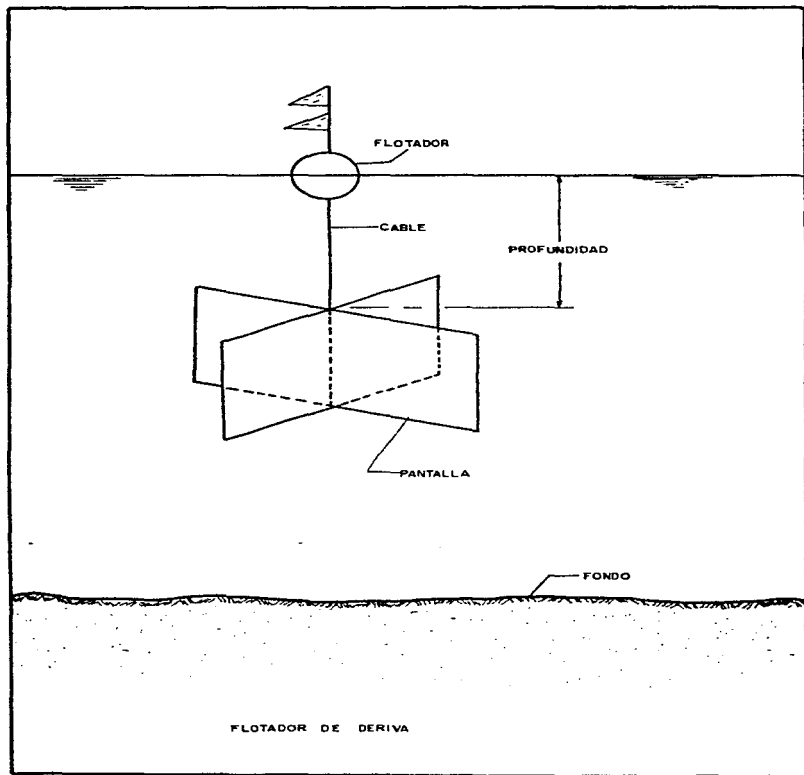
Para la medición de las corrientes marinas, se pueden emplear diferentes dispositivos y aparatos, uno de los más sencillos y a la vez más utilizado es el flotador de deriva, el cual permite conocer la velocidad de las corrientes a la profundidad deseada, así como la dirección o tendencia de la misma, para tal efecto, los flotadores una vez soltados en el agua se posicionan desde tierra a cada determinado tiempo, en base a puntos conocidos de una poligonal playera.

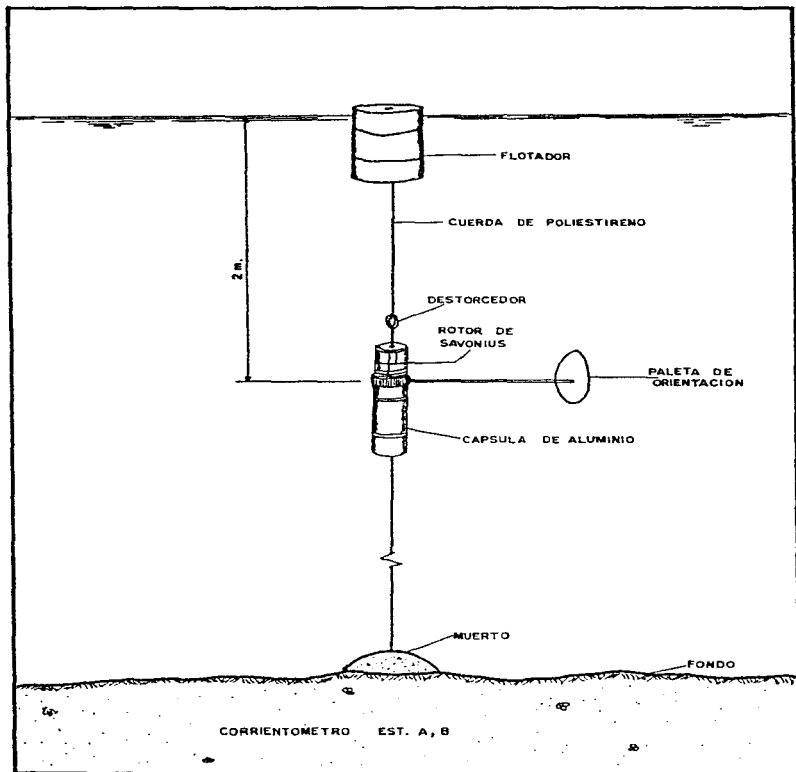
Los aparatos para medición se denominan corrientómetros y pueden ser de tipo mecánico o electrónico, estos aparatos se introducen al agua desde una lancha y registran la velocidad en base a una propela calibrada y un contador de revoluciones.

Existen otros corrientómetros más sofisticados, los cuales operan fondeados en el fondo del mar, recuperándose periódicamente el "cassette" en donde graban la información registrada de velocidad y dirección de las corrientes.

Para determinar las corrientes en la bahía de Todos Santos se empleó particularmente el muestreo a base de flotadores libres con cruz de deriva o con paracaídas y corrientómetros graficadores con rotor de Savonius.

Los flotadores libres están integrados por una parte flotante que sobresale de la superficie para fines de localización y otra parte sumergida a la profundidad a la que se requiera determinar la corriente, ambas partes están unidas por un tubo de acero galvanizado y un cable.





La porción sumergida debe presentar un área varias veces mayor que la porción flotante superficial para que el arrastre producido por la corriente por determinar sea la que domine sobre el arrastre que afecta la parte flotante ocasionado por la corriente superficial y el viento.

Las consideraciones teóricas sobre el funcionamiento de las cruces de deriva, están dadas por la resistencia que estas presentan al paso de un fluido en movimiento, según el principio de la hidrodinámica siguiente :

$$FD = CD \cdot A \cdot (\delta \cdot V^2) / 2$$

Donde :

FD - fuerza de resistencia, la cual se presenta opuesta a la velocidad de aproximación.

CD - coeficiente de resistencia.

A - área de proyección del cuerpo sumergido.

$\delta$  - densidad del flujo.

V - velocidad del flujo.

Para el diseño de las unidades utilizadas particularmente en este caso se tomaron las siguientes consideraciones :

La fuerza que actúa sobre el flotador superficial esta dada por :

$$FC = \frac{1}{2} \cdot CD \cdot AS \cdot \delta (V1 - Va)^2$$

y la fuerza que actúa sobre la cruz sumergida es :

$$FC = \frac{1}{2} \cdot CD \cdot AC \cdot \delta (Va - V2)^2$$

Donde :

CD - coeficiente de arrastre.

AS - área de la superficie proyectada del flotador superficial.

AC - área de la superficie proyectada de la cruz sumergida.

$\delta$  - densidad del flujo.

V1 - velocidad en la superficie.

V2 - velocidad en la región de la cruz sumergida.

Va - velocidad aparente en todo el sistema.

Para nuestros modelos los flotadores fueron de 50 x 50 x 15 cm., con su identificación y número de flotador, un grillete de 12.5 kg. como lastre para mantener vertical el mástil, una bandera de plástico anaranjado fluorescente de aproximadamente 50 x 50 cm. y una linterna coleman de un quemador colocada sobre el mástil para localización nocturna.

La cruz sumergida fue construida con dos piezas de tela de 2 x 2 m. unidas a lo largo de su línea media para formar la cruz con dos planos perpendiculares entre sí por medio de un armazón hecho de tubo galvanizado para sostener la tela, con un grillete de 5 kg. unido al armazón inferior para mantener tensa la tela y dar la mayor rigidez posible ; para el caso en el que el flotador y la cruz no estaban unidos por medio del mástil se ligaron por medio de una cuerda de nylon de 5 m., el flotador fue de 50 x 50 x 7 cm ; también se utilizaron paracaídas de 8 m. de diámetro en lugar de la cruz de deriva.

Los flotadores fueron lanzados desde una embarcación de 18 pies y la localización de los flotadores se hizo desde tierra por medio de dos tránsitos situados en dos puntos de triangulación, el personal de cada tránsito fue provisto de formas de registro, una unidad de radio y luces.

Para iniciar la localización de los flotadores se establece la comunicación por radio con el personal operativo de los tránsitos, midiendo los ángulos internos entre una línea de base y la visual entre cada tránsito y el flotador.

Durante las primeras observaciones se tomaron lecturas angulares cada 30 minutos y posteriormente cada 15 minutos, para cada período de observación se obtuvo el mareograma correspondiente registrado en el puerto de Ensenada, frente al sitio del proyecto, con el objeto de completar por lo menos un ciclo de marea; se instalaron dos corrientómetros graficadores modelo 6 con rotor de Savonius en los puntos A y B; ( ver figura ), de igual manera el viento se midió con un anemómetro haciendo observaciones cada 15 minutos para obtener el promedio de la intensidad y la dirección más frecuente.

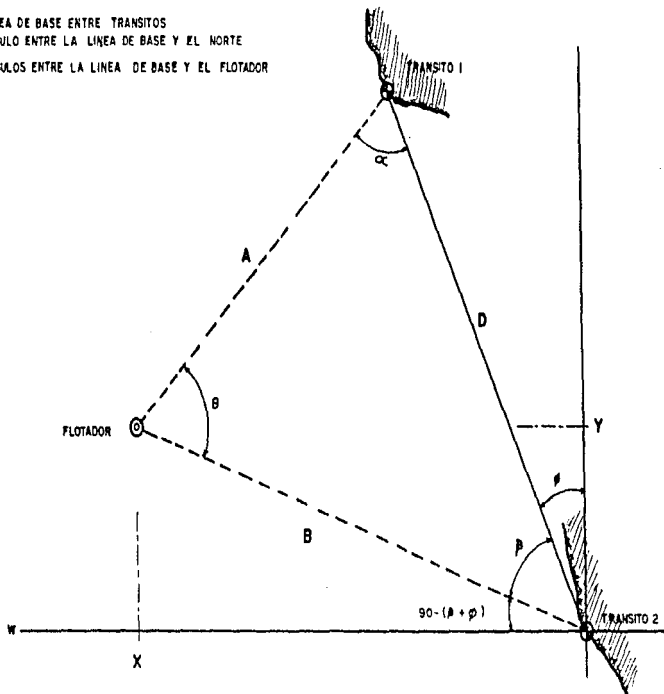
Las posiciones sucesivas de los flotadores fueron referidas al sistema de coordenadas cartesianas de las fórmulas siguientes .

$$\begin{aligned} X &= B \cos \gamma \\ y &= B \sin \gamma \end{aligned}$$

En las cuales :

$$B = D \sin \alpha / \sin \theta$$

D-LÍNEA DE BASE ENTRE TRANSITOS  
 $\alpha$ -ÁNGULO ENTRE LA LÍNEA DE BASE Y EL NORTE  
 $\beta$ -ÁNGULO ENTRE LA LÍNEA DE BASE Y EL FLOTADOR



LOCALIZACION DE LOS FLOTADORES

donde :

$$\theta = 180 - (\gamma + \beta)$$

$$\gamma = 90 - (\beta + \theta)$$

En algunos casos se presentaron valores negativos para el ángulo pero solo se consideró su valor absoluto para obtener los valores de seno y coseno.

Una vez obtenidas las coordenadas de la posición del flotador tomadas en cada intervalo de tiempo, se calcularon las componentes del desplazamiento en dirección de los ejes X y Y ( Este - Oeste, Norte - Sur ), con el cual se obtuvo la intensidad promedio de la corriente, en el intervalo de tiempo respectivo.

Las X positivas representan la corriente hacia el oeste y las negativas hacia el este similarmente las Y positivas representan la corriente al norte y las negativas al sur, el sentido del desplazamiento se dedujo observando la representación gráfica de las trayectorias descritas por los flotadores.

Las gráficas de los corrientómetros se leyeron para obtener la magnitud y dirección promedio de la corriente en intervalos de 30 minutos.

Del análisis de datos se obtuvo la siguiente tabla de resultados :

**CARACTERISTICAS DE LA CORRIENTE INDICADA OBTENIDA DE LA OBSERVACION DE TRES FLOTADORES.**

CARACTERISTICAS	FLOTADOR DE CRUZ	FLOTADOR 1 CON PARACAIDAS	FLOTADOR 2 CON PARACAIDAS
profundidad	0 a 15 m	0 a 7 m	a 30 m
velocidad.. promedio Vx: Vy :	21.5 cm/seg. -0.1 cm/seg.	13.9 cm/seg. -2.6cm/seg	-0.5 cm/seg. -4.0 cm/seg.
periodo de variación TX Ty	8.5 hrs. 6.0 hrs	6.0 hrs 12.5 hrs	7.5 hrs 9.5 hrs
amplitud de oscilación Ax Ay	0.4 min. 0.24 min.	0.17 min. 0.29 min.	0.05 min. 0.06 min.



En las mediciones con cruz de deriva las observaciones realizadas ponen de manifiesto una variación muy acentuada de la corriente superficial en 24 horas, esta corriente superficial constituye la corriente integrada en los dos metros superiores y se presentó con intensidad de 0 a 20 cm/seg. ( 0 a 4 nudos ).

La circulación del aire sobre la superficie del océano da lugar entre otros fenómenos a una corriente de deriva originada por el esfuerzo tangencial que ejerce el viento sobre el mar.

En la región de la bahía de Todos Santos, predomina el régimen de brisa con vientos del NW con intensidad promedio de 4 - 6 m/seg. ,predominando una corriente de 21.5 m/seg., aunque de las investigaciones hechas por el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de B.C., se registró en la región próxima al rompeolas del puerto una velocidad de corriente de 37 cm/seg. en dirección Sur - Este con velocidades de viento de 7 m/seg.

### 3.3 MAREAS

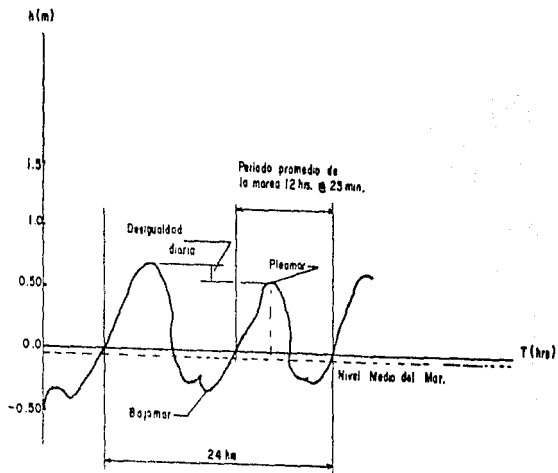
Cuando se trata de definir el concepto de mareas surgen varias preguntas pero en sí hay dos que son las más importantes que son :

- a) ¿ Qué es exactamente una marea ?
- b) ¿ Por que es importante tener conocimiento acerca de las mareas ?

contestar estas preguntas parecería muy simple pero para poder definir que es una marea se tendrían que analizar varios elementos que influyen para que este fenómeno se lleve a cabo, aunque podemos decir de forma parcial que una marea es la oscilación periódica del nivel del agua que se genera debido a la fuerza de atracción del sol, la luna y la tierra entre otras cosas.

De esta oscilación periódica del nivel del agua nace la importancia de tener conocimiento acerca de las mareas, por las siguientes razones :

- Reclamación de áreas costeras.
- Cierre o apertura de bocas.
- Problemas de seguridad estructural.
- Problemas de intrusión salina.
- Generación de energía.
- Transporte de sedimentos.



ONDA DE MAREA

Por ejemplo, las mareas en el Golfo de México son de tipo diurno o mixto-diurno (*amplitud media del orden de 0.45 m*), mientras que en el Pacífico Mexicano se encuentran mareas mixtas semidiurnas (*amplitud media de 1.10 a 1.60 m*), y en la zona del Golfo de California, aunque también son del tipo mixto semidiurno, sus amplitudes son del orden de 4 m.

Además del tipo de mareas anteriormente expuestas, existen otros dos tipos que son muy importantes: Marea de tormenta y Marea hidráulica, en el caso de marea de tormenta se define como el aumento (o disminución) del nivel del agua arriba (o abajo) del nivel esperado, debido a la acción del esfuerzo del viento sobre la superficie del agua.

La marea de tormenta suele ser muy importante en áreas costeras sujetas a vientos ciclónicos o huracanes, ya que pueden causar aumento o disminución de los niveles del agua.

En el caso de las mareas hidráulicas estas se definen como el efecto que se produce en la onda de marea al propagarse en un estrecho o en un golfo que se angosta en su extremo, un caso típico de ella es el fenómeno que ocurre en el Golfo de California, en donde la amplitud de la marea en la parte norte es bastante mayor que en la parte correspondiente con el Océano Pacífico.

La medición de las mareas, se pueden efectuar por medio de estaciones, cualquiera que sea su índole, se pueden clasificar en primarias y secundarias; las primarias cuentan con aparatos y/o instalaciones por un espacio de tiempo relativamente grande, mientras que las secundarias se instalan para cubrir necesidades específicas de algún proyecto de pequeña magnitud, siendo operadas durante corto tiempo.

Los instrumentos destinados a la medición de las ondas de marea, se clasifican en mareómetros y mareógrafos, los mareómetros son indicadores del tipo más común llamados "reglas de mareas", sin ningún mecanismo o dispositivo para realizar un registro automático de los niveles, por lo que es necesario que una persona efectúe las lecturas, en intervalos de tiempo fijados de acuerdo a las necesidades de estudio y del lugar, este tipo de reglas son graduadas y la escala queda en función de la variación máxima que la marea pueda tener, dichas graduaciones también se pueden hacer en los pilotes de algún muelle, algún macizo rocoso o en torres en el caso de instalarse en mar abierto.

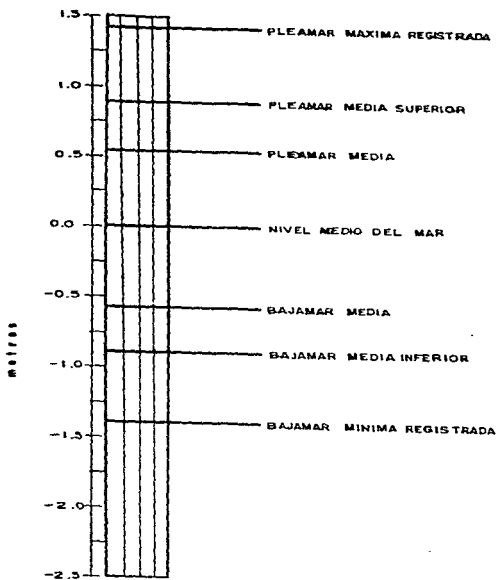
Por otra parte, los mareógrafos están constituidos por algún mecanismo o dispositivo, que permite obtener un registro constante de los niveles del agua para cualquier fase de la marea, los más utilizados son del tipo mecánico y eléctrico digital; en México los datos de mareas se obtienen del Servicio

Mareográfico Nacional el cual es operado desde 1952 por el Instituto de Geofísica de la UNAM. la cual publica unas tablas que contienen las horas a las que ocurren las pleamares y las bajamares, así como la altura de ellas en relación a un plano de referencia, de igual forma presenta la ubicación geográfica de las estaciones.

Cada uno de los niveles generados por las mareas son empleados para definir diferentes elevaciones en el proyecto de las obras marítimas; así por ejemplo, los planos de referencia en los proyectos en general suelen ser el N.B.M. ( Nivel de Bajamar Medio ) o N.B.M.I. ( Nivel de Bajamar Medio Inferior ), dependiendo del tipo de marea; las elevaciones de los muelles se determinara tomando en cuenta la pleamar con el barco descargado y la bajamar con el barco cargado; la elevación de la corona del núcleo de una escollera se asigna considerando la pleamar, de tal manera de que no se inunde.

En cuanto a la Bahía de Todos Santos, las observaciones comprenden intervalos de tiempo muy cortos para obtener datos cuantitativos confiables sobre el efecto de la marea.

Las intensidades máximas se observan desfasadas con la máxima altura de la marea por 2 o 3 horas aunque no todas llevan el mismo sentido del flujo, el rango de la marea en este caso fue de casi dos metros, mientras que en otros casos fue menor; haciendo una comparación de los datos obtenidos directamente de las observaciones en las cuales la amplitud de la marea fue de 1.5 a 1.9 m. y en promedio de 1.65 m., los datos que publica el Servicio Mareográfico Nacional, indican una amplitud máxima registrada de 1.5 m., se puede decir que los datos que se obtuvieron fueron buenos quedando la gráfica de mareas como sigue:



MAREAS

## CAPITULO 4. ANALISIS ESTADISTICO DE OLEAJE

### 4.1 INTERPRETACION DE LA ROSA DE OLEAJE

La manera más confiable que existe para conocer las características del oleaje para un sitio determinado; sería el realizar mediciones directas durante un lapso que se recomienda no sea menor de un año, para lo cual en la actualidad existen diferentes aparatos para su medición.

De esta forma podrían conocerse todas las variables que definirían al oleaje en el sitio en cuestión. Por ejemplo a partir de una muestra de un determinado número de olas se estaría en posibilidad de definir la altura significativa  $H_s$  si suponemos una muestra de nueve alturas de ola que, ordenadas de mayor a menor fueran:

$$\begin{array}{lllll} H_1 = 3.7 & H_2 = 3.5 & H_3 = 3.3 & H_4 = 3.1 & H_5 = 2.9 \\ H_6 = 2.9 & H_7 = 2.8 & H_8 = 2.7 & H_9 = 2.5 & \end{array}$$

Ya que el número de olas son nueve, entonces para  $H_{1/3}$  tenemos que :  
 $(1/n)(9) = (1/3)(9) = 3$

y como por definición, se deben de considerar las alturas de ola más grandes :

$$H_{1/3} = (3.7 + 3.5 + 3.3)/3 = 3.5m$$

Claro está que en este caso sería muy discutible la representatividad de una muestra tan pequeña.

Sin embargo, la medición directa casi nunca es posible realizarla, bien sea por motivos de orden económico o por la necesidad de contar con datos rápidamente, por lo que es común hacer uso de fuentes de información que definen las variables de oleaje en cuanto a periodo y altura como son la Ocean Wave Statistics y la Sea and Swell Charts.

En el caso de la Ocean Wave Statistics, esta fuente de información fue editada en 1967 por el Laboratorio Nacional de Física del Ministerio de Tecnología de la Gran Bretaña y contiene los datos estadísticos del oleaje, estimado visualmente por barcos voluntarios que navegaron en las rutas establecidas en todo el mundo durante los años de 1953 a 1961.

Los datos reportados por los observadores son : dirección, período y altura de ola, no haciendo ningún tipo de distinción entre oleaje local (sea) y el distante (Swell). De acuerdo a la captación de datos que se realizaron, la información se presenta agrupada en diferentes zonas.

Para el caso de la Sea and Swell Charts, la información se refiere a las publicaciones denominadas " Atlas of sea and Swell Charts " tanto del Noroeste del Océano Pacifico como del Norte del Océano Atlántico, ambas editadas por la U.S. Navy Oceanographic office, Washington, D.C., mismas que fueron procesadas por el departamento de Estudios y Laboratorios, de la Dirección General de Obras Marítimas, Organó descentralizado de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Los datos presentados por esta fuente, obedecen a observaciones visuales del estado del mar, realizadas desde embarcaciones durante un período de diez años; para su presentación el oleaje se agrupa en dos tipos :

Oleaje local (Sea).- olas generadas por vientos locales, mismos que generalmente son de períodos cortos, superficie irregular, y cambian rápidamente según cambie la dirección del viento generador.

Oleaje distante (Swell).- olas que han avanzado más allá de la influencia de los vientos generadores. Son más largas en período, de crestas redondeadas más uniformes, de mayor altura y su dirección es independiente de la dirección del viento.

Para este último caso su representación gráfica se hace por medio de gráficas llamadas "Rosa de Oleaje" la cual es una representación de la frecuencia mensual resultante de la acumulación de datos durante el período de observación.

Tanto el oleaje local como el distante, se dividen en tres rangos de altura de ola, las cuales aparecen en la siguiente tabla.

TIPO DE OLAJE	BAJO	MEDIO	ALTO
Local	0.30 - 0.90	0.90 - 2.40	> 2.40
Distante	0.30 - 1.82	1.82 - 3.65	> 3.65





## 4.2 ANALISIS DE DATOS

En relación con el oleaje, la determinación de sus características a largo plazo requiere realizar mediciones extensas y cuidadosas de dirección, longitud, altura y periodo de las olas a lo largo de varios años, para que la información obtenida sea confiable y los recursos invertidos proporcionen resultados suficientes para poder llevar a cabo predicciones a futuro con un grado aceptable de seguridad; estas mediciones serían objeto de una labor larga, continua y costosa, motivo por el cual se prefiere ejecutar un análisis de las fuentes estadísticas de oleaje existente.

Para la selección de las características del oleaje, tanto en frecuencia de incidencia como altura y periodo significantes, estas se obtuvieron de la fuente denominada " Sea and Swell " de cada mes, para la zona de la Bahía de Todos Santos, las cuales se presentan a continuación :

En base a las gráficas anteriores, se calculó la ola significativa distante para cada mes y a partir de estos datos se obtuvo la ola significativa para la dirección Noroeste que es la mayor incidencia dentro del rango medio y alto; las demás direcciones en su mayoría solo presentan incidencias dentro del rango bajo exclusivamente ( 0.30 - 1.82 ).

Procedimiento de cálculo para obtener la ola significativa.

a) se obtiene de la Rosa de Oleaje una tabla con las cantidades de las observaciones según el porcentaje de cada rango para cada dirección y su respectivo tiempo de acción, en este caso solo se hará para el oleaje distante por considerarse como el más crítico.

b) se calcula la altura de ola significativa del oleaje distante para la dirección más crítica ( Noroeste ) a partir de los siguientes parámetros y fórmulas:

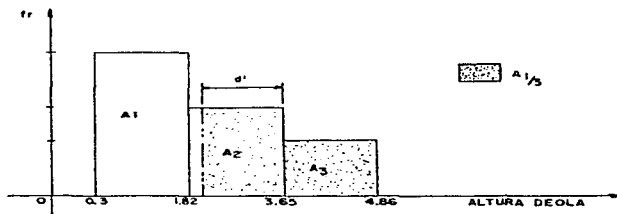
	RANGO DE CLASE (M)	PUNTO MEDIO DE CLASE	ANCHO DE CLASE (di)	FRECUENCIA DE CLASE (fi)	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA RELATIVA (fri)
B	0.30 - 1.82	1.06	1.52			
M	1.82 - 3.65	2.735	1.83			
A	3.65 - 4.06	4.255	1.21			

Frecuencia relativa (fri)  $f_{ri} = f_i / OBS_R$

Observaciones reales  $OBS_R =$  No de Observaciones - Calmas

La frecuencia de clase (fi) es el número de observaciones para cada rango en una dirección dada.

Apartir de los datos obtenidos en los incisos a y b, se construye un histograma de frecuencias contra altura de ola.



Del histograma anterior se calcula el área total que es igual a  $A_1 + A_2 + A_3$   
 $A_t = (d_1 \cdot fr_1) + (d_2 \cdot fr_2) + (d_3 \cdot fr_3)$

$$A_{1/3} = A_t/3, \quad A_3 < A_{1/3}, \quad A_3 + A_2 > A_{1/3}$$

Por lo tanto el tercio superior será igual al área del rango alto ( $A_3$ ), más una parte del área del rango medio ( $A_2$ ).

$$d' = (A_{1/3} - A_3) / fr_2$$

Tomando momentos de las áreas parciales que componen el tercio superior, se tiene:

$$\begin{aligned} \sum My &= H_{1/3} \cdot A_{1/3} = \sum Hi \cdot Ai \\ \sum Hi \cdot Ai &= (A_3 \cdot 4.255) + [(A_{1/3} - A_3) \cdot (3.65 - d'/2)] \end{aligned}$$

$$\therefore H_{1/3} = (\sum Hi \cdot Ai) / A_{1/3}$$

$$\text{El tiempo de acción } (T) = (\Theta \cdot \Omega) / (\Theta L + \Theta D)$$

donde:

$\Theta$  - número de observaciones en la dirección escogida

$\Omega$  - horas del mes que se analiza ( 30 días = 740 hrs. ,31 días = 744hrs.)

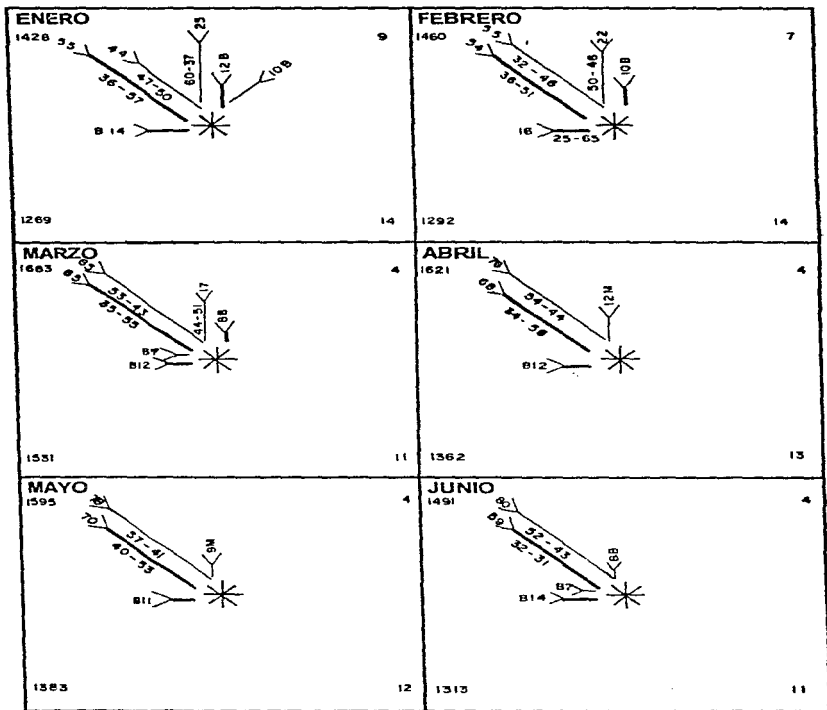
$\Theta L$  - número total de observaciones locales

$\Theta D$  - número total de observaciones distantes

En la mayoría de los casos este análisis se hace solo para el oleaje distante en la dirección mas critica, sobretodo cuando es originado por viento dado que las olas son de mayor altura, aunque en algunos casos puede ser importante el análisis para el oleaje local, para el cual se procede de la misma forma que para el oleaje distante.

c) Finalmente una vez obtenida la altura de ola significativa para cada mes, se calcula la ola significativa anual a partir de las olas significativas mensuales, el cual estará afectado por un factor de seguridad igual a 1.2; tal factor de seguridad puede variar de 1.2 a 1.5, según la importancia de la obra y de la precisión de los datos estadísticos obtenidos; al valor resultante lo denominaremos como altura de ola de diseño.

## ROSAS DE OLEAJE



<p><b>JULIO</b> 1390</p> <p>1238</p>	<p><b>AGOSTO</b> 1499</p> <p>1341</p>
<p><b>SEPTIEMBRE</b> 1455</p> <p>1292</p>	<p><b>OCTUBRE</b> 1626</p> <p>1390</p>
<p><b>NOVIEMBRE</b> 492</p> <p>1329</p>	<p><b>DICIEMBRE</b> 1404</p> <p>1260</p>

**INTERPRETACION  
DE LAS  
ROSAS DE OLEAJE**

### ENERO

DIRECCION	(%)	No. OBSERV.	RANGO (%)	No. OBS. POR RANGO	TIEMPO DE ACCION
N	12.0	152	B: 100.0 M: --- A: ---	158 --- ---	42.01 --- ---
NW	55.0	698	B: 57.0 M: 38.0 A: 5.0	398 265 35	109.75 73.16 9.63
W	14.0	177	B: 100.0 M: --- A: ---	177 --- ---	49.01 --- ---
CALMAS	14.0	177	---	---	49.01
OTROS	5.0	65	---	65	17.50
TOTAL	100.0	1269	---	1269	350.07

### FEBRERO

DIRECCION	(%)	No. OBSERV.	RANGO (%)	No. OBS. POR RANGO	TIEMPO DE ACCION
N	10.0	129	B: 100.0 M: --- A: ---	129 --- ---	31.50 --- ---
NW	54.0	698	B: 51.0 M: 36.0 A: 13.0	356 251 91	86.93 61.29 22.25
W	16.0	206	B: 65.0 M: 25.0 A: 10.0	134 51 21	32.72 12.45 5.13
CALMAS	14.0	181	---	181	44.20
OTROS	6.0	78	---	78	19.05
TOTAL	100.0	1292	---	1292	315.49



**MARZO**

DIRECCION	(%)	No. OBSERV.	RANGO (%)	No. OBS. POR RANGO	TIEMPO DE ACCION
N	8.0	123	B: 100.0 M: --- A: ---	123 --- ---	28.47 --- ---
NW	65.0	995	B: 55.0 M: 35.0 A: 10.0	547 349 99	126.62 80.79 22.92
W	12.0	184	B: 100.0 M: --- A: ---	184 --- ---	42.59 --- ---
CALMAS	11.0	168	---	168	38.89
OTROS	4.0	61	---	61	14.12
TOTAL	100.0	1531	---	1531	354.41

**ABRIL**

DIRECCION	(%)	No. OBSERV.	RANGO (%)	No. OBS. POR RANGO	TIEMPO DE ACCION
N			B: --- M: --- A: ---	--- --- ---	--- --- ---
NW	68.0	926	B: 58.0 M: 34.0 A: 8.0	537 315 74	129.61 76.03 17.86
W	12.0	164	B: 100.0 M: --- A: ---	164 --- ---	39.58 --- ---
CALMAS	13.0	177	---	177	42.72
OTROS	7.0	95	---	95	22.93
TOTAL	100.0	1362	---	1269	328.74

**MAYO**

DIRECCION	(%)	No. OBSERV.	RANGO (%)	No. OBS. POR RANGO	TIEMPO DE ACCION
N			B:— M:— A:—	— — —	— — —
NW	70.0	968	B: 53.0 M: 40.0 A: 7.0	513 387 68	128.16 96.69 16.99
W			B:— M:— A:—	— — —	— — —
CALMAS	12.0	166	—	166	41.47
OTROS	18.0	249	—	249	62.21
TOTAL	100.0	1383	—	1383	345.52

**JUNIO**

DIRECCION	(%)	No. OBSERV.	RANGO (%)	No. OBS. POR RANGO	TIEMPO DE ACCION
N	8.0	105	B: 100.0 M: — A: —	105 — —	26.96 — —
NW	59.0	775	B: 31.0 M: 32.0 A: 37.0	240 248 287	61.63 63.65 73.69
W	14.0	184	B: 100.0 M: — A: —	184 — —	47.25 — —
CALMAS	11.0	144	—	144	36.98
OTROS	8.0	105	—	105	26.96
TOTAL	100.0	1313	—	1312	337.15

## JULIO

DIRECCION	(%)	No. OBSERV.	RANGO (%)	No. OBS. POR RANGO	TIEMPO DE ACCION
N	8.0	100	B: 100.0 M: — A: —	100 — —	28.29 — —
NW	57.0	705	B: 72.0 M: 24.0 A: 4.0	507 169 29	143.43 47.81 8.20
W	16.0	198	B: 87.0 M: 12.0 A: 1.0	172 23 3	48.66 6.51 0.85
CALMAS	13.0	161	—	161	45.55
OTROS	6.0	74	—	74	20.93
TOTAL	100.0	1238	—	1238	350.22

## AGOSTO

DIRECCION	(%)	No. OBSERV.	RANGO (%)	No. OBS. POR RANGO	TIEMPO DE ACCION
N			B: — M: — A: —	— — —	— — —
NW	56.0	751	B: 72.0 M: 27.0 A: 1.0	540 203 8	141.46 53.18 2.10
W	14.0	188	B: 100.0 M: — A: —	188 — —	49.25 — —
CALMAS	14.0	188	—	188	49.25
OTROS	16.0	214	—	214	56.06
TOTAL	100.0	1341	—	1341	351.30

**SEPTIEMBRE**

DIRECCION	(%)	No. OBSERV.	RANGO (%)	No. OBS. POR RANGO	TIEMPO DE ACCION
N			B: --- M: --- A: ---	--- --- ---	--- --- ---
NW	55.0	711	B: 66.0 M: 32.0 A: 2.0	469 228 14	122.93 59.76 3.67
W	13.0	168	B: 100.0 M: --- A: ---	168 --- ---	44.03 --- ---
CALMAS	13.0	168	---	168	44.03
OTROS	19.0	245	---	245	64.22
TOTAL	100.0	1292	---	1292	338.64

**OCTUBRE**

DIRECCION	(%)	No. OBSERV.	RANGO (%)	No. OBS. POR RANGO	TIEMPO DE ACCION
N	7.0	97	B: 100.0 M: --- A: ---	97 --- ---	23.93 --- ---
NW	62.0	862	B: 62.0 M: 31.0 A: 7.0	534 267 61	131.73 65.86 15.05
W			B: --- M: --- A: ---	--- --- ---	--- --- ---
CALMAS	14.0	195	---	195	48.10
OTROS	17.0	236	---	236	58.22
TOTAL	100.0	1390	---	1390	342.89

### NOVIEMBRE

DIRECCION	(%)	No. OBSERV.	RANGO (%)	No. OBS. POR RANGO	TIEMPO DE ACCION
N	10	133	B: 100.0 M: --- A: ---	133 --- ---	52.59 --- ---
NW	60	797	B: 66.0 M: 28.0 A: 6.0	526 223 48	207.97 88.17 18.98
W	11	146	B: 100.0 M: --- A: ---	146 --- ---	57.73 --- ---
CALMAS	14.0	186	---	---	73.54
OTROS	5.0	67	---	---	26.49
<b>TOTAL</b>	<b>100.0</b>	<b>1329</b>	<b>---</b>	<b>1329</b>	<b>525.47</b>

### DICIEMBRE

DIRECCION	(%)	No. OBSERV.	RANGO (%)	No. OBS. POR RANGO	TIEMPO DE ACCION
N	9	113	B: 100.0 M: --- A: ---	113 --- ---	31.56 --- ---
NW	55	693	B: 61.0 M: 26.0 A: 13.0	422 181 90	117.86 50.55 25.14
W	16	202	B: 69.0 M: 22.0 A: 9.0	139 45 18	38.82 12.57 5.03
CALMAS	12	152	---	152	42.45
OTROS	8	100	---	100	27.93
<b>TOTAL</b>	<b>100.0</b>	<b>1260</b>	<b>---</b>	<b>1260</b>	<b>351.89</b>

TABLA DE RESULTADOS

MES	RANGO	n	n ACUM	n RELAT.	AREA	AREA ACUM.	A.A./3	d'	H1/3
ENE.	B	398	398	0.3968	0.6031	0.6031	0.2010	1.2638	3.16
	M	265	663	0.2646	0.4842	1.0873	1.0873		
	A	35	698	0.0348	0.0421	1.1294	0.3765		
FEB.	B	356	356	0.3204	0.4870	0.4870	0.1623	1.0363	3.50
	M	251	607	0.2259	0.4134	0.9004	0.3001		
	A	91	698	0.0819	0.0991	0.9995	0.3332		
MAR.	B	547	547	0.4013	0.6100	0.6100	0.2033	1.1753	3.33
	M	349	896	0.2561	0.4687	1.0787	0.3596		
	A	99	995	0.0726	0.0878	1.1667	0.3888		
ABRIL	B	537	537	0.4532	0.6889	0.6889	0.2296	1.2844	3.23
	M	315	852	0.2658	0.4864	1.1753	0.3918		
	A	74	926	0.0624	0.0755	1.2508	0.4169		
MAYO	B	513	513	0.4215	0.6407	0.6407	0.2136	1.1390	3.27
	M	387	900	0.3180	0.5819	1.2226	0.4075		
	A	68	968	0.0559	0.0676	1.2902	0.4301		
JUNIO	B	240	240	0.2053	0.3121	0.3121	0.1040	0.1664	4.20
	M	248	488	0.2121	0.381	0.7002	0.2334		
	A	287	775	0.2455	0.2971	0.9973	0.3324		
JULIO	B	507	507	0.4708	0.7156	0.7156	0.2385	1.9924	2.80
	M	169	676	0.1569	0.2871	1.0027	0.3342		
	A	29	705	0.0269	0.0325	1.0352	0.3451		
AGO.	B	540	540	0.4683	0.7118	0.7112	0.2373	1.9262	2.72
	M	203	743	0.1761	0.3223	1.0341	0.3447		
	A	8	751	0.0069	0.0083	1.0424	0.3475		
SEPT.	B	469	469	0.4173	0.6343	0.6343	0.2114	1.6031	2.90
	M	228	697	0.2028	0.3711	1.0054	0.3351		
	A	14	711	0.0125	0.0151	1.0205	0.3402		

CONTINUACION DE TABLA DE LA TABLA DE RESULTADOS

OCT.	B	534	534	0.4469	0.6793	0.6793	0.2264	1.4396	3.14
	M	267	801	0.2234	0.4088	1.0881	0.3627		
	A	61	862	0.0510	0.0617	1.1498	0.3833		
NOV.	B	526	526	0.4602	0.6995	0.6995	0.2332	1.6315	3.03
	M	223	749	0.1951	0.3570	1.0565	0.3522		
	A	48	797	0.0420	0.0508	1.1073	0.3691		
DIC.	B	422	422	0.3809	0.5790	0.5790	0.1930	1.3898	3.35
	M	181	603	0.1634	0.2990	0.8780	0.2927		
	A	90	693	0.0812	0.0983	0.9763	0.3254		

De acuerdo con la tabla anterior y la formula  $(1/n)(N) =$  al numero de olas significativas que se deben tomar que son:  $(1/3)(12) = 4$  olas significativas de mayor altura que son:

Junio.....  $H_{1/3} = 4.20$  m  
 Febrero.....  $H_{1/3} = 3.50$  m  
 Diciembre.....  $H_{1/3} = 3.35$  m  
 Marzo.....  $H_{1/3} = 3.33$  m

De ahí que la ola significativa de diseño será igual al promedio de las olas anteriores:  $(4.20 + 3.5 + 3.35 + 3.33) / 3 = 3.60$  m que afectado por un factor de seguridad de 1.50 se tiene finalmente una altura de ola de 5.39 m.

Para definir las características restantes de la ola significativa se tomó el criterio de definir la altura de ola en aguas profundas de acuerdo a la velocidad del viento, de su duración y de la máxima distancia sobre la cual el viento puede actuar sin perturbaciones topográficas (fetch). De acuerdo a lo anterior se presenta el siguiente cuadro que muestra las características del oleaje en aguas profundas para diferentes velocidades de viento, según la referencia: R.C. Minikin, "Winds, Waves and Maritime Structures; Studies in Harbor Marking and Inthe Protection of Coasts".

El cuadro de referencia es una recopilación de datos que se han estado registrando en diferentes zonas y en los cuales se ha encontrado una relación entre la velocidad del viento y la altura de ola que se origina en aguas profundas y se utiliza como un elemento comparativo a los cálculos realizados

**TABLA DE VELOCIDAD DE VIENTO - OLEAJE**

<b>VELOCIDAD DE VIENTO (Km/h)</b>	<b>ALTURA DE OLA (m)</b>	<b>LONGITUD DE OLA (m)</b>	<b>PERIODO DE OLA (seg.)</b>
43	5.3	80	7.2
56	6.6	123	8.9
68	7.9	175	10.6
80	9.4	248	12.6
95	11.4	360	15.2
109	13.7	525	18.3

De acuerdo a los datos estadísticos anteriores, si tomamos un periodo de ola de 7 segundos tendremos una altura de ola significativa de 5.3 metros que coincide con la altura de ola calculada (5.39 m), la cual afectada por su coeficiente de refracción para el sitio en estudio (0.83), nos da una altura de ola significativa promedio de 4.5 m. Tal altura se usará para definir el diseño de la sección del rompeolas

$$H_d = 4.5 \text{ m}$$

#### **4.3 MODELO DE REFRACCION DEL OLEAJE**

Estableciendo una analogía, entre la refracción de un haz de luz incidiendo sobre un cuerpo provocando una disminución en la velocidad de la misma, y el viaje de la ola en la costa; donde la ola, de igual manera, disminuye su velocidad junto con la profundidad. De aquí se parte de la creación de una serie de supuestos que permiten la elaboración de una aproximación numérica y por ende la elaboración del modelo, estos son :

- 1.- La energía restante, entre las ortogonales (líneas perpendiculares a las crestas de las olas y extendidas hacia la dirección de avance) es constante.
- 2.- La dirección de avance de la cresta de la onda es perpendicular a la cresta de la ola.
- 3.- La velocidad de una onda en un periodo dado es función de la profundidad de una localidad en particular.



- 4.- Los cambios en la topografía son graduales, y dependientes de la longitud de onda.
- 5.- Las ondas son de cresta grande, periodo constante, amplitud pequeña y monocromáticas.
- 6.- Por último los efectos por corriente, viento y reflexión de las playas, y la topografía de aguas subterráneas es ignorada.

De esta manera se inicia la descripción del modelo de refracción por batimetría; las regiones en donde la profundidad es mayor a la mitad de la longitud de onda, la refracción por batimetría no es significativa. Cuando la profundidad está entre la mitad y un cuarto de la longitud de onda se les considera aguas transicionales, así las que superan dichos intervalos se consideran profundas y pueden someterse a este modelo. En las aguas transicionales, la velocidad de la onda "Co" debe ser calculada a partir de la ecuación siguiente :

$$C_o^2 = (gL/2\pi)\tanh(2\pi d/L)$$

En donde la tangente hiperbólica es igual a 1. En aguas someras la tangente hiperbólica tiende a igualar al término en el argumento y la ecuación anterior se reduce a la siguiente :

$$C^2 = gd$$

ambas ecuaciones muestran la dependencia de la velocidad de la onda con la profundidad. Para una primera aproximación, la energía total en ondas por unidad del ancho de cresta puede escribirse como:

$$E = (\rho H^3 L)/8$$

se ha notado que no toda la energía de la onda E es transmitida hacia adelante con la onda; solamente la mitad es transmitida hacia adelante en las aguas profundas. La cantidad de energía transmitida hacia adelante por una onda dada resulta cercanamente constante conforme la onda se mueve del agua profunda hacia la línea de rompiente, si se ignora la disipación de la energía debida a la fricción del fondo, transmisión y la energía de la onda refractada

En los análisis de refracción, se supone que el avance de una onda hacia la costa, no existe un flujo de energía lateral a lo largo de la cresta de la onda, por ejemplo: el resultado de la energía transmitida es constante entre las ortogonales.

En aguas profundas, la energía transmitida hacia y a través del plano entre dos ortogonales adyacentes (promedio del flujo de energía) es:

$$P_o = \frac{1}{2} \rho b o E_o C_o$$

En donde: **b** es la distancia entre las ortogonales seleccionadas en aguas profundas, el subíndice **o** siempre se refiere a las condiciones en aguas profundas. La potencia de la ola puede representarse como la energía transmitida hacia y entre las mismas dos ortogonales en aguas someras:

$$P = nbEC$$

donde: **b** es el espacio entre las ortogonales en aguas someras. Por lo tanto la relación entre la energía en aguas profundas y someras expresadas en función de la altura de oleaje queda como:

$$H/H_o = \sqrt{\frac{1}{2}} (\sqrt{1/n}) (C_o/C) \sqrt{(b_o/b)}$$

el término bajo la primer raíz es conocido como el coeficiente de someramiento  $K_s$ , o como  $H/H_o$ , este coeficiente esta en función de la longitud de onda  $\lambda$  o la profundidad del agua.

Esta ecuación permite la determinación de la altura de la ola transicional o de aguas someras conociendo la altura de la ola en aguas profundas, cuando el espacio relativo entre las ortogonales puede ser determinado. La raíz cuadrada de este espaciamiento relativo  $\sqrt{b_o/b}$  es el coeficiente de refracción  $K_R$ .

Existen varios métodos para la construcción de diagramas de refracción, pero básicamente consisten en el trazo de sucesivas crestas de olas, esto permite construir ortogonales y también nos permite saber el ángulo con que las olas de aguas profundas arriban a la costa.

El cambio en la dirección de la ortogonal puede ser aproximado por la siguiente fórmula:

$$\text{sen } \alpha_2 = (C_2/C_1) \text{sen } \alpha_1 \quad (\text{Ley de Snell})$$

en donde:  $\alpha_1$  es el ángulo de la cresta (perpendicular a la ortogonal), tomado cuando la ola pasa por arriba de cierta profundidad;  $\alpha_2$  es el ángulo similar medido sobre el siguiente contorno;  $C_1$  es la velocidad de la ola a la profundidad del primer contorno y  $C_2$  es la velocidad de la ola a la profundidad del segundo contorno.

Para este caso, se construyó un diagrama de ortogonales en abanico para obtener las direcciones de aproximación del oleaje que pudiera entrar a Playitas, se seleccionó este método ya que es el que se recomienda, cuando la costa presenta un área semiprottegida por una punta saliente ( CERC, 1994 ).

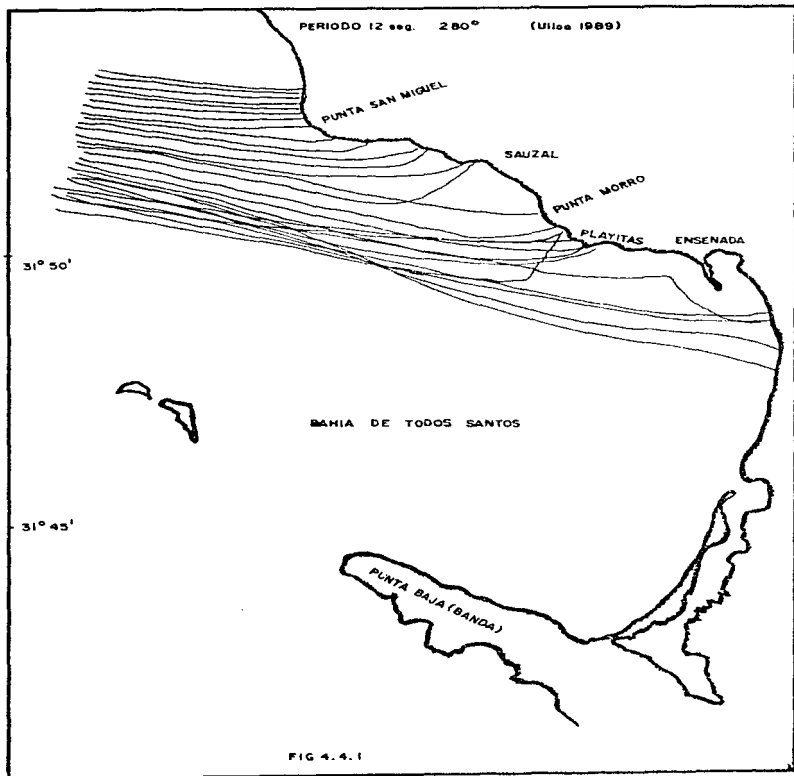
Se utilizaron dos períodos representativos de la zona: 14 segundos y 8 segundos ( Delgado y Ortiz, 1985; Martínez, 1989; Martínez y Coria, 1993), correspondiendo respectivamente, al período de mayor amplitud con mayor frecuencia de arribo y al período de menor amplitud con mayor frecuencia de ocurrencia durante los únicos intervalos de medición disponibles en la Bahía, que van del 2 de septiembre de 1982 al 29 de julio de 1989.

A partir de los ángulos de aproximación a Playitas obtenidas con las ortogonales base, se procedió a construir las ortogonales de mar a tierra. Con las ortogonales refractadas se calculó la altura del oleaje en la costa, sin la estructura y con la estructura, introduciendo los diferentes valores de altura del oleaje obtenidos de los reportes anteriormente mencionados, se conoció también las condiciones del oleaje que interviene en el transporte litoral.

#### **4.4 REFRACCION DE OLAJE**

Anteriormente se han realizado estudios de la refracción del oleaje en la Bahía de Todos Santos, utilizando diferentes intervalos de períodos que van desde los 5.9 segundos a los 20.0 segundos y un intervalo de ángulo de arribo del oleaje que va desde los 230° a los 240°, y de los 250° a los 300° todos con respecto al norte geográfico ( Ulloa, 1989 Medina, 1993 ). Encontrando que los rasgos topográficos como son: el bajo de San Miguel y el de Punta morro hacen que el oleaje arribe refractado en un intervalo de ángulos que van a los 260° y a los 230°; independientemente de si el oleaje proviene de la entrada norte de la Bahía (entre Punta San Miguel y las islas Todos Santos), y la entrada sur de la misma (entre las islas Todos Santos y Punta Baja), como se presenta en la figura 4.4.1.

De acuerdo con los resultados del diagrama de refracción en abanico, utilizando un período del oleaje de 8 y 14 segundos, las direcciones de arribo del oleaje a Playitas concuerdan muy bien con las encontradas por los autores anteriormente citados. Resultando en dos direcciones de arribo para un período de 8 segundos, 265° y 236° ; y para un período de 14 segundos, 257°, 246° y 236°.



El cruce de la ortogonal inversa y la que proviene de la costa se debe a la alta irregularidad de la batimetría, no obstante, el comportamiento de las ortogonales inversas se considera como el representativo.

Para el período de 8 segundos ( fig. 4.4.2 ) se observa que las ortogonales que provienen de los  $260^\circ$  se van separando conforme entran a Playitas, chocando una de ellas con el bajo que se encuentra en la entrada norte, y la otra se dirige hacia la costa rompiendo con un ángulo en dirección al norte, sin embargo, en la estructura se observa el fenómeno contrario, ya que la ola rompe primero en la región más somera al norte y luego en la zona más profunda al sur, ocasionando que la resultante tenga una dirección hacia el sur.

Un patrón semejante se observa con las ortogonales que provienen de los  $236^\circ$ , con la diferencia de que en la costa muestran un ángulo de arribo hacia el sur, lo mismo que en el rompeolas.

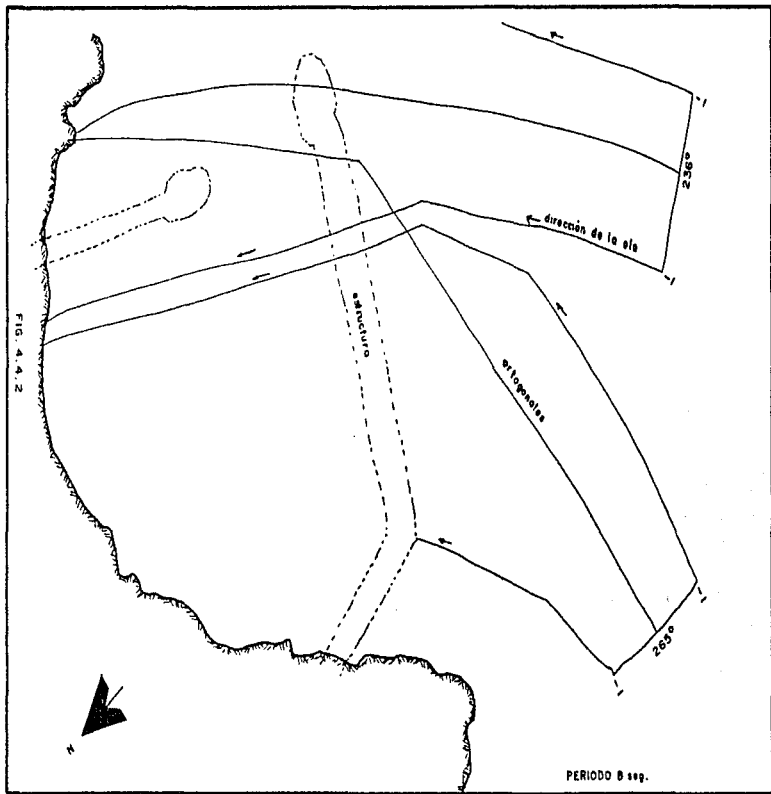
De acuerdo con todo lo anterior, el efecto del rompeolas en la dirección del oleaje para este período, parece indicar una disminución en la dirección de arribo del oleaje en la costa sur adyacente, lo que pudiera provocar una mayor influencia de las olas en la zona de cantiles resultando en un aumento en la razón de retroceso de la misma.

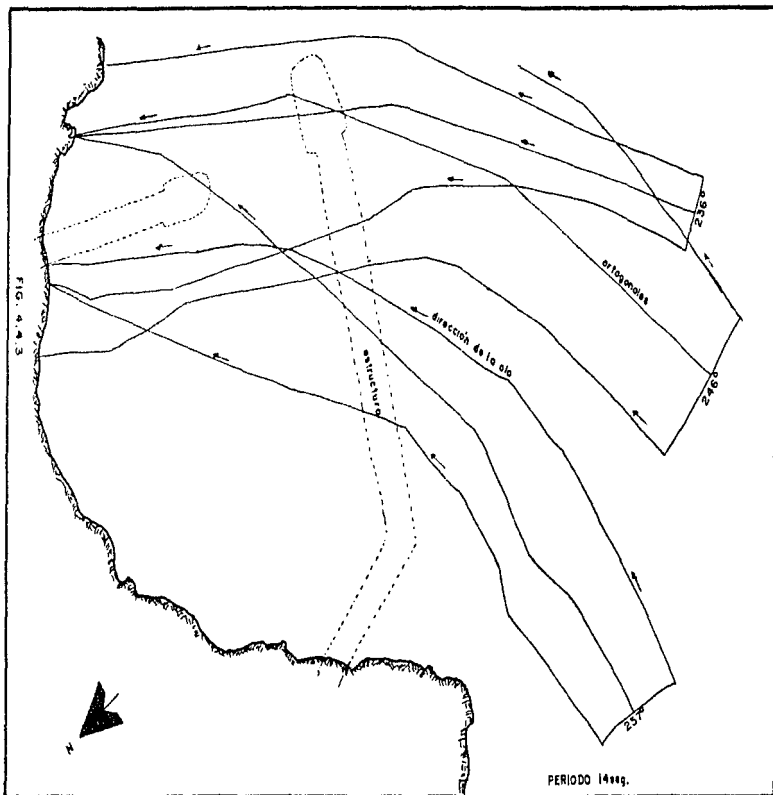
Para el período de 14 segundos los resultados de la refracción son aún más significativos (fig. 4.4.3 ), encontrando que para la dirección de entrada a Playitas de  $257^\circ$ , las ortogonales tienden a concentrarse en una región de la playa, incidiendo en la costa con un ángulo en dirección al sur, ocurriendo lo mismo cuando el oleaje incide en la estructura.

Cuando las ortogonales provienen de los  $246^\circ$ , tienden a separarse causando una disminución de la energía que arriba a la costa pero manteniendo una componente hacia el sur, debida al ángulo de incidencia de la misma. Dada la orientación de la estructura, se presenta el mismo fenómeno de la componente hacia el sur.

Por último, cuando el ángulo de incidencia es de  $236^\circ$  las ortogonales tienden a separarse aún más pero conservando el mismo comportamiento de la componente hacia el sur.

El comportamiento general para este período es semejante que para el período anterior, pero el ángulo de incidencia en la estructura es mayor para los 14 segundos, lo que probablemente cause una mayor longitud de barrido de la ola en la costa sur adyacente, lo que causaría una mayor área de influencia de la estructura.





Estos mismos comportamientos fueron reportados para el puerto de el Sauzal (Medina, 1993) y para el puerto de Ensenada (Van Dooren, 1991), además de otros puertos en el mundo (Komar, 1976; CERC, 1984). Encontrándose que son procesos que necesariamente ocurren al alterarse las condiciones naturales del medio, pero pueden ser minimizados sus efectos con una adecuada proyección del manejo de la zona costera.

A continuación se presentan los valores de la altura del oleaje refractado, tanto en la costa de Playitas como en la estructura del rompeolas, de acuerdo con las distintas mediciones hechas en la Bahía de Todos Santos.

ANGULO DE ARRIBO A LA COSTA (G°)	PROFUNDIDAD SIGNIFICANTE (m)	PERIODO (SEG.)	REFRACCIÓN COMBINADA (KR)(Kc)	ALTURA DE OLA REFRACTADA (M)
<b>INVIERNO</b>				
257	2.21	14	(1.92)(1.18)=2.21 (1.34)(2.04)=2.73	4.90 6.04 *
2.46	2.21	14	(0.81)(1.09)=0.88 (0.63)(1.42)=0.89	1.94 1.97 *
236	2.21	14	(0.83)(1.09)=0.90 (0.68)(1.42)=0.97	1.94 2.14
236	2.21	8	(1.18)(0.76)=0.89 (0.66)(1.00)=0.66	1.98 1.45 *
<b>VERANO</b>				
257	0.19	14	(1.92)(1.18)=2.21 (1.34)(2.04)=2.73	0.42 0.52 *
246	0.19	14	(0.81)(1.09)=0.88 (0.63)(1.42)=0.89	0.16 0.16 *
236	0.19	14	(0.83)(1.09)=0.90 (0.68)(1.42)=0.97	0.17 0.17 *
236	0.19	8	(1.18)(0.76)=0.89 (0.66)(1.00)=0.66	0.17 0.12 *

\* altura del oleaje refractado en la costa. Martínez y Cona, 1993



## CAPITULO 5. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

### 5.1 REGIMEN DE LA COSTA

En el sitio de proyecto, se observa que la morfología costera, dado que es una zona de cantiles, solo sufre cambios mínimos cuando se presentan fenómenos extraordinarios en el mar, se puede constatar esto por que los estratos sedimentarios que existen en el cantil son cantos rodados de todos tamaños y arcilla, los cuales cuando se presenta un oleaje fuera de lo ordinario se derrumban lavando el material y depositando los cantos en la cara de la playa, la cual se mantiene así todo el tiempo.

Se observa en consecuencia también que dada la irregularidad de la costa hacia el norte, no se aprecia un transporte de sedimentos longitudinal a la costa, pues en grandes distancias el material fino no se encuentra y solo se puede observar material demasiado grueso que, debido a las incidencias del oleaje que es perpendicular a la costa, es imposible que se mueva lateralmente.

Sería demasiado aventurado definir un modelo de transporte cuando no se cuenta inclusive con información confiable de oleaje, aunque este haya sido monitoreado por un periodo de un año, siendo que, para que sea confiable se deben tener registros de por lo menos diez años. Dado que este no es el caso y tomando en cuenta que el oleaje es el parámetro más significativo del fenómeno, por ejemplo, si utilizáramos el modelo empírico del profesor Larras, el cual está formado por los siguientes parámetros :

$$Q_s = (k)(g)(Hr^2)T \text{ sen } (7/4a)$$

donde:

$Q_s$  - gastos de sólidos en  $m^3/\text{seg}$ .

k - factor que depende de las características del material y del oleaje con valor de  $1.18 \times 10^{-4} (D_{50})^{-1/2} (L_o/H_o)$

$D_{50}$  - diámetro medio de los granos en mm.

$L_o$  - longitud de la ola en aguas profundas, en m.

$H_o$  - altura de la ola en aguas profundas, en m.

T - periodo en segundos.

Hr - altura de la ola en la zona de rompiente, en m.

a - ángulo de incidencia entre el frente de ola y la línea de playa.

g - aceleración de la gravedad.

Analizando los parámetros anteriores se tiene que el tamaño del material desde la curva de rompimiento hasta la playa, tiene dimensiones triaxiales, es decir tiene tamaños que van desde 10.5 hasta 10.0 cm. o roca maciza, encontrándose material relativamente fino en algunos puntos específicos aislados. En consecuencia el  $D_{50}$  que pide el modelo de transporte de sedimentos no existe y el material playero a base de cantos rodados que no se mueven lateralmente, dado que los frentes de ola cercanos a la playa se tuercen en forma casi perpendicular a la costa. Además, físicamente en el lugar se observa que no existe movimiento de sedimentos, pues por trabajos de seccionamiento playero ejecutados por algunas instituciones de investigación, se observa en la comparación de los perfiles que sus geometrías son muy semejantes dando lugar a esto a lo que en ingeniería de costas se denomina " Estabilidad Estática y Dinámica de la Playa". otros modelos de transporte de sedimentación son :

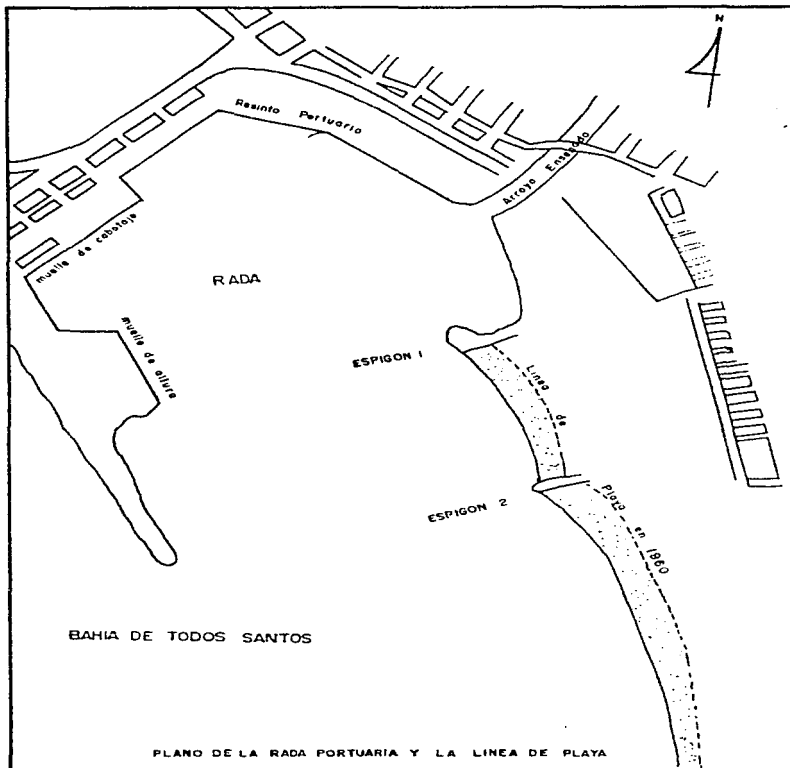
METODO DE C.E.R.C  
METODO DE PYCHKINE  
METODO DE SPRINGAL

En todos ellos sus parámetros mas importantes son el tamaño del material, pendiente de la playa, ángulo de incidencia; por lo que no se puede hacer una discriminación para elegir el método que se adopte mejor a las condiciones físicas del sitio.

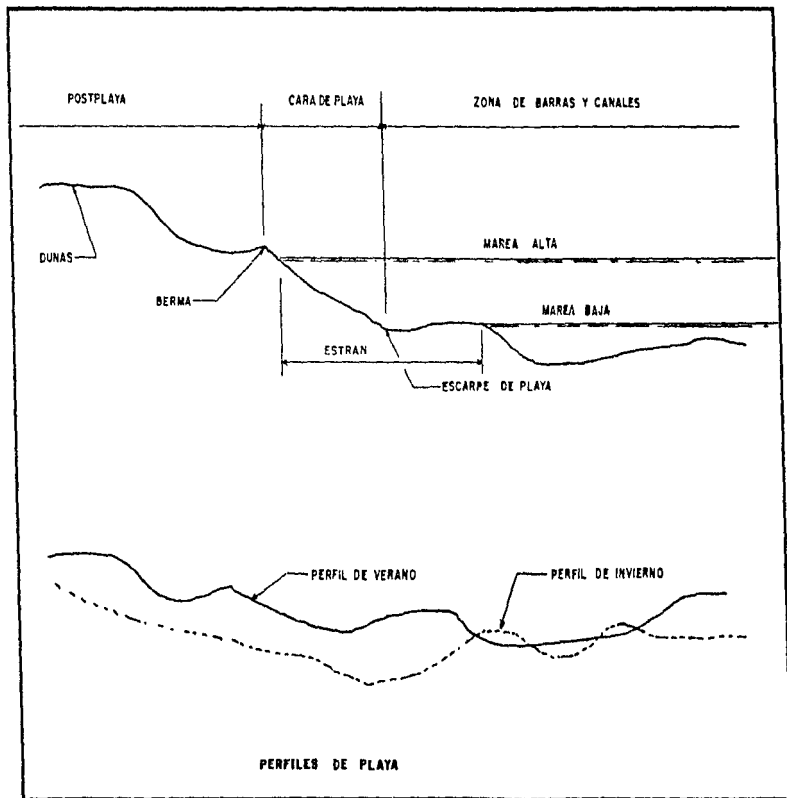
Finalmente y como conclusión se optó por tomar la comparación de los seccionamientos playeros cronológicos, para definir la estabilidad de la playa. A continuación se presenta un plano con la línea de playa y su perfil.

## **5.2 DISTRIBUCION DE SEDIMENTOS**

En la construcción de obras portuarias se lleva a cabo la evaluación de la deriva litoral de sedimentos para poder establecer la razón de depósito o erosión de material en la zona de estudio. Cuando se habla de erosión o de depósito en la zona litoral esto, significa que el volumen total de sedimento añadido a una playa proveniente de varias fuentes, puede ser equilibrado con el total de sedimentos sustraídos por diferentes medios, como corrientes, cañones submarinos, etc. si las pérdidas de material son mayores que las ganancias habrá un déficit neto que se reflejará en un decremento del volumen total de sedimentos en la playa o en la zona litoral, es decir habrá erosión; de lo contrario, si las ganancias sobrepasan a las pérdidas habrá depósito. La ausencia de erosión o depósito indica que existe un estado de equilibrio entre las pérdidas y las ganancias de material. En este tipo de estudios se hace ver la necesidad de cuantificar con la máxima precisión



PLANO DE LA RADA PORTUARIA Y LA LINEA DE PLAYA



PERFILES DE PLAYA

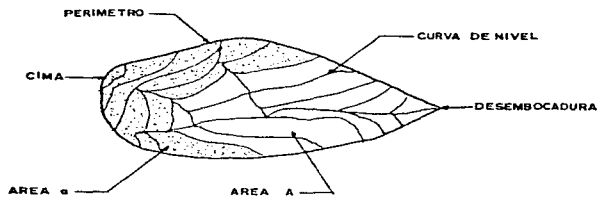
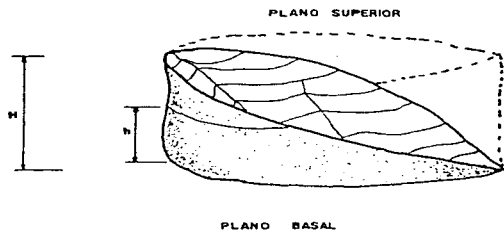
posible el volumen de sedimentos que es depositado o erosionado en la zona a evaluar, el impacto económico debido al azolvamiento del canal de navegación y del puerto en general y con ello establecer medidas de prevención al problema.

Las causas y la magnitud del azolvamiento en los diferentes tipos de sitios de estudio puede variar y las soluciones correspondientes a cada caso en algunas ocasiones han tenido éxito y en otras no; uno de los métodos que hace posible la cuantificación del volumen de sedimento depositado o erosionado es el que estableció Strahler en 1952, en el que se establece la comparación de volúmenes en base a un análisis hipsométrico de la siguiente forma.

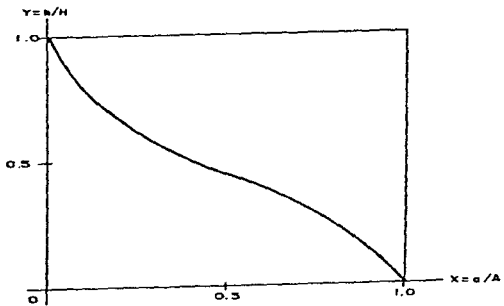
La distribución de área con respecto a las elevaciones de una cuenca de drenaje, da como resultado una curva hipsométrica, de la cual se obtiene el volumen de dicha cuenca; al aplicar la metodología mencionada en una cuenca de depósito como puede ser una laguna costera o un puerto, se puede obtener el volumen de sedimentos de dicha cuenca y las variaciones del volumen al paso del tiempo mostrará si hay depósito o erosión, si estos ocurren en la zona profunda o somera.

Como antecedente, en los años de 1970 a 1980 la precipitación pluvial en Baja California fue muy intensa, aproximadamente de 425 mm. promedio anual, ocasionando grandes problemas a todo el estado, a consecuencia de esta precipitación poco común en la zona, el río de Ensenada volvió a tener un caudal muy grande después de haber estado seco por años, aportando gran cantidad de sedimentos a la dársena del puerto y pese a que existe una represa, este aporte hizo que la línea de playa tuviera un avance hacia el mar, algo que era tan evidente cuatro años atrás. El desplazamiento de la línea de costa es una prueba del problema de azolve que puede afectar la conservación del calado del puerto.

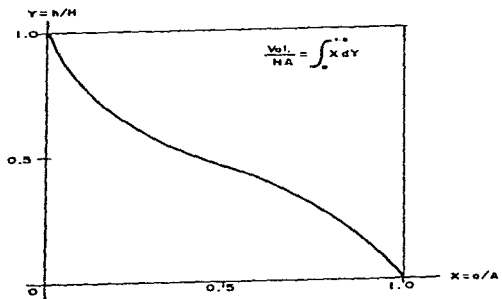
La metodología aplicada en este trabajo se basa en la elaboración de curvas hipsométricas de la batimetría del Puerto de Ensenada; para establecer una situación más clara de las condiciones de este estudio, la curva hipsométrica es una definición más general de la representación de la distribución estadística de elevaciones y profundidades que se pueden aplicar a cualquier parte del mundo; por lo tanto su aplicación se ha llevado a situaciones prácticas de análisis y para este caso fundamental de estudio de sedimentos en la Bahía de Todos Santos se encontró entre otros aspectos que las corrientes litorales y el aporte de sedimentos al mar por los ríos de Ensenada y el Gallo originan una acción combinada de transporte, depósito y erosión hacia el sureste y suroeste de la bahía como producto de la deriva litoral de sedimentos; por otro lado se determinó que la construcción del rompeolas del puerto produjo un aumento de la sedimentación en la zona sur de los espigones de protección los cuales detienen el acarreo de sedimentos de sur a norte producto de la difracción del oleaje, pero



CUERPO GEOMETRICO DE REFERENCIA EN EL ANALISIS HIPSOMETRICO



CURVA HIPSONOMETRICA



INTEGRACION DE LA FUNCION HIPSONOMETRICA

no permiten la salida hacia el sur del sedimento terrígeno aportado por el río Ensenada; por otra parte Lizarraga (1972) encontró que el transporte litoral en la playa adyacente al sur del puerto de Ensenada se efectuaba de sur a norte habiendo un avance hacia el mar en la línea de playa, esto quedó demostrado al comparar la cota cero de 1960, 1961, y 1971 donde es evidente el avance, además se encontró que el transporte de sedimentos en la playa fue de 420,000 m<sup>3</sup> en diez años.

El análisis hipsométrico resultó ser muy útil y práctico al demostrar la existencia de un azolve progresivo del puerto a partir de 1967 a la fecha, incrementándose notablemente este azolve a partir de 1978, el total de sedimentos depositados entre 1967 y 1981 fue de 1,997,487.0 m<sup>3</sup> y para 1993 fue de 2,843,365.0 m<sup>3</sup>.

Haciendo una revisión se encontró que en estudios anteriores (Jhonson y Sato, 1970) se demostró que la construcción de estructuras artificiales como rompeolas, espigones, etc. pueden provocar cambios en la topografía del fondo, con la difracción del oleaje y la corriente generada a lo largo de la playa.

**TABLA DE VOLUMEN DE AZOLVES**

AÑO	VOL. DE LA CUENCA	BALANCE
1967	5,210,085	
1975	5,525,494	315,409 m <sup>3</sup>
1978	5,821,920	296,426 m <sup>3</sup>
1981	7,064,572	1,242,632 m <sup>3</sup>
BALANCE 1967 - 1981		1,854,487 m <sup>3</sup>
VOLUMEN DRAGADO 1978		143,000 m <sup>3</sup>
VOLUMEN 1993		855,878 m <sup>3</sup>
VOL. TOTAL 1967 - 1993		2,843,365 m <sup>3</sup>

Finalmente y como conclusión de todo lo anterior los estudios realizados demuestran que el puerto de Ensenada se está azolvando a causa de aportes del río Ensenada y de la deriva litoral producto de la difracción del oleaje originada por el rompeolas.



### 5.3 ANALISIS DE SEDIMENTOS EN EL ROMPEOLAS DEL PUERTO

En este capítulo se expone el efecto de sedimentación que sea presentado frente al rompeolas existente en el puerto de Ensenada ya que su influencia abarca el sitio de estudio, además de que nos puede dar una valiosa información de lo que puede ocurrir en la zona de Playitas, dado que los estudios son de suma importancia para el diseño del espigón de la marina, tomaremos como antecedente el hecho de que las fuentes de abastecimiento más comunes son el material de las playas adyacentes, el material producido por la erosión del oleaje y los materiales sólidos que depositan los ríos en el mar.

La mecánica del transporte litoral aun no se conoce con precisión, pero se identifican tres tipos de transportes que son los siguientes:

- 1) Transporte en zig zag - que es el material de playa movido por las olas desde la zona de entrada bajo un patrón en zig zag.
- 2) Suspensión de material - es el material en suspensión que se encuentra en la zona de rompiente, que es movido por las olas a lo largo de la playa.
- 3) Transporte de fondo - es el material de fondo que es movido por el oleaje el cual se desplaza rodando o saltando en la misma dirección del oleaje.

La dirección del transporte litoral puede cambiar de lugar, de estación a estación por lo que al momento de determinar las direcciones predominantes, se consideran los siguientes elementos:

- a).- efectos de azolve o erosión en las estructuras existentes.
- b).- formaciones playeras en las cercanías de los morros.
- c).- análisis estadístico de la energía del oleaje.
- d).- características de los materiales de playa y de fondo.
- e).- medición de las corrientes, particularmente en las entradas de marea, es decir, en las desembocaduras de los ríos, en las bocas de las lagunas o puertos y en las aperturas de las barras.

Algunos autores proponen que el objetivo del estudio de transporte litoral es la determinación de la dirección, volumen y velocidad del mismo, con esa información se podrá dar la orientación óptima al rompeolas y así evitar problemas de azolvamiento, que originan grandes costos de operación.

En el campo de la ingeniería de costas siempre se ha buscado la mejor forma de evaluar correctamente el transporte litoral, dada su importancia en el diseño de obras portuarias, para ello existen varios métodos que proporcionan

cierto grado de confiabilidad en los cuales los procedimientos pueden ser teóricos o prácticos como en el caso de los perfiles de playa, ambos deben ser complementados con un estudio sobre oleaje que debe contemplar los regímenes de oleaje normal y extremo o de tormenta.

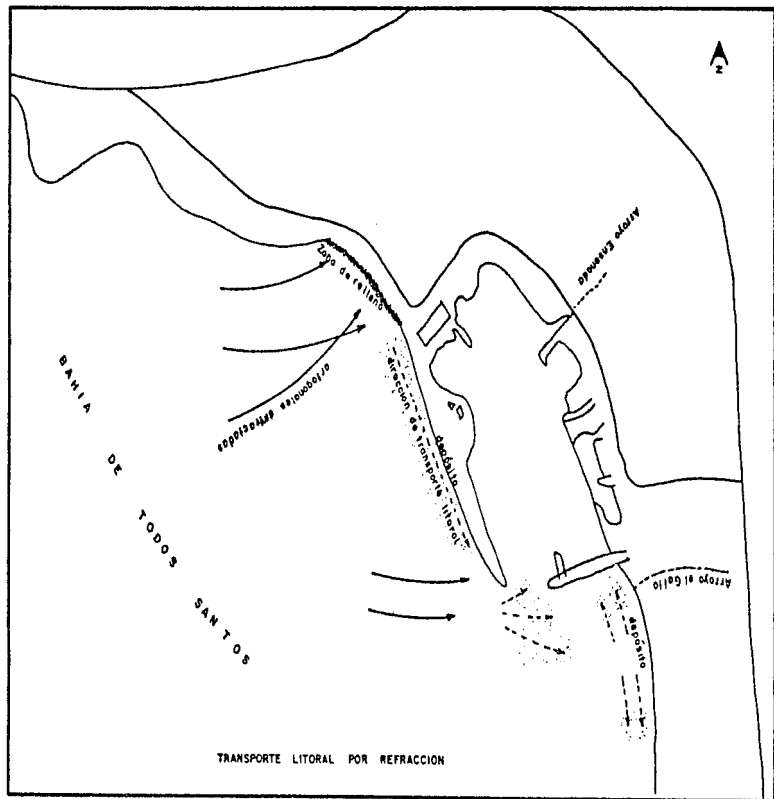
En el caso de los litorales mexicanos principalmente en el Pacífico se presenta una gran incidencia de tormentas o ciclones en un periodo relativamente corto, aunque en Ensenada esto es realmente esporádico, sin embargo estos aspectos deben considerarse al determinar las características de la ola de diseño.

En lo referente al puerto de Ensenada su construcción se inició en 1951 y desde esa fecha hasta ahora se han estado presentando cambios sobre el rompeolas, en el año de 1955 se observó que los sedimentos provenían de los extensos depósitos de aluvión que se localizan al norte de la bahía y del proceso normal de erosión pluvial, lo cual originó un realineamiento en la línea de la costa dentro de la rada en su región este hacia el interior del puerto provocando la alteración de los patrones de refracción y difracción del oleaje en la zona protegida por el rompeolas.

El Instituto de Investigaciones Oceanológicas de B.C. en 1967, determinó que los espigones para entonces ya existentes, cumplían con su función al retener el acarreo de sedimentos, de sur a norte producido por la difracción del oleaje, pero no permitían la salida hacia el sur del sedimento terrígeno aportado por el arroyo Ensenada.

En la actualidad del estudio que se realizara al rompeolas por medio de perfiles, se llegó a determinar que debido a la pérdida de porosidad del rompeolas, este disminuyó su capacidad de disipar el oleaje por lo que la ola rebasa la altura del rompeolas, analizando el por que de la pérdida de porosidad se encontró que esta se debió a que se presenta un ciclo de tormentas extraordinarias que afectan esta zona y en su última ocurrencia daño al rompeolas el cual fue reconstruido solamente en su coraza, la cual debería tener una relación de porosidad de alrededor del 38% lo cual no se cumplió originando que su capacidad de disipación fuera casi nula y la ola rebasara al rompeolas, por lo que actualmente se diseñó un deflector de oleaje que tendrá una altura aproximada de cinco metros, a final de cuentas se deberán de realizar obras dentro de la zona de captación de la cuenca para minimizar el aporte de sedimentos producto de las precipitaciones que en la última década han aumentado y que afectan en gran parte el calado dentro del puerto, en lo que respecta a Playitas, esta se encuentra protegida de manera natural aunque los espigones proyectados en esta zona serán para garantizar la calma total dentro de la marina y para detener la escasa sedimentación o transportación de los cantos rodados aportados por los cantiles, pero además se deberán de tomar

medidas para prevenir el aporte de materiales producto de las precipitaciones pluviales que son depositados a través de los diferentes afluentes que desembocan a la bahía y que como ya se mencionó anteriormente disminuyen el calado dentro de la dársena.



## CAPITULO 6. DISEÑO DE LAS OBRAS DE PROTECCION

### 6.1 DISEÑO DEL ROMPEOLAS

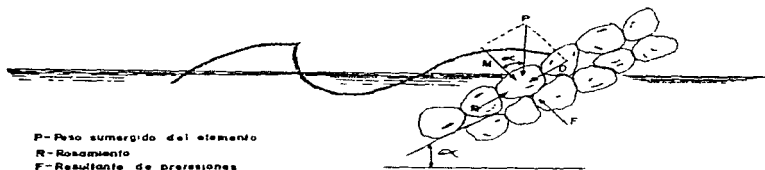
En base a los datos recabados en los estudios preliminares como parte importante del proyecto, proseguiremos con el diseño de las estructuras de protección que en este caso está constituida principalmente por un rompeolas a talud, el cual está constituido por un núcleo de enrocamiento ( piedras relativamente pequeñas ), que impiden la transmisión de la energía dada su baja porosidad, también se le conoce como la capa impermeable; éste a su vez, está protegido por una o varias capas también de enrocamiento pero con tamaños crecientes, cuya función es la de evitar la dispersión del núcleo por la acción del oleaje y que normalmente se le denomina capa secundaria; en algunas ocasiones sobre la corona de la capa secundaria se construye una pared vertical para evitar el rebase del oleaje sobre la estructura

La última capa, la cual se le denomina coraza, puede estar construida por rocas o bien de elementos prefabricados de concreto y es el que resiste directamente la acción del oleaje; es decir, la capacidad resistente de la coraza es la que define la capacidad de todo el rompeolas. Los elementos prefabricados pueden tener distintas formas siendo los más empleados: los cubos, tetrapodos, dolos, tribares y acropodos.

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

El criterio comúnmente empleado en el diseño de la coraza de un rompeolas, es el que se denomina *criterio de estabilidad*, mediante el cual se obtiene el peso de los elementos, en la actualidad se aplica para este fin la fórmula de Hudson con la cual se han obtenido resultados bastante satisfactorios; tal fórmula se basa en la disposición de los coeficientes  $K_d$ , los cuales fueron obtenidos mediante ensayos de laboratorio para un criterio de "no daño" (rompiente o no rompiente) de la sección del rompeolas que se esté diseñando (morro o cuerpo); el valor de  $K_d$  varía también dependiendo del número de capas que tenga la coraza, siendo más inestable cuando éstas disminuyen y por el contrario su estabilidad se incrementará en la medida en que sean más pesados los elementos que la constituyen.

## ESQUEMA DE FUERZAS QUE INTERVIENEN EN LA ESTABILIDAD DE LA CORAZA.



Fórmula de Hudson.

$$W = (H_{1/3})^3 (\gamma_s) / K_d (S_r - 1)^3 \cot \alpha$$

donde :

**W**.- peso de los elementos de la coraza en toneladas.

**H<sub>1/3</sub>**.- altura de la ola significativa en metros ( 4.5 m ).

**γ<sub>s</sub>**.- peso específico del material de la coraza en ton/m<sup>3</sup>. ( 2.6 t/m<sup>3</sup> )

**γ<sub>w</sub>**.- peso específico del agua de mar en ton/m<sup>3</sup> ( 1.03 t/m<sup>3</sup> )

**K<sub>d</sub>**.- coeficiente en función del tipo de oleaje, del material y de la sección del rompeolas, cuerpo (K<sub>dc</sub>= 4.0 ) o morro (K<sub>dm</sub>= 2.8 ) .

**S<sub>r</sub>**.- densidad relativa del material ( γ<sub>s</sub>/γ<sub>w</sub> ).

**α**.- ángulo formado entre la horizontal y el talud en grados ( talud de lado del mar 2 : 1 y del lado protegido 1.5 : 1 ).

### Cálculo del peso de los elementos de la coraza

cuerpo de la estructura

$$W = 2.6 \times (4.5)^3 / 4 \times [(2.6/1.03) - 1]^3 \times 2$$

$$W = 8.36 \text{ ton.}$$

$$+ 25\%W \quad 10.45 \text{ ton.}$$

$$- 25\%W \quad 6.50 \text{ ton.}$$

### Morro de la estructura

$$W = 2.6 \times (4.50)^3 / 2.8 \times [(2.6/1.03) - 1]^3 \times 2$$

$$W = 11.94 \text{ ton.}$$

+ 25% 15.00 ton.

- 25% 9.00 ton.

### Peso de los elementos de la capa secundaria.

#### cuerpo de la estructura

$$W / 10 \text{ a } W / 15 \approx 8.36 / 10 \text{ a } 8.36 / 15$$

$$836 \text{ kg. a } 600 \text{ kg.} \rightarrow 600 \text{ kg. a } 1.0 \text{ ton.}$$

Para evitar desperdicios  $W = 600 \text{ kg. a } 6.0 \text{ ton.}$

#### morro de la estructura

$$W / 10 \text{ a } W / 15 \approx 11.94 / 10 \text{ a } 11.94 / 15$$

$$1.20 \text{ ton. a } 796 \text{ kg.} \rightarrow 800 \text{ kg. a } 1.20 \text{ ton.}$$

para evitar desperdicios  $W = 1.0 \text{ ton. a } 6.0 \text{ ton.}$

### Cálculo de los elementos del núcleo.

#### Cuerpo y Morro de la estructura

$$W / 1000 \leq W_n \leq W / 200$$

$$8.36 / 1000 \leq W_n \leq 8.36 / 200 \rightarrow 8.36 \text{ kg.} \leq W_n \leq 41.80 \text{ kg.}$$

para evitar desperdicios  $W_n = 5 \text{ kg. a } 600 \text{ kg.}$

### Cálculo de los espesores de capa.

#### Espesor de la coraza

$$e = nrk (W / \gamma_s)^{1/3}$$

donde:

nr.- número de capas (nr = 2)

k.- coeficiente de capa para cantera rugosa (k = 1.15)

#### espesor del cuerpo de la estructura

$$e = (1.15)(2.0)[8.36 / 2.6]^{1/3} = 3.39 \text{ m} \sim 3.40 \text{ m}$$

espesor del morro de la estructura

$$e = (1.15)(2)[11.94/2.6]^{1/3} = 3.82\text{m}$$

**Espesor de la capa secundaria**

espesor del cuerpo de la estructura

$$e = (1.15)(2)[0.718/2.6]^{1/3} = 1.48\text{m} \sim 1.50\text{m}$$

espesor del morro de la estructura

$$e = (1.15)(2)[1 / 2.6]^{1/3} = 1.67\text{m}$$

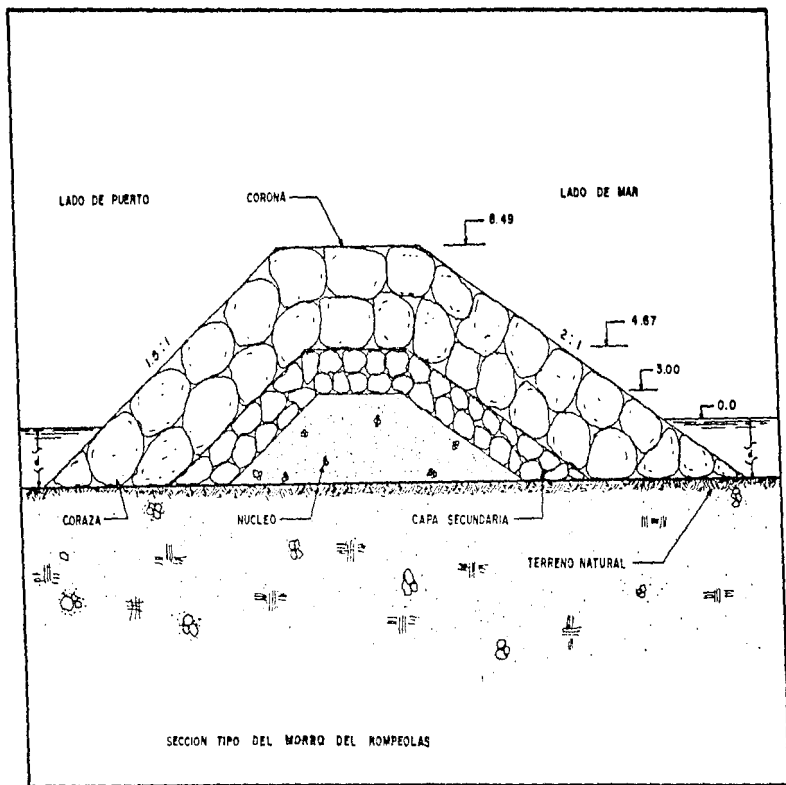
Al explotar un banco de material se van a producir una gama de elementos de diferentes pesos y tamaños; generalmente la proporción de elementos grandes suele ser reducida, dependiendo en primer lugar de las características de la cantera y en menor grado en la forma de explotación. En la mayoría de los casos, el pensar conseguir elementos mayores a las 10 ton, resulta un tanto optimista y se requiere tener mucha experiencia en la explotación de bancos.

Como promedio en la explotación de bancos de material se pueden considerar las siguientes cifras:

$W \leq 200 \text{ kg.}$ (todo a uno)	50%
$200 \text{ kg.} \leq W \leq 1.0 \text{ ton}$	15%
$1.0 \text{ ton} \leq W \leq 4.0 \text{ ton}$	20%
$W \leq 4.0 \text{ ton}$	15%







## 6.2 DISEÑO DEL ESPIGÓN INTERIOR

De acuerdo con el análisis para la definición de la altura de la ola de diseño de la estructura de protección principal (rompeolas), esta resulta ser igual a 4.50 m.

Ahora bien, la estructura complementaria (espigón interior), está afectada por una ola difractada cuyo efecto es producido por el morro del rompeolas; el coeficiente de difracción que se presenta donde se localiza la estructura es de  $K_{DIF} = 0.75$ , es decir que la altura de la ola difractada será de:

$$H_D = 0.75 \times 4.50 = 3.37\text{m.}$$

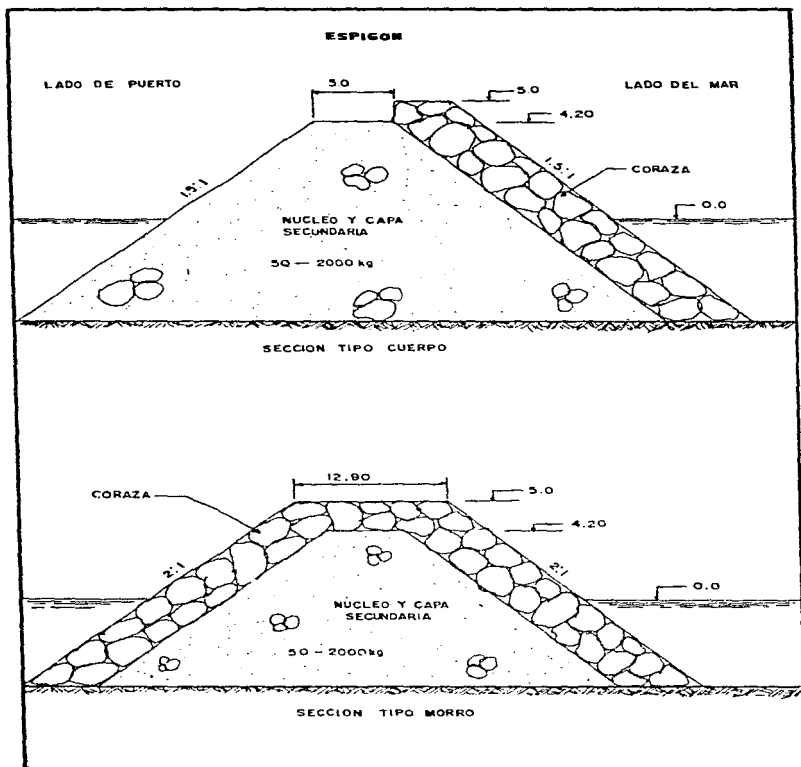
En consecuencia si calculamos el peso de los elementos de la coraza se tiene :

$$W = 2.6 \times (3.37)^3 / 4 \times [(2.6/1.03) - 1]^3 \times 1.5 = 4.68 \text{ ton.}$$

con un rango de  $\pm 25\%$ , entonces  $W = 3.50 \text{ ton}$  a  $5.85 \text{ ton}$ .

Como esta estructura no está sujeta a oleaje directo, se considera uniforme el peso de los elementos de la coraza tanto para el cuerpo como para el morro, aunque teóricamente el peso de los elementos de la coraza en el cuerpo debería ser un poco menor, bajo esta característica el peso de los elementos del núcleo, estará entre 50 kg. y 2.0 ton, de igual manera la estructura no tendrá un acorazamiento secundario, estrictamente si fuera necesario, este tendría un rango de peso de 0.4 ton. a 0.6 ton, por lo que con el peso de los elementos del núcleo este rango queda cubierto.

Los niveles de coronamiento de la estructura quedarán definidos por cuestiones de tránsito ya que sobre esta existirá una vialidad pero definitivamente tendrán que tomarse en cuenta las elevaciones por oleaje y marea como se muestra en la sección del espigón refiriéndose al nivel de baja mar media inferior.



### 6.3 DISEÑO DEL MURO DE CONTENCION

En la parte interior de la zona protegida, se construirá un muro de contención que limitara las áreas de patios con respecto al cuerpo de agua.

#### Datos del proyecto:

- peso específico de la piedra de mampostería  $\gamma = 1.875 \text{ ton/m}^3$
- peso específico del material de relleno  $\gamma = 1.80 \text{ ton/m}^3$
- peso específico del agua de mar  $\gamma = 1.025 \text{ ton/m}^3$
- ángulo de fricción interna del material de relleno  $\phi = 36^\circ$  (suelo no cohesivo)
- sobrecarga en zona de patios  $w = 1.0 \text{ ton/m}^2$
- elevación de la corona de la estructura + 3.50 con respecto al N.B.M.I.
- Nivel de Pleamar Media Superior + 2.30 con respecto al N.B.M.I.
- relación de vacíos en el material de relleno 10%
- nivel de desplante de la estructura + 0.5 m con respecto al N.B.M.I.

La magnitud de las presiones, se determina usualmente con la teoría de Rankine, por lo que el coeficiente de presión activa se definirá como sigue:

$$K_a = \tan^2 ( 45 - \phi/2 ) = \tan^2 ( 45 - 36/2 ) = 0.26$$

El terreno retenido por el muro deberá soportar una sobrecarga promedio de  $1.0 \text{ ton/m}^2$  debido al tráfico o materiales almacenados en la superficie; el incremento de presiones ocasionado por la sobrecarga uniforme por unidad de área, se puede determinar convirtiendo esta carga a una altura equivalente de suelo por consiguiente la sobrecarga será equivalente a :

$$H' = \text{sobrecarga} / \gamma_{\text{mampostería}} = 1 / 1.8 = 0.55 \text{ m}$$

$$\text{peso saturado} = \gamma_{\text{reco}} + ( 0.10 \times 1.025 ) = 1.90 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{peso sumergido} = \text{peso saturado} - \gamma_{\text{agua}} = 1.90 - 1.025 = 0.88 \text{ ton/m}^3$$

para determinar las presiones laterales en la base de la cuña de empujes:

$$P_1 = (h + H')K_a = 1.8 ( 1.20 + 0.55 ) \times 0.26 = 0.82 \text{ ton/m}^2$$

$$P_2 = K_a (h + H') = 0.26 (0.88)(1.80 + 0.55) = 0.53 \text{ ton/m}^2$$

$$P_3 = h = 1.025 (1.80) = 1.84 \text{ ton/m}^2$$

$$F_{1H} = 0.82 (1.20) / 2 \times 1 = 0.50 \text{ ton.}$$

Brazo de palanca con respecto al punto de volteo:

$$Y_{k1} = 1.80 + (1.20 / 3) = 2.20\text{m}$$

$$F_{2H} = [(1.35 + 0.82) \times 1.80 \times 1] / 2 = 1.95 \text{ ton.}$$

Brazo de palanca con respecto al punto de volteo.

$$Y_k = h/3 [(2b + A) / (b + a)] \quad Y_k = 1.80/3 [(2(1.35) + 0.82) / (1.35 + 0.82)] = 0.97\text{m.}$$

0.97 con respecto a la base superior del trapecio; para tomarlo con respecto a la base resulta

$$Y_{k2} = 1.80 - 0.97 = 0.83 \text{ m.}$$

$$F_{3H} = [(1.84 \times 1.80) \times 1] / 2 = 1.65 \text{ ton. (presión puramente hidrostática)}$$

Brazo de palanca con respecto al punto de volteo

$$Y_{k3} = 1.80 / 3 = 0.60\text{m.}$$

$$F_{HT} = F_{1H} + F_{2H} + F_{3H} = 4.1 \text{ ton}$$

Localización de la resultante de las fuerzas horizontales con respecto al punto de volteo

$$Y_{KT} = [ F_{1H}(Y_{k1}) + F_{2H}(Y_{k2}) + F_{3H}(Y_{k3}) ] / F_{HT}$$

$$Y_{KT} = [ 0.50(2.20) + 1.95(0.97) + 1.65(0.60) ] / 4.1 = 0.97\text{m.}$$

Momento causado por la fuerza horizontal.

$$M = 4.1 \times 0.97 = 3.97 \text{ ton} \cdot \text{m.}$$

## **ANÁLISIS DE FUERZAS VERTICALES PRODUCIDAS POR EL PESO PROPIO DE LA ESTRUCTURA.**

Dado que su estabilidad estará en función de su peso, se propone un ancho de corona de un metro y la dimensión de la base queda definida de tal manera que el factor de seguridad contra deslizamiento y volteo fuesen aceptables.

Después de realizar dos tanteos, se definió que el ancho de la base fuese de dos metros, para los cuales los factores de seguridad resultaron los siguientes:

Brazo de palanca = 0.5

$$F_{1V} = ( 0.5 \times 3.0 \times 1.875 \times 1 ) = 1.40 \text{ ton.}$$

Brazo de palanca = 1.17

$$F_{2V} = 1.0 \times 3.0 \times 1.875 \times 1 = 5.625 \text{ ton.}$$

Brazo de palanca = 1.33

$$F_{3V} = [(0.5 \times 3.0) \times 1.80 \times 1] / 2 = 1.35 \text{ ton.}$$

$$F_{VT} = 1.40 + 5.625 + 1.35 = 8.375 \text{ ton.}$$

Localización de la resultante de las fuerzas verticales con respecto al punto de volteo.

$$X_{kT} = [ F_{1V}(X_{k1}) + F_{2V}(X_{k2}) + F_{3V}(X_{k3}) ] / F_{VT}$$
$$X_{kT} = [ 1.40(0.5) + 5.625(1.17) + 1.35(1.33) ] / 8.375 = 1.08$$

El momento resistente producido por la fuerza total del peso de la estructura es:

$$M = 8.375 \times 1.08 = 9.04 \text{ ton - m.}$$

Finalmente:

$$F.S \text{ volteo} = M_{\text{resistente}} / M_{\text{actuante}} = 9.04 / 3.97 = 2.27$$

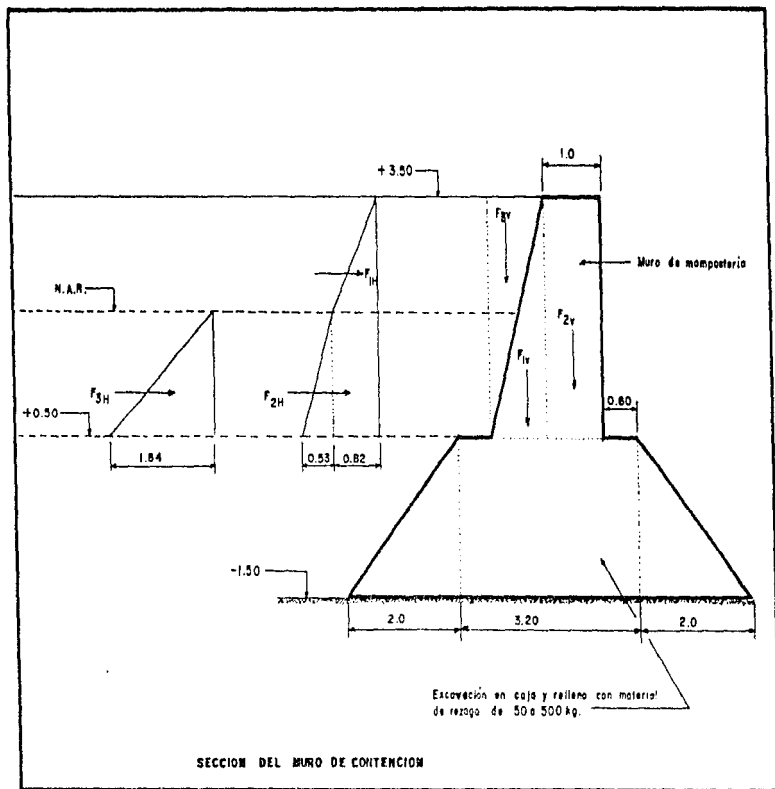
$$F.S \text{ deslizamiento} = ( F_{VT} \times \text{Coef. de Fricción} ) / F_{HT} = 8.375 / 4.1 = 2.0$$

Posición de la resultante con respecto al punto de volteo.

$X = ( 9.04 - 3.97 ) / 8.375 = 0.60 \text{ m.}$  ; la línea de acción de la resultante está dentro del tercio medio de la base de la sección.

El muro dimensionado anteriormente, se apoyará en una cimentación a base de material de rezaga con un peso comprendido entre 50 a 500 kg. y cuyas dimensiones se muestran en el esquema.

La profundidad de desplante de la cimentación se propone a la cota -1.5 m. con respecto al nivel de Bajamar Media Inferior por cuestiones de socavación ya que la capacidad de carga del terreno es suficiente, además de que esta quedará confinada lateralmente no existiendo posibilidades de deslizamiento.





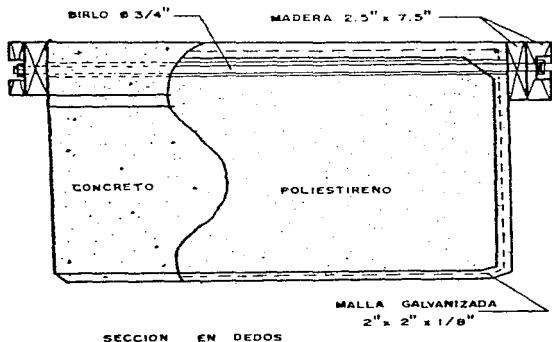
## CAPITULO 7. MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA MARINA

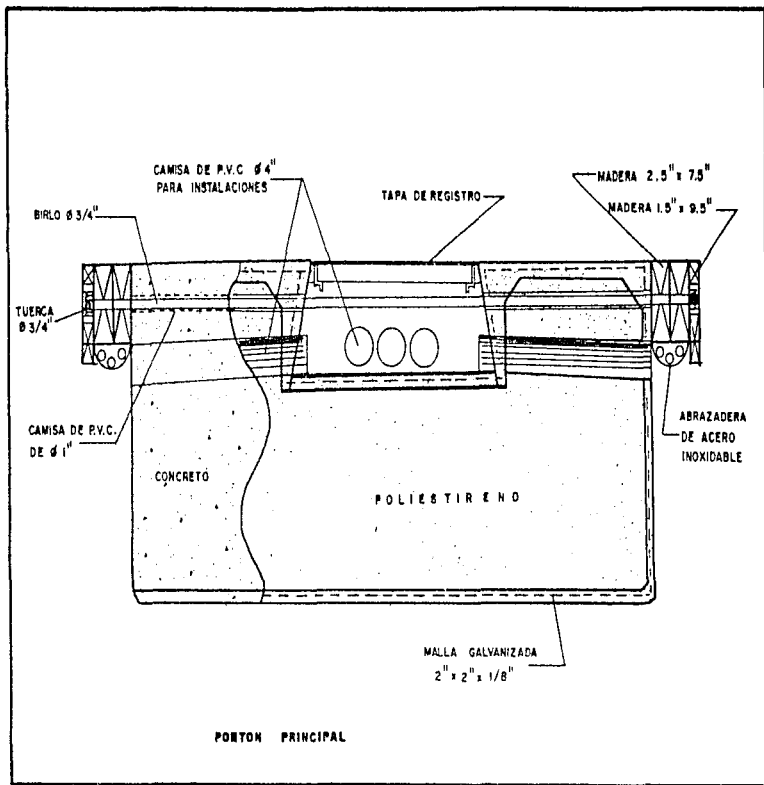
### 7.1 DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

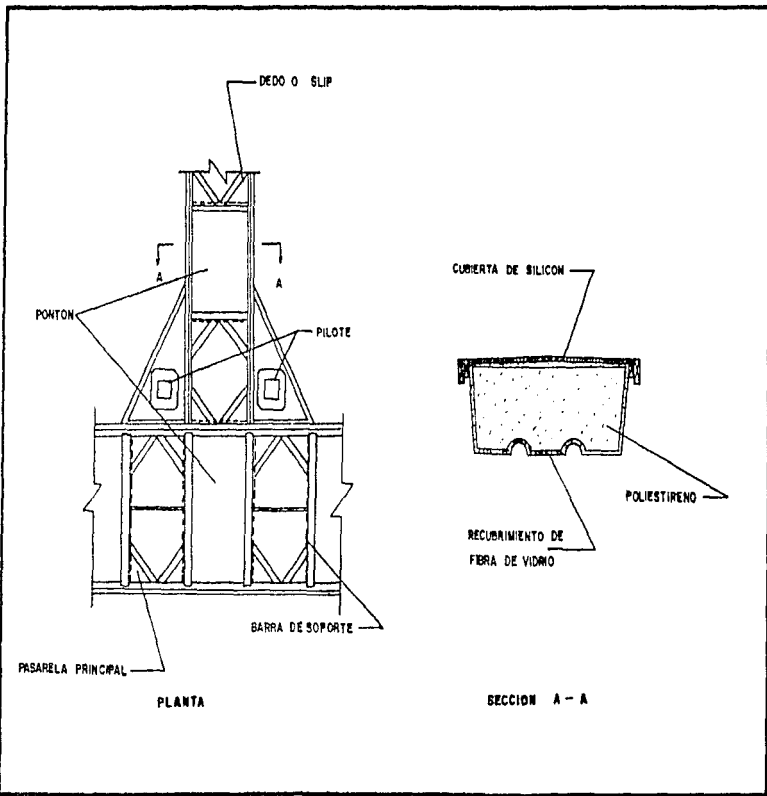
Los muelles serán construidos a base de cajones de concreto reforzado con un corazón de espuma de poliestireno de una densidad aproximada de  $18 \text{ kg/m}^3$ , el mismo cajón sirve como sistema de piso y protege a la espuma contra la acción dañina de agentes externos que pudieran deteriorarla.

Como medio de unión se utilizará madera de pino tipo Douglas Fi o similar tratada con creosota para evitar el deterioro por la adherencia de crustáceos marinos; la madera servirá al mismo tiempo para la colocación de aditamentos tales como cornamusas, instalaciones y defensas de hule, y le dará la flexibilidad necesaria para absorber parte de la energía transmitida por las embarcaciones al entrar en contacto con los muelles.

PONTONES TIPO





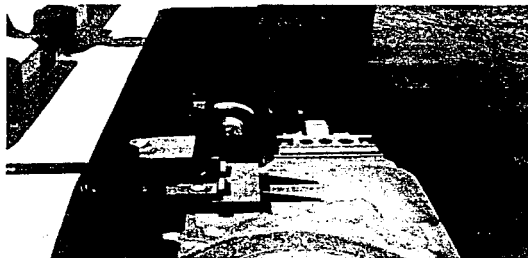
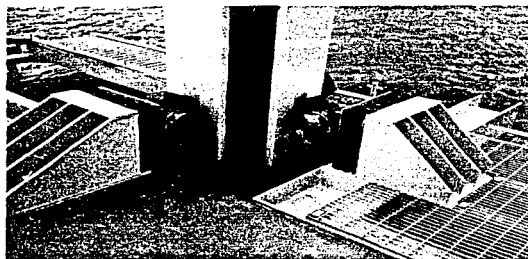


todos los herrajes serán debidamente galvanizados por inmersión en caliente para evitar la corrosión originada por el ambiente marino

Los muelles, al seguir los movimientos de la marea, se deslizarán sobre los pilotes por medio de unos rodillos de neopreno montados sobre una estructura de ángulo de acero galvanizado fijada al flotador.

Los pilotes serán de concreto presforzado de 40 x 40 cm. de sección transversal, colocados en el fondo marino dentro de una perforación previa fijados con concreto colado bajo el agua.

#### RODILLOS DE NEOPRENO



## 7.2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Una de las consideraciones de diseño más importantes que hay que hacer para el diseño de los muelles flotantes de la marina, sin duda alguna es la incidencia del viento sobre las embarcaciones, que se transmite como una fuerza que actúa sobre las bitas de amarre; en lo que respecta a la fuerza de corriente, esta será mínima, pues solo estará actuando la corriente que se origina con el cambio de niveles debido a la marea, aquí cabe recordar que el área de la marina es una zona protegida con agua en calma y que de la única acción que no es posible protegerla del todo, es del viento el cual se deberá considerar dentro del cálculo de fuerzas que actúan sobre los muelles.

Otras consideraciones a tomar en cuenta serían la fuerza de atraque de las embarcaciones sobre el muelle, las cargas vivas y muertas; con estas dos últimas cargas se deberá revisar la flotabilidad de los pontones de concreto que más adelante se presenta, en seguida se presenta el cálculo de la fuerza de viento que se ejerce sobre las embarcaciones.

### CALCULO DE LA FUERZA EJERCIDA POR EL VIENTO

Velocidad de diseño del viento : 140 km./hr ( 39.0 m/seg. ), para encontrar la presión del viento ejercida sobre las embarcaciones se utilizará la siguiente fórmula :

$$P = c V^2 / 16$$

donde:

**P** - presión del viento en ( kg. / m<sup>2</sup> )

**V** - velocidad del viento en ( m / seg. )

**c** - factor de presión del viento que está en función de la forma geométrica de las embarcaciones ( c = 1.3 )

de lo anterior tenemos que :

$$P = 1.3 \times (39)^2 / 16 = 123.58 \text{ kg./m}^2$$

La fuerza total  $F_v$  que las embarcaciones provocan sobre el muelle flotante será igual a la presión por el área expuesta al viento:

$$F_v = P \times A$$

En seguida se presentan los cálculos hechos para cada peine según el número y tipo de embarcaciones que se consideran que estarán atracadas.

## PEINE 1

datos de la embarcación tipo ( 60 y 200 pies )

EMBARCACION (PIES)	ESLORA (M)	MANGA (M)	CALADO MAXIMO (M)	DESPLAZAM. (TON)	PUNTAL (M)
60	18.30	5.64	1.20	18.00	2.30
200	61.00	8.50	3.60	90.00	8.60

Como la forma de las embarcaciones es muy irregular, y además cambia radicalmente entre un bote y otro, haremos la consideración siguiente: la altura (H) de diseño de la embarcación se calculará incrementando en un 15% el puntal real de esta, con lo cual se compensará la obra muerta debida a velas, casetas, techos, etc.

para las embarcaciones de 60 pies tenemos que:

$$H = H_{\text{real}} \times 1.15 = 2.645 \text{ m.}$$

calado mínimo = 0.43 m

por lo cual la altura de diseño con el calado mínimo es:

$$H_{\text{dis}} = H - C_{\text{min.}} = 2.22 \text{ m}$$

y la fuerza ejercida por el viento en dirección perpendicular al eje longitudinal del peine sobre las embarcaciones es de :

No. de embarcaciones ..... 12 unidades

$$F_{V1} = H \times M \times P \times \text{No.} = 18467.84 \text{ kg.}$$

para la segunda línea de embarcaciones, se considera un factor de protección de un 50%, por lo que la fuerza del viento se disminuirá un 50% del valor de la primera línea.

$$F_{V2} = 0.5 \times F_{V1} = 9283.92 \text{ kg.}$$

y la fuerza ejercida sobre el muelle flotante será .

longitud expuesta sin embarcaciones ..... 31.29 m.

$$F = 31.29 \times H_{\text{muelle}} \times P = 31.29 \times 0.4 \times 123.58 = 1546.73 \text{ kg.}$$

$$F_{\text{total}} = 18567.84 + 9283.92 + 1546.73 = 29398.49 \text{ kg.}$$

La fuerza resistente trabajando el pilote a un 75% de su límite está dada en la siguiente tabla en la cual la resistencia está en función del brazo de palanca.

BRAZO DE PALANCA (M)	5	6	7	8	9
FUERZA RESISTENTE (KG.)	1408	1173	1006	880	782

Para encontrar el número de pilotes, calcularemos la resistencia de cada uno en base a la profundidad de desplante en el fondo marino y el punto de aplicación de la fuerza en las condiciones más desfavorables:

pleamar máxima .....	2.31 m
altura del muelle flotante .....	0.36 m
nivel de aplicación de la fuerza .....	2.67 m
nivel del fondo marino .....	4.00 m
brazo de palanca .....	6.67 m

con un brazo de palanca de 6.67 m la fuerza resistente del pilote es de 1006 kg., por lo que el número de pilotes estará dado por:

$$\text{No. Pilotes} = F_{\text{total}} / F_{\text{pilote}} = 29398.49 / 1006 = 29.22 = 30 \text{ pilotes}$$

para la embarcación de 200 pies tenemos lo siguiente:

$$H = H_{\text{real}} \times 1.10 = 2.60 \times 1.10 = 2.86 \text{ m.}$$

por lo cual la altura de diseño con el calado mínimo es:

$$H_{\text{dise.}} = H - C_{\text{min.}} = 2.86 - 0.43 = 2.43 \text{ m}$$

y la fuerza ejercida por el viento en dirección perpendicular al eje longitudinal del peine sobre la embarcación estará dada principalmente por la eslora ya que el atraque es lateral:

$$\text{No. de embarcaciones} \dots\dots\dots 1$$

$$F = H \times L \times P \times \text{No.} = 2.43 \times 61 \times 123.58 \times 1 = 18318.26 \text{ kg.}$$

fuerza sobre el muelle:

$$\text{longitud del muelle expuesta sin embarcación} \dots\dots\dots 5 \text{ m.}$$

$$F = 5.0 \times 0.40 \times 123.58 = 247.16 \text{ kg.}$$

$$F_{\text{total}} = 18318.26 + 247.16 = 18565.42 \text{ kg.}$$

la fuerza debida a la segunda fila de embarcaciones en la parte posterior del mismo peine se tomará con un factor del 30% por ser una embarcación continua:

$$F = 0.30 \times F = 18565.42 \times 0.3 = 5569.63 \text{ kg.}$$

$$F_{\text{total}} = 18565.42 + 5569.63 = 24135 \text{ kg.}$$

Para encontrar el número de pilotes, nos basaremos en la resistencia de cada uno en base a la profundidad de desplante en las condiciones más desfavorables.

fuerza resistente del pilote 1006.0 kg.

brazo de palanca 7.17 m.

No de pilotes =  $F_{total} / F_{R\ piloto} = 24135 / 1006 = 23.99 = 24$  pilotes

Para los siguientes muelles se procederá con la misma mecánica de cálculo por lo que se presenta una tabla resumiendo los datos obtenidos.

En el cálculo de la altura de diseño se considerará un incremento del 15% en el puntal real del tipo de embarcación de que se trate, que esté en el intervalo de 25 a 60 pies y para embarcaciones mayores, de 10% .

En cuanto se refiere a la segunda fila de embarcaciones del mismo peine, es decir en la parte posterior de la primera fila de embarcaciones que reciben la presión del viento, se tomará el 50% de la fuerza que se calculó para la primer fila

Para la longitud expuesta del muelle, es decir donde no se encuentran embarcaciones que reciban la acción del viento, se considerará la altura del muelle igual a 0.40 metros.

La fuerza resistente que se toma para el cálculo del número de pilotes, es la fuerza resistente trabajando el pilote a un 75% de su limite.

El dato de los niveles que se utilizan para determinar la longitud del brazo de palanca son los siguientes:

Pleamar máxima .....	2.31 m.
Altura del muelle flotante .....	0.40 m.
Nivel de aplicación de la fuerza .....	2.67 m.
Nivel del fondo marino .....	- 4.0 m.

nota: en el caso del muelle 5 y 6 el nivel del fondo marino esta a la - 3 m. y en el caso del muelle 1 donde se encuentra la embarcación de 200 pies el nivel del fondo marino está a la - 4.50 m.



**CARACTERISTICAS DE LAS EMBARCACIONES**

EMBARC. TIPO (PIES)	ESLORA (m)	MANGA (m)	CALADO MAXIMO (m)	CALADO MINIMO (m)	DESPLAZ. (TON.)	PUNTAL (m)	ALTURA DE DISEÑO (m)
200	61.00	8.50	3.60	0.43	90.00	2.60	2.43
60	18.30	5.64	1.20	0.43	18.00	2.30	2.22
50	15.25	5.19	0.85	0.39	17.00	2.10	2.03
45	13.73	4.73	0.70	0.35	16.00	1.97	1.91
40	12.20	4.58	0.60	0.35	14.00	1.78	1.70
35	10.67	4.27	0.50	0.42	8.00	1.25	1.01
25	7.63	2.75	0.45	0.39	4.36	1.15	0.93

Siguiendo el mismo procedimiento de cálculo aplicado para el peine 1, en la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para cada peine incluyendo el peine 1 ya calculado

**TABLA DE RESULTADOS**

E. T. (PIES)	No. P	No E.	FV1 (KG)	FV2 (KG)	FM (KG)	FT (KG)	B.P. (M)	R.P. (KG)	No. P/P
200	1	1	18318.26	5569.63	247.16	24135.00	7.17	1006	24
60	1	12	18567.84	9283.92	1546.73	29398.49	6.67	1006	30
50	2	27	35154.00	17577.00	1483.45	54214.45	6.67	1251	44
45	3	27	30144.36	15072.19	2093.44	47310.01	6.67	1173	41
40	4	27	25979.23	12989.62	2297.35	41266.20	6.67	1173	35
35	5	29	15455.94	7727.97	2282.27	25466.18	5.67	1408	19
25	6	35	11061.95	5530.97	2715.05	19307.97	5.67	1408	14

donde:

E. T. - embarcación tipo

No. P. - número de peine

No. E. - número de embarcaciones atracadas en el peine

FV1 - fuerza de empuje debida al viento ejercida sobre la primera línea de embarcaciones y transmitida al muelle.

FV2 - fuerza de empuje debida al viento ejercida sobre la segunda línea de embarcaciones y transmitida al muelle.

- FM** .- fuerza de empuje debida al viento ejercida sobre el muelle en los espacios donde no hay embarcación.
- FT** .- fuerza total de empuje que actúa sobre el muelle
- B.P.** .- brazo de palanca en la posición más desfavorable.
- R.P.** .- resistencia del pilote.
- No. P/P.** .- número de pilotes por peine.

Dentro de las consideraciones de diseño, las instalaciones también cuentan en forma importante, debido a que en algunos casos deben cumplir especificaciones muy precisas que de alguna manera influyen en el diseño final de las estructuras, en otros casos las instalaciones pueden ser adaptables a los diseños estructurales; en el caso de las marinas por norma estas deben de tener instalaciones de servicios tales como instalaciones de: agua potable, contraincendio, eléctricas, aguas negras y de combustible. En menor grado de importancia están las instalaciones de televisión y telefonía.

Todas las instalaciones anteriormente mencionadas son colocadas en un solo gabinete ( agua potable, eléctricas, televisión y telefonía ), a excepción de las instalaciones contraincendio, las cuales no deben compartir su gabinete con algún otro servicio y además, debe garantizarse la cantidad de agua necesaria en el caso de un incendio. Para tales instalaciones no se permite que las tuberías sean de P.V.C. que son altamente inflamables, si no que deben ser de fierro galvanizado pintadas de rojo para su pronta localización y cuidado.

### **7.3 FLOTABILIDAD DE LOS PONTONES**

Los pontones son estructuras flotantes constituidas principalmente de poliestireno recubierto de concreto con madera de protección a los lados, también en la parte inferior de estas maderas se colocan tuberías para las diferentes instalaciones aunque en la actualidad la mayoría de los pontones traen encamisados en el centro para alojar instalaciones que por lo general son de televisión y telefonía por ser instalaciones que necesitan de mayor protección, algunos otros tienen huecos tipo registro, a continuación se presentan los tipos de pontones que serán utilizados para esta marina.

Todos los elementos de fierro o de acero que se utilizan para unir o fijar algún elemento en los pontones son galvanizados en caliente para su protección dada la alta corrosión que se presenta en ambientes salinos. La superficie de desgaste del pontón es de material antiderrapante.

**CALCULO DE LA FLOTABILIDAD.**

Flotador de 3 pies

dimensiones:

Largo:.....3.05 m

Ancho:.....0.92 m

Altura:.....0.76 m

Volumen de concreto:

CONCEPTO	ESPESOR MEDIO (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
TAPA	0.0635	0.177
BASE	0.0381	0.106
LATERALES	0.0381	0.089
FRONTERALES	0.0381	0.027
TRABES	-----	0.058
VARIOS	-----	0.046
<b>TOTAL</b>		<b>0.503 m<sup>3</sup></b>

Peso de todos los componentes

CONCEPTO	CANTIDAD	PESO	PESO TOTAL
CONCRETO	0.503 m <sup>3</sup>	1600 kg/m <sup>3</sup>	804.15 kg.
ESP. DE POLIES.	2.127 m <sup>3</sup>	18.00 kg/m <sup>3</sup>	38.28 kg
ELEM. ESTRUCT.	17 pzas.	1.00 kg /pza.	17.00 kg
LOCKERS Y VAR.	51 pzas.	1.00 kg /pza.	51.00 kg.
<b>TOTAL</b>			<b>910.44 kg.</b>

La capacidad de flotabilidad del pontón es de 27.91 kg. por cada centímetro que se sumerja por lo que si tenemos 910.44 kg. de peso muerto se sumergirá 32.62 cm. Restando un bordo de 43.58 cm. ( 76.20 - 32.62 = 43.58 ), considerando una carga viva de 150.0 kg/m<sup>2</sup> y si el área del ponton es de 2.79 m<sup>2</sup>, tenemos que el peso por carga viva es de 418.61 kg., que al sumarle el peso por carga muerta nos da un total de 1329.05 kg. por lo cual quedan sumergidos 47.20 cm. los restantes 28.58 cm. quedarán como bordo libre.

De esta forma se procede a calcular los demás flotadores en función de sus dimensiones y elementos que contengan, a continuación se presenta una tabla con los resultados obtenidos

F. pies	L cm.	A cm.	AL cm.	P / C.M kg.	P / C.V kg.	C.F.	C.T. cm.	B.L. cm.
3	305	92	76.20	910.44	418.61	27.91	47.62	28.58
4	305	122	76.20	1151.64	558.15	37.21	45.95	30.25
6	305	183	76.20	1667.54	837.23	55.82	44.88	31.32
8	305	244	76.20	2161.77	1116.36	74.42	44.05	32.15

donde:

F .- flotadores tipo denominados en pies.

L .- longitud del flotador.

A .- ancho del flotador.

AL .- altura del flotador.

P/C.M .- peso por carga muerta.

P/C.V .- peso por carga viva.

C.F .- capacidad de flotabilidad de los pontones en kg. / cm sumergidos.

C.T .- calado total del pontón.

B.L .- bordo libre.

En general, en el caso de marinas, en la actualidad se están utilizando con mayor frecuencia el tipo de muelles flotantes, ya que esto garantiza siempre estar arriba del nivel medio del mar en caso de que haya una pleamar extraordinaria que en el caso de los muelles fijos no se podría absorber, quedando sometidos a esfuerzos extraordinarios que en un momento dado no están contemplados en los detalles de diseño; el único inconveniente que presentan este tipo de estructuras es el económico ya que se fabrican en los Estados Unidos y su importación es cara, aunque si se toma en cuenta que la inversión inicial es alta pero su valor de recuperación es diez veces, mayor se justifica el costo por importación.

## 7.4 DIMENSIONAMIENTO DE LOS PILOTES

Los pilotes serán de concreto presforzado de sección cuadrada de 40 cm por 40 cm, con un área de 1600 cm<sup>2</sup>, se escogió una sección cuadrada por ser de fácil fabricación, el presfuerzo se hará con ocho torones formados por siete alambres de 1/2" de diámetro.

Las características de los pilotes son las siguientes:

resistencia última del torón .....	18883 kg./cm <sup>2</sup>
esfuerzo de trabajo.....	11330 kg./cm <sup>2</sup>
esfuerzo total de trabajo por 8 torones.....	90638 kg./cm <sup>2</sup>
módulo de la sección respecto a un eje transversal.....	10667 cm <sup>3</sup>
módulo de la sección con respecto a un eje en diagonal.....	7542 cm <sup>3</sup>
resistencia a la compresión de! concreto.....	400 kg./cm <sup>2</sup>

por otro lado sabemos que el esfuerzo a la tensión  $f_c = 90638 / \text{área (+) y (-) M/S}$

para un esfuerzo de compresión de  $0.45 f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$  el momento resulta ser de 9303 kg.- m.

para un esfuerzo de tensión nulo  $f_c = 0$  el momento es igual a 4272 kg.- m.

para un esfuerzo de compresión de  $7.5 \sqrt{f'c} = 150 \text{ kg./cm}^2$  el momento resulta ser de 7040 kg.- m.

para efectos de cálculo escogeremos el momento resistente tal que el esfuerzo de compresión sea de  $150 \text{ kg./cm}^2$  con lo cual podemos hacer el cálculo con diferentes brazos de palanca para diferentes profundidades.

BRAZO DE PALANCA ( m )	FUERZA ( kg. )	BRAZO DE PALANCA ( m )	FUERZA ( kg. )
4.00	1,760	7.00	1,006
4.50	1,564	7.50	939
5.00	1,408	8.00	880
5.50	1,280	8.50	828
6.00	1,173	9.00	782
6.50	1,083	9.50	741

De la tabla anterior se deduce que entre mayor sea el brazo de palanca menor es la fuerza que se tiene que aplicar para generar el momento resistente del pilote y cuando el brazo de palanca es menor, mayor es la fuerza que hay que aplicar para poder generar el momento resistente, es decir:

$$M_{\text{RESISTENTE}} \geq \text{Fuerza} \times \text{Brazo de palanca.}$$

Donde el momento resistente es el momento resistente del pilote y está dado por la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} M_u &= q (1 - 0.5q) f'_c b d^2 && \text{para secciones rectangulares} \\ M_u &= q (1 - 0.5q) f'_c d^3 && \text{para secciones cuadradas, ( } b = d \text{).} \end{aligned}$$

donde:

$M_u$  .- momento último resistente en kg.- cm.

$q$  .- índice de refuerzo y está dado por:  $q = (A_s / b d) (f_y / f'_c)$

$A_s$  .- área de acero en  $\text{cm}^2$ .

$f_y$  .- esfuerzo especificado de fluencia del acero  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

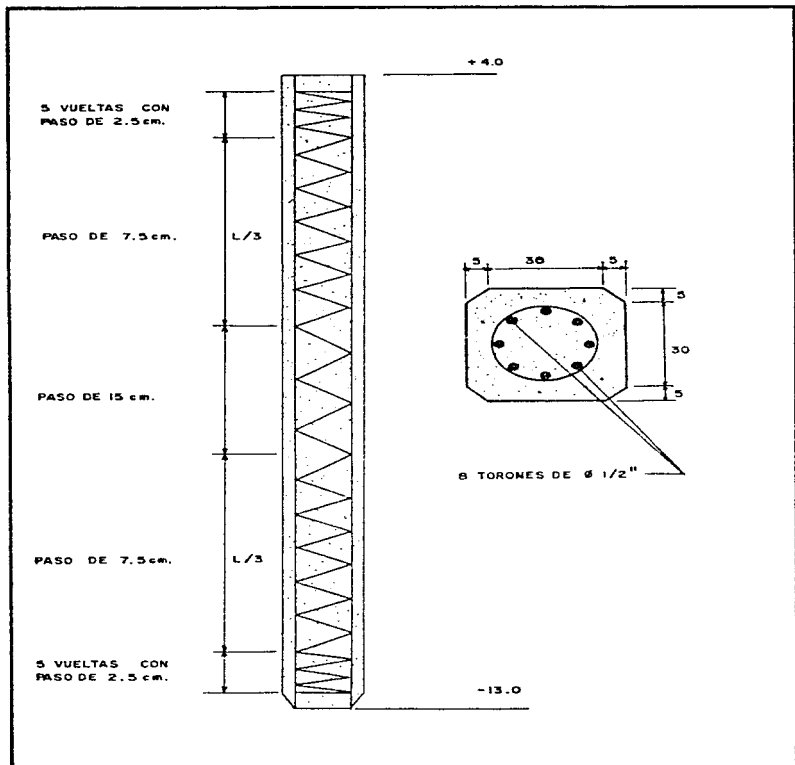
$f'_c$  .- resistencia del concreto  $f'_c$  afectada por un factor de reducción de 0.68.

$b$  .- ancho de la sección en cm.

$d$  .- peralte efectivo de la sección en cm.

La fuerza es la que actúa sobre el muelle y que multiplicada por la distancia que hay entre el punto de empotramiento y el punto de aplicación, es decir el brazo de palanca, nos da como resultado un momento flexionante que debe ser menor que el momento resistente.

Si quisiéramos semejar a un modelo el comportamiento de los pilotes, no habría otro mejor que el modelo de una viga en cantiliver con una fuerza aplicada en uno de sus extremos, que es el caso más desfavorable.



## **CAPITULO 8. MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL DEL ROMPEOLAS DE LA MARINA EN LA ZONA DENOMINADA PLAYITAS**

### **8.1 INTRODUCCION**

Los desarrollos turísticos al igual que cualquier obra pública en la actualidad, requieren de una manifestación de impacto ambiental, que en años pasados no era obligatoria y que dada la relevancia de las obras y el daño que le ocasionan al medio ambiente ha sido indispensable conceptualizar por norma, la presentación de la manifestación de impacto ambiental, de ahí que los desarrollos turísticos que se implementan en la zonas costeras, requieren del conocimiento de un amplio conjunto de factores ambientales, que demarcan el comportamiento integral de una región específica. La unión de estos factores delimitan los riesgos naturales o inducidos a los que está expuesta la franja litoral, los cuales a su vez pueden representar contingencias para las actividades de origen antropogénico.

Debido a que este ambiente, se encuentra en un estado de equilibrio natural, cualquier proceso inducido por el hombre lo altera, de este modo, el medio busca recuperar el estado inicial a lo largo del tiempo, a través del aumento, disminución o migración de los procesos de sedimentación o erosión, como puede visualizarse en los cambios que sufren las líneas de costa que están bajo la influencia de asentamientos humanos, que al crear obras de infraestructura tales como las obras de protección, cambian las condiciones de equilibrio en que se encuentra el transporte de sedimentos, creando en algunas zonas erosiones y en otras azolvamientos por lo que se deben de hacer estudios que delimiten adecuadamente los cambios en el equilibrio natural y que si estos son dañinos para alguna especie natural se tendrán que valorar las acciones a emprender para mitigar o evitar dichos daños.

No obstante, la proyección en el tiempo de estos procesos mediante el conocimiento oceanográfico, puede indicar la manera en que estos se pudieran desenvolver, para poder minimizar cualquier efecto riesgoso para el hombre y su entorno, aún antes de haber realizado modificación alguna.

En general se puede persuadir al hombre de que cualquier cambio provocado al medio natural que lo rodea, es un daño que de alguna manera afecta su medio de desarrollo que se puede presentar de inmediato o a largo plazo, salvo algunos caso contados casi todos los cambios se presentan relativamente a largo plazo por lo que es difícil observar tales cambios, esto demerita la importancia que se debe de dar en materia de impacto ambiental.



## 8.2 JUSTIFICACION

En la Bahía de Todos Santos existen dos estructuras de protección costera de gran importancia que son: el rompeolas del puerto de Ensenada y el rompeolas del puerto del Sauzal; estas estructuras han demostrado tener un área de influencia más allá de su propia rada portuaria en el aumento del retroceso de la línea de costa "corriente abajo" producto de la refracción del oleaje, tal y como lo han estado reportando los diferentes investigadores, como en el caso de Van Dooren, en 1991 y Medina, en 1993.

Dentro del estudio de impacto se abordará el tema del arrastre de sedimentos dentro del marco de la dinámica litoral para la zona, esto con vistas a que debido al cambio de la estructura natural ( línea de playa ), a una estructura artificial ( rompeolas ) la refracción del oleaje ha cambiado las tendencias naturales de arrastre y depósito de sedimentos.

La marina que se tiene proyectada en la zona de Playitas, requiere de una serie de estudios y resoluciones particulares en la zona, no resultando suficientes los ya hechos de manera general en la Bahía de Todos Santos. sin embargo, pueden ser empleados para apoyar los nuevos planteamientos en el comportamiento del balance sedimentario, a partir de las modificaciones que sufrirá la costa con la construcción del rompeolas y el espigón auxiliar.

Playitas, en particular, es una zona que presenta características propias con diferencias marcadas con respecto al resto de la Bahía, estas diferencias están denotadas por una serie de factores físicos y geográficos, como pueden ser el bajo de Punta Morro y la orientación de las isobatas con respecto al ángulo de arribo del oleaje ( Ulloa, 1989, Medina, 1993 ), factores que en conjunción definen el comportamiento de la dinámica en la costa.

De lo anterior se desprende la importancia de realizar estudios en esta zona con la finalidad de aplicar adecuadamente los conceptos y técnicas necesarias para la proyección de los efectos en la zona adyacente a la estructura como producto de la construcción de la misma. Ya que la modificación artificial de la morfología costera necesariamente altera las condiciones naturales del medio. En base a este estudio se podrán evaluar las tendencias oceanográficas, que permitirán definir el posible comportamiento de la zona de influencia de la estructura, como función de los resultados obtenidos.

### 8.3 METODOLOGIA

Para poder realizar una evaluación integral del impacto que pudiera tener el rompeolas de la marina, es necesario conocer el comportamiento de las variables físicas involucradas en el complejo sistema costero.

Con el propósito de poder llegar a una conclusión viable, relacionada con una proyección a corto plazo, se planteó la utilización de diagramas de refracción del oleaje con diferentes períodos, alturas y dirección de arribo a la zona de Playitas, conjuntamente con mediciones del volumen de sedimentos utilizando nivelación diferencial y un modelo de transporte de sedimentos de tamaño canto rodado (boleo). Los resultados de estos métodos se conjugaron con mediciones en la dirección y velocidad tanto de la corriente litoral como de los vientos para tener una base de datos de la zona que permitirá hacer inferencias confiables de su comportamiento con y sin la estructura.

#### MODELO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DE TAMAÑO CANTO RODADO DE KOMAR Y LI (1988).

No existe un modelo para el volumen de sedimentos de tamaño gravas transportado por la corriente litoral, sin embargo se utilizó el modelo de Komar y Li (1988) que permite obtener la altura del oleaje que es capaz de mover a este sedimento (López, 1993). El modelo es el siguiente:

$$\Omega_i = \left[ (4/3) \Omega / (5.75 \log(30Z_p / \xi D_{50}))^2 \right] \times \left[ \tan \Phi / A + B( D_b / D_c ) \tan \Phi \right]$$

en donde  $\Omega_i$  es el parámetro adimensional de Shields para el inicio del transporte de sedimentos,  $\Omega$  es un término referido a la turbulencia ( no se utilizó en este trabajo por la incertidumbre de su valor),  $Z_p$  es la distancia desde el lecho hasta el punto más expuesto de la partícula ( ver fig. )  $D_{50}$  es el tamaño promedio de los sedimentos sobre los que descansa la partícula,  $\xi$  es un coeficiente que relaciona el grado de clasificación del sedimento a partir del coeficiente de rugosidad del fondo:  $K_s = \xi D_{50}$ ,  $D_b$  es el diámetro promedio de la partícula como representativo del tamaño de la misma ( Illenberger, 1991) como el que va a delimitar el inicio del movimiento del sedimento,  $D_c$  es la longitud del eje menor del clasto con el que se va a determinar el inicio del movimiento y  $\Phi$  es el ángulo geométrico de pivoteo, definido como sigue:

$$\Phi = e( D_b / D_{50} )^f$$

en donde:  $e = 36^\circ$  y  $f = 0.2$ , ambos son coeficientes empíricos para partículas elípticas sin imbricación ( Li y Komar, 1986 ).

A, involucra la influencia de la fuerza de arrastre  $F_d$  y esta definida como:

$$A = (C_d \Psi K_d^2) / \zeta$$

en donde:  $\zeta$  se introduce por la no equivalencia entre las componentes del momentum, teniendo un valor de aproximadamente 0.85;  $K_d$  es la razón de arrastre:  $U_d / U_p$ ;  $C_d$  es un coeficiente de arrastre  $\approx 0.7$ ;  $\Psi$  es la razón de cobertura o exposición de la partícula  $\approx 0.9$ .

B, involucra la fuerza ascensional  $F_L$  estando definida de la siguiente manera:

$$B = C_L K_L^2$$

en donde:  $K_L$  es la razón de levantamiento:  $U_L / U_p$ ;  $C_L$  es un coeficiente de levantamiento  $\approx 0.2$  (Dyer, 1986).

En este modelo se diferencian a las características del flujo, p.e.: el perfil, velocidad y turbulencia ( primer argumento de la igualdad ), de los efectos del flujo sobre la partícula ( levantamiento y arrastre ) y la geometría del depósito ( se presenta en el segundo argumento de la igualdad ). Básicamente en el primer argumento de la ecuación se introducen las variaciones en la velocidad del flujo que actúa en diferentes puntos de la partícula, de acuerdo con la proporción de tamaño entre la partícula sobreyacente y las partículas del lecho y el grado de exposición de la primera, lo cual está delimitado en el segundo argumento de la igualdad

Estas propiedades del entorno físico y en el medio definen la manera en que actúan los procesos ascensionales o de arrastre sobre la partícula.

De acuerdo con la ecuación del ángulo geométrico de pivoteo, cuando  $D_p/D_{50}$  aumenta, el valor de  $\Phi$  disminuye, provocando que la partícula esté más expuesta a las condiciones del flujo y que la oposición al movimiento por parte del lecho sea menor, facilitando así el inicio del movimiento. Esto implica que mientras mayor sea el valor de  $D_p$ , el inicio del movimiento sería más fácil, sin embargo, este proceso se compensa por el parámetro adimensional de Shields  $\theta_t$  para el inicio del transporte de sedimentos, el cual está definido como:

$$\theta_t = \rho U_m^2 / (\rho_s - \rho) g D_b$$

en donde:  $g$  es la gravedad,  $9.81 \text{ cm/s}^2$ ,  $\rho_s$  es la densidad del sedimento,  $2.9 \text{ gr./cm}^3$  y  $\rho$  es la densidad del fluido,  $1.025 \text{ gr./cm}^3$  para agua de mar ( Komar y Miller, 1975).

El balance entre el peso de la partícula y como actúa el flujo en ella definen el inicio del transporte de la misma.

Una vez que se obtuvo el parámetro adimensional  $\theta_i$  se despejó la velocidad máxima en el fondo  $U_m$ . Utilizando la densidad del clasto y la longitud promedio del mismo. Ya calculado el valor de  $U_m$  se relacionó con la teoría clásica del oleaje de Airy para la velocidad horizontal máxima en el fondo con el propósito de obtener la altura del oleaje:

$$U_m = [ 2\pi a / T k h ] \cos \theta$$

en donde:  $U_m$  es la velocidad máxima en el fondo,  $T$  es el período de la ola,  $k$  es el número de onda ( $2\pi / \lambda$ ),  $\lambda$  es la longitud de onda en aguas someras,  $h$  es la profundidad,  $\theta$  es el ángulo de fase,  $a$  es la amplitud de la ola ( $H/2$ ) y  $H$  es la altura de la ola. De aquí se observa que despejando "a" se puede obtener el valor de  $H$ .

Para alimentar el modelo anterior, se realizó un muestreo aleatorio sin reemplazo de los ejes principales de 30 cantos rodados, cada dos estaciones de una poligonal base, encontrándose al diámetro de la partícula mediante el promedio de las longitudes de sus ejes ( Illenberger, 1991).

Para determinar la altura del oleaje en cada estación se seleccionó al canto de mayor tamaño, ya que se utilizan como indicadores de la capacidad mínima de transporte del oleaje, pues no sería válido relacionar a la altura de la ola obtenida a través de los sedimentos directamente con la máxima altura del oleaje en una localidad, ya que un clasto de cierto tamaño y densidad regular puede ser incitado al movimiento tanto por el oleaje de máxima altura, como por el oleaje de altura tal que sea la crítica para el inicio del movimiento del clasto, pudiendo ocurrir que la segunda tuviera una altura mucho menor.

Con esta información y los volúmenes de sedimentos transportados, obtenidos a partir de la nivelación diferencial, será posible delimitar cuándo podría ocurrir el transporte litoral, basado en la nivelación, de acuerdo con el tipo de oleaje que arrije a la costa.

Aunque este modelo involucra la mayoría de las variables que actúan en la zona costera, su principal limitante es que no relaciona a la mayor altura del oleaje que arrije a la costa, sino a la altura de la ola que es capaz de mover a las

gravas de mayor tamaño. No obstante este último resultado basta para los propósitos de este trabajo ya que no correspondería a la mínima altura del oleaje que pudiera transportar a los sedimentos, por lo que un oleaje de altura mayor también lo haría.

Dada la mayor proporción entre los cantos sobre las arenas, no se aplicó un modelo del volumen de transporte de las mismas ya que parte de la playa que contienen arenas, actualmente se encuentran cubiertas por la rampa de acceso.

Así pues, el conjunto de variables obtenidas en campo así como los modelos aplicados dan una idea del posible efecto en la estabilidad de la línea de costa, en la zona en cuestión producto del complejo turístico se podría saber si en las playas adyacentes se presentará un régimen erosivo, depósitosional o bien en equilibrio.

#### **8.4 CONCLUSIONES**

- ❶ De acuerdo con el tamaño medio de los cantos, la principal dirección de transporte litoral es hacia el sur, con una componente de menor importancia hacia el norte.
- ❷ La mayor energía del oleaje se concentra entre la región media de la playa y el punto de inflexión de la misma, frente a Quintas Papagayo.
- ❸ El principal efecto de la estructura de protección en las costas adyacentes lo constituye el cambio en el ángulo de aproximación del oleaje que arriba a las costas localizadas inmediatamente al sur.
- ❹ Estos cambios en la dirección de arribo pueden ocasionar el aumento de los procesos erosivos y por consiguiente, un aumento en la razón de retroceso de la línea de costa.
- ❺ Dependiendo de la dirección de arribo del oleaje a Playitas, así como el período que tenga el oleaje, van a delimitar la longitud de la zona de influencia de las olas refractadas a causa del rompeolas, siendo mayor esta zona cuando arriba oleaje con período de 14 segundos.
- ❻ Debido a que la corriente litoral presentó durante el período de muestreo una componente dominante hacia el sur, el déficit mínimo de sedimento en las costas adyacentes en esta dirección sería de  $34,568 \text{ m}^3$ .

## **8.5 RECOMENDACIONES**

Dado el cambio en la dirección de arribo del oleaje en la costa al sur de Playitas, es recomendable establecer un plan de contingencia para minimizar los posibles procesos erosivos. El principal objetivo de este plan sería la estabilización de los cantiles mediante enrocamientos, estableciendo un diálogo entre los poseedores de los terrenos adyacentes y la hotelera responsable de la estructura.

Por otra parte, si dentro del proyecto de construcción de la marina se tiene planteado el dragado de la dársena, sería recomendable que este material se colocara después de la punta frente a Quintas Papagayo para auxiliar así la deficiencia de sedimentos que Playitas pueda dejar de aportar al medio.

## CONCLUSIONES

Del estudio de las tres variables físicas más importantes que son: viento, mareas y corrientes de las cuales se derivan algunas otras como el fenómeno del oleaje; sin duda el más importante dentro de la dinámica costera; se ha podido analizar la viabilidad del presente proyecto no sin hacer hincapié en la importancia que tiene el análisis de las variables antes mencionadas, ya que son de suma importancia para el diseño de las estructuras de protección así como la no afectación a las zonas adyacentes.

De los datos obtenidos de los estudios realizados se deberá de tener especial cuidado con el depósito de materiales terrígenos derivados del acarreo pluvial, aunque existen represas, el aporte a la dársena es importante, de igual manera la influencia del rompeolas del puerto de Ensenada, no es significativa ya que el depósito que se ha presentado frente a esta estructura es debida a los rellenos que se colocaron en la parte norte del rompeolas y que debido a un oleaje extraordinario ( tormenta ) se erosionaron depositándose en la zona del rompeolas los cuales provocaron que perdiera su capacidad de disipación de la energía.

Actualmente se ha podido determinar que el acarreo litoral propio de la zona es del material que se erosiona en los acantilados y que están constituidos principalmente por cantos rodados.

En cuanto al oleaje, este se ha podido definir empleando las cartas de la Sea and Swell así como mediciones directas hechas en el lugar de estudio de las cuales se encontró un valor bastante aceptable entre ambos métodos, sin embargo se hizo una tercera comparación con la tabla de Minikin, tomada de la publicación Waves and Maritime Structures, la cual relaciona la velocidad del viento con la altura de ola obteniéndose que los resultados son semejantes.

Dependiendo de la dirección de arribo del oleaje a Playitas, así como el período que tenga la zona de influencia de las olas refractadas a causa del rompeolas, se espera que en la zona sur donde se encuentra el espigón haya un depósito y que en la parte norte se origine una erosión por lo que se deberán de proteger los cantiles mediante enrocamientos; En función de la altura de la ola de diseño se calculó el peso de los elementos constitutivos del rompeolas así como del espigón, por otro lado la fluctuación del nivel del mar debido a la marea u otro fenómeno será absorbido por la flotabilidad de los peines que en el capítulo 7 se trató.

Finalmente, de la manifestación de impacto ambiental, se concluye que es un poco difícil determinar con exactitud la influencia que podría originar el cambio en la refracción del oleaje, sin embargo de los estudios realizados se pudo definir que dicha influencia no va más allá de rada portuaria, esto debido a que dicha zona se encuentra semiprotégida de manera natural por Punta San Miguel, al norte, Isla de Todos Santos y Punta Banda al sur, formando una figura trapezoidal.

Dentro de todo este trabajo se trató de involucrar todas las variables que finalmente conlleven a poder determinar y diseñar el tipo de estructura que proporcione la protección necesaria a la zona en cuestión, sin menospreciar los trabajos de investigación hechos con anterioridad y que de una manera u otra involucran los cambios provocados por las obras artificiales.



## GLOSARIO DE TERMINOS

- Acantilado.**- Dice de la costa cortada verticalmente o a piso y también del mar formado por escalones o cantiles.
- Acarreo Litoral.**- Material sedimentario movido en la zona litoral, bajo la influencia de oleaje y corriente.
- Bahía.**- Entrante en la costa de las aguas de un mar, no tan extensa como un golfo pero mayor que una ensenada, caleta o rada.
- Bajo.**- Elevación del fondo del mar hasta tan cerca de la superficie del agua que hace peligrosa la navegación, puede ser piedra, arena o fango.
- Batimetría.**- Medición de las profundidades del agua en océanos, mares, lagos y lagunas.
- Boca.**- Pequeña y estrecha faja de agua que conecta a una bahía, laguna o un cuerpo de agua similar con otro mayor.
- Boleos.**- Piedra de forma redondeada de 1 a 2 kg.
- Bordo Libre.**- Altura adicional de una estructura por encima del nivel del pleamar de diseño, para prevenir inundación. También en un momento dado, la distancia vertical entre el nivel del agua y parte superior de la estructura. En un barco, la distancia desde la línea de flotación hasta la cubierta principal.
- Calado.**- Es la distancia vertical medida, entre la línea de flotación y el borde inferior de la quilla.
- Canal de Navegación.**- Es la zona navegable más importante del puerto, en ella el barco aún en movimiento pasa del mar abierto a la zona protegida y debe de realizar además la maniobra de parada.
- Canales Secundarios.**- Son vías navegables dentro del puerto que permiten a las embarcaciones realizar su rutina de entrada o salida, comunicando al canal de navegación principal con las distintas áreas que conforman el puerto.

- Cantiles.**- Roca en la costa o en el fondo del mar, cortado más o menos a pique a manera de escalón.
- Cantos Rodados.**- Trozos de piedra de 1 a 2 kg., transportados por acción del oleaje y depositados en la playa.
- Clastos.**- Suelo frágil o quebradizo, que puede dividirse.
- Conglomerados.**- Fragmento de roca agrupados en una masa compacta.
- Costa.**- Franja de tierra de ancho indefinido que se extiende desde la línea de playa hasta el primer cambio notable del terreno.
- Cuenca.**- Área o superficie de captación pluvial que fluye hacia un mismo arroyo o río que desemboca en un lago o mar.
- Curvas Hipsométricas.**- Distribución de área con respecto a las elevaciones de una cuenca para conocer la razón de depositación.
- Dársena.**- Lugar resguardado del mar y el oleaje en los puertos, para abrigo o refugio de las embarcaciones.
- Delta.**- Depósito aluvial, de forma más o menos triangular formada en la desembocadura de un río.
- Dendrítico.**- Fossilizado, piedra fossilizada, conjunto de cristales.
- Depresión** - Zona más baja con relación al nivel del mar, desplazamiento hacia abajo o adentro.
- Dictamen.**- Es el documento oficial resolutorio y constituye el compromiso que contrae el proponente ante la SEMERNAP para la instrumentación del plan o proyecto en cuestión en apego a lo manifestado, en materia del medio ambiente.
- Dragado.**- Acción y efecto de dragar; dragar: ahondar y limpiar los puertos, ríos, etc. con las dragas.
- Ecosonda.**- Instrumento electrónico usado para determinar la profundidad del agua por medio de la medición del intervalo de tiempo entre emisión de una señal sónica o ultrasónica y el regreso de su eco de el fondo.

**Ensenada.-** Seno que forma el mar en la costa.

**Erosión.-** Remoción de material bajo el agua o en la superficie, debido a oleaje y corriente, especialmente en la base de una estructura costera.

**Escollera.-** En mar abierto es una estructura que se extiende dentro de un cuerpo de agua, el cual es diseñado para prevenir el azolvamiento de un canal por el transporte de material y para dirigir y confinar las corrientes de marea. Las escolleras son construidas en las desembocaduras de ríos o canales a marea libre para ayudar a profundizar el canal o estabilizarlo.

**Eslora.-** Máxima dimensión entre las caras externas de la proa y la popa.

**Espigón.-** Estructura construida para proteger una costa usualmente perpendicular a la línea de costa y que sirve para atrapar el transporte litoral o retardar la erosión de una costa.

**Estrán.-** Parte de la playa, comprendida entre el máximo alcance de roción de la ola en marea alta y la marca ordinaria de marea baja, la cual es generalmente cruzada por el ascenso y descenso de las olas como las mareas suben y bajan.

**Fetch.-** Area de agua sobre la cual sopla el viento con velocidad y dirección constante y sobre la cual se genera un oleaje irregular (SEA).

**Isla.-** Porción de tierra circundada de agua por el mar, lago o río.

**Isobaras.-** Líneas que unen puntos en el espacio en los cuales hay una misma presión atmosférica en un momento dado.

**Isobata.-** Línea que une puntos de igual profundidad en una carta.

**Latitud.-** Distancia en grados de un punto de la tierra al Ecuador, y mide desde el cero grados en el Ecuador hasta noventa en cada uno de los polos.

**Línea de Costa.-** Intersección de un plano determinado de agua ( normalmente referido al nivel medio de marea o al nivel de bajamar media inferior), con la ribera o playa.

**Litoral.-** Perteneciente a la orilla o costa del mar, costa de un mar o territorio.

**Manga.**- Máxima dimensión transversal de un buque o embarcación.

**Marea.**- Movimiento periódico y alternativo de ascenso y descenso de las aguas del mar debido a las fuerzas de atracción lunar y solar combinadas con la fuerza centrífuga y el efecto de coriolis causado por la rotación de la tierra.

**Marina.**- Conjunto de obras y áreas de agua abrigadas para recibir las embarcaciones a vela y de motor que puedan llegar por tierra o mar. Cuenta con servicios e instalaciones tanto para el usuario como para la embarcación ( por ley existe una serie de servicios mínimos que deben reunir) y también con desarrollo inmobiliario residencial o multifamiliar.

**Morro.**- Peñasco escarpado que sirve de señal a los navegantes, enrocamiento masivo para protección de la punta de una escollera, rompeolas o espigón.

**N.B.M.I.** - (Nivel de Bajamar Media Inferior) es el promedio de la más baja de las dos bajamares diarias, durante el período considerado en la estación, marea semidiurna y mixta.

**N.P.M.R.**- (Nivel de Pleamar Máxima Registrada) es el nivel más alto registrado debido a las fuerzas de marea periódica, o también a que tenga influencia sobre las mismas los factores meteorológicos.

**N.P.M.S.**- (Nivel de Pleamar Media Superior) promedio de la más alta de las dos pleamares diarias, durante el período considerado en la estación.

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

**Pasarela Marginal.**- Es una estructura paralela al malecón que se conecta a tierra por medio de una escalera o rampa móvil, puede ser fija o flotante.

**Peine.**- Muelle formado por una pasarela principal y varios dedos perpendiculares a la pasarela (slips) que semejan un peine.

**Península.**- Porción de tierra en forma alargada rodeada por agua y conectada a una porción mayor de tierra.

**Pilote.-** Estaca que se clava en el fondo de un puerto, rada, bahía, etc. para comenzar una obra, puede ser de concreto, acero o madera (elemento de cimentación).

**Pontón.-** Barca hecha de maderos unidos entre sí; tramos de muelle flotante unido con maderos que forman un peine generalmente se emplean en las marinas.

**Playa.-** Zona de material no consolidado que se extiende tierra adentro desde la línea de marea baja hasta el lugar donde se establece un cambio en material o forma fisiográfica, o hasta la línea de vegetación permanente. Incluye el estrán y la anteplaya.

**Pleamar.-** Momento en que el nivel del mar está más alto y tiempo que está dura.

**Predicción de Oleaje -** Uso de cartas sinópticas de viento para calcular las características de olas que probablemente ocurrieron en un tiempo pasado.

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

**Punta.-** Cabo, pedazo de tierra angosto que entra en el mar, estar en el mar libre después de haber rebasado la boca o entrada en un puerto.

**Puntal.-** Distancia vertical, medida en la sección maestra, entre la quilla y el nivel de la cubierta principal.

**Rada.-** Ensenada o bahía, lugar de fondeadero a corta distancia de la costa, sirve de abrigo a las embarcaciones.

**Reflujo.-** Movimiento descendente de la marea.

**Refracción de oleaje.-** Cambio de la dirección de un tren de olas al chocar con un obstáculo que puede ser un rompeolas, espigón, etc.

**Ribera.-** Margen de un río y también de la mar; parte de tierra cercana a los ríos.

**Rizos.-** Pequeñas formas de fondo con longitudes de onda menores de 30 centímetros y altura menor de 3 centímetros.

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

**Rompiente.**- Ola rompiendo sobre una playa, arrecife, etc. que se clasifica en cuatro tipos.

**Rosa.**- De los vientos, rosa náutica o de oleaje; círculo que tiene marcados al rededor 16 0 32 rumbos en que se divide la vuelta del horizonte, donde se anota la mayor frecuencia o incidencia de un determinado elemento: viento, marea, u oleaje.

**Saliente.**- Cabo o punta o cualquier otra saliente que avanza en el agua.

**Sea** - Olas generadas por viento en el lugar donde este se encuentra actuando, se denomina oleaje local

**Sedimentos.**- Sólidos, arenas o finos que son depositados o arrastrados por una corriente de agua o por oleaje.

**Swell.**- Olas generadas por viento que han viajado fuera de su área de generación. Estas olas presentan períodos y longitudes más regulares, y tienen crestas más planas que las olas de sea; se denomina oleaje distante.

**Tectonismo.**- Geotectónica, referente a las fallas de la corteza terrestre y a la sismicidad de una zona determinada.

**Toba** - Piedra caliza muy porosa y ligera, formada de bicarbonato de calcio

**Tamo de Atraque.**- Es la longitud del muelle que ocupa o requiere una embarcación, para estar en posición de recibir algún servicio. Se representa físicamente por la eslora total de un barco más una tolerancia del 15% que se adiciona para permitir maniobras y evitar riesgos.

**Transporte Litoral.**- El movimiento del acarreo litoral en la zona litoral por oleajes y corrientes. Incluye movimientos paralelos y perpendiculares a la costa.

**Vado.**- Cualquier paraje del fondo del mar donde se puede fondear, paraje de canal, río, estero, etc. de poca agua.

**Viento Dominante.**- Dirección en la que el viento incide con velocidades máximas durante el período de observación.

**Viento Reinante.**- Dirección en la que incide el viento con mayor frecuencia durante el período de observación.

**Viento Local.**- Influyen directamente para el diseño de los muelles (orientación), maniobra de los buques y en general, diseño y cálculo de obras interiores.

**YATE.**- Embarcación de recreo o de gala.

**BIBLIOGRAFIA**

**MANUAL DE DIMENSIONAMIENTO  
PORTUARIO (1992).**

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y  
TRANSPORTES

**INGENIERIA DE COSTAS**

ARMANDO FRIAS V.  
GONZALO MORENO C.  
EDITORIAL: LIMUSA.

**GRAFICAS PARA DISEÑO PLASTICO DE  
COLUMNAS DE CONCRETO REFORZADO.**

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y  
TRANSPORTES

**MANUAL DE PLANEACION Y DISEÑO DE  
MARINAS.**

CALIFORNIA, DEPARTMENT OF BOATING  
AND WATERWAYS

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PUERTOS  
Y ESTRUCTURAS MARINAS.**

ALONZO DEF. QUINN  
EDITORIAL: Mc GRAW - HILL.

**MANUAL DE DEFENSAS SHIBATA (1996).**

SHIBATA INDUSTRIAL CO. LTD.



**ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS PARA  
EL PROYECTO MARINA CORAL.**

DIRECCION DE OBRAS MARITIMAS  
S. C. T.

**ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS.**

GEOTECNIA, CONTROL Y LABORATORIOS  
DE TIJUANA, S. C

**EXPEDIENTE TECNICO DEL PROYECTO  
MARINA CORAL. 3.33 - ENS.**

DIRECCION DE OBRAS MARITIMAS  
S. C. T.

**MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL  
DEL PROYECTO MARINA CORAL.**

OCEANOGRAFO GABRIEL LOPEZ MORTEO  
ENSENADA B. C. N.

**EVALUACION ECOLOGICA DEL PROYECTO  
MARINA CORAL.**

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA