



149

209

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

**CONSTRUCCION DE DOS ESCOLLERAS  
EN BOCA DE SAN FRANCISCO, OAX.**

**T E S I S**

que para obtener el Título de  
Ingeniero Civil

Presenta:

RAMON VELAZQUEZ CABRERA

México, D. F.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1991



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## INDICE

	PAGINA
PROLOGO.	1
1- INTRODUCCION.	4
1.1- Antecedentes.	4
2- GENERALIDADES.	9
2.1- Obras Exteriores.	9
2.2- Escolleras.	10
3- ASPECTOS GENERALES DE ESTUDIOS FISICOS.	14
3.1- Reconocimiento de la zona.	14
3.2- Levantamientos Topográficos.	15
3.3- Levantamiento Batimétrico.	16
3.4- Vientos	16
3.5- Mareas.	23
3.6- Corrientes.	31
3.7- Oleaje.	36
3.8- Transporte Litoral.	50
4- DATOS BASICOS DE DISEÑO.	55
4.1- Factores de Diseño.	55
4.2- Criterios de Diseño.	56

4.3- Características de las Escolleras en la Boca de San Francisco, Oax.	66
<b>5- COSTO DE LA OBRA.</b>	<b>72</b>
5.1- Consideraciones Generales.	72
5.2- Determinación del costo de las obras en la Boca de San Francisco, Oax.	73
<b>6- PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.</b>	<b>99</b>
6.1- Explotación del Banco.	99
6.2- Transporte.	117
6.3- Colocación.	121
<b>7- CONCLUSIONES.</b>	<b>127</b>
<b>8- BIBLIOGRAFIA.</b>	<b>133</b>

## PROLOGO

Uno de los principales problemas por resolver en nuestro país es el de la alimentación, para lo cual es necesario utilizar los abundantes recursos naturales con los que contamos. Sin embargo en lo referente al sector Pesquero la falta de infraestructura para su desarrollo, ha ocasionado que el consumo per-capita anual del producto se encuentre, a pesar de que ha crecido, en niveles realmente bajos (16 kg), comparado con el de otros países como Japón (87 kg).

La construcción de obras de infraestructura pesquera debe tener prioridad en nuestro país, no solo para obtener producto de consumo nacional; sino también para exportación ya que es una buena fuente de captación de divisas.

El presente trabajo pretende dar una idea general sobre los estudios físicos, de costos y de planeación necesarios para llevar a cabo la construcción de dos escolleras cuyo objetivo final será el aumento en la producción de especies pesqueras para consumo regional principalmente.

El desarrollo del trabajo es el siguiente:

En el Capítulo I se manifiesta la importancia de realizar las obras y se indica la ubicación de las mismas.

El Segundo Capítulo define el tipo de obras exteriores marítimas y se enfoca principalmente al tipo de estructura que ahora nos interesa : las escolleras.

Debido a la complejidad de los temas que se tratan en la tercera parte del trabajo, sólo se pretende dar una idea muy general de cada uno de ellos, con el objeto de conocer cuáles són los tipos de fenómenos que hay que analizar para diseñar una estructura como la que estudiamos. De ninguna manera se pretende hacer una análisis riguroso de los fenómenos estudiados en éste capítulo, ya que de ser así sería necesario realizar un trabajo completo para cada uno de los temas.

En el Capítulo 4, se presentan los factores que influyen de manera importante en el diseño de una escollera y los principales criterios por considerar para llegar a obtener un dimensionamiento de la estructura. Se presentan también las características de las escolleras de San Francisco que se obtienen una vez realizados los cálculos correspondientes; los cuáles no entran dentro de los alcances de este trabajo.

Una vez obtenidas las características físicas de las escolleras, en el Capítulo 5 se determina el valor de las obras. Los costos son obtenidos por el sistema de precios unitarios aplicados a un catálogo de conceptos y cantidades,

los cuáles son analizados detalladamente y pueden servir como base al constructor de obras de éste tipo.

En el Capítulo 6 se estudia el procedimiento constructivo para cada una de las etapas de la obra, así mismo se mencionan los diferentes equipos de construcción que se deben utilizar; sin embargo, en la práctica el constructor debe tratar de emplear la mayor parte del equipo con el que cuenta; siempre y cuando se adapte a las necesidades de capacidad y ritmo de la obra.

Por último en el Capítulo 7 se presentan las conclusiones en donde queda manifiesta la necesidad de desarrollar más proyectos y construcción de obras marítimas.

## 1.- INTRODUCCION

### 1.1 Antecedentes :

La planeación en México se ha convertido gradualmente en un factor esencial para orientar el rumbo del desarrollo del sector público y con ello enfrentar las necesidades actuales en las que nos encontramos inmersos, e iniciar los cambios que demanda el país.

Con la planeación se han dado los primeros pasos para dar mayor congruencia a las acciones de los diferentes sectores de la sociedad, entre ellos, el Sector Pesquero.

Es necesario mencionar que la actividad pesquera adquiere un carácter prioritario dentro del contexto nacional, debido a su importancia para generar alimentos, su alta y creciente contribución al incremento del empleo productivo, su capacidad para generar capital y divisas, su amplia incidencia en la promoción del desarrollo regional, así como su impacto en el crecimiento de otros sectores de la economía.

Un aspecto que resulta fundamental mencionar si se habla de la pesca, es su Regionalización. Es evidente que el primer criterio para diferenciar regionalmente a la pesca,

está dado por la existencia de entidades litorales e interiores. Más, esta distinción resulta insuficiente si en una y otra se subestimara el grado de desarrollo actual que en materia pesquera presentan las distintas entidades federativas, así como la disponibilidad y acceso a la explotación y aprovechamiento del recurso natural.

A partir de estos lineamientos, y atendiendo a las características físicas y geográficas de las entidades federativas, el Programa Nacional de Pesca y Recursos del Mar (Plan Nacional de Desarrollo), divide al país en cinco regiones pesqueras cuya dinámica de desarrollo se caracteriza, no solo desde el ángulo de su participación en los volúmenes y el valor de la producción obtenida en las diferentes fases de la pesca, sino también desde la perspectiva de la función económica y social atribuible a cada región y a las pesquerías que en ellas existen. Dichas regiones pesqueras son las siguientes :

- 1.- La región Pacífico - Norte
- 2.- La región Pacífico Centro - Sur
- 3.- La región Golfo - Norte
- 4.- La región Golfo - Caribe
- 5.- La región de aguas continentales

Para el presente trabajo es importante mencionar las características de la LA REGION PACIFICO CENTRO - SUR, debido a que en esta se construirán las obras de interés :

Integrada por Nayarit, Colima, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, cuenta con 20 por ciento del

cordón litoral y con 10 por ciento de la plataforma continental.

Esta región representa 37 por ciento del potencial pesquero estimado de la nación, debido primordialmente a que cuenta con 84 por ciento de las especies meso - pelágicas disponibles en toda la República y con 44 por ciento de las especies pelágicas mayores como el barrilete y atun.

La participación de esta región en las capturas nacionales ocupa el cuarto lugar con nueve por ciento del total y está orientada a la pesca artesanal para el autoconsumo de la población ribereña y el abasto del mercado local.

La contribución de la pesca dentro del PIB, primario regional, en 1980, fué de 1.5 por ciento, el menor porcentaje dentro de las cuatro regiones con litorales.

En esta región, heterogénea en cuanto a las características de las entidades que lo conforman, el impulso a la pesca ribereña y a la costera de mediana altura constituye una medida indispensable para incorporarla más dinámicamente al desarrollo del sector y, por consiguiente, del país.

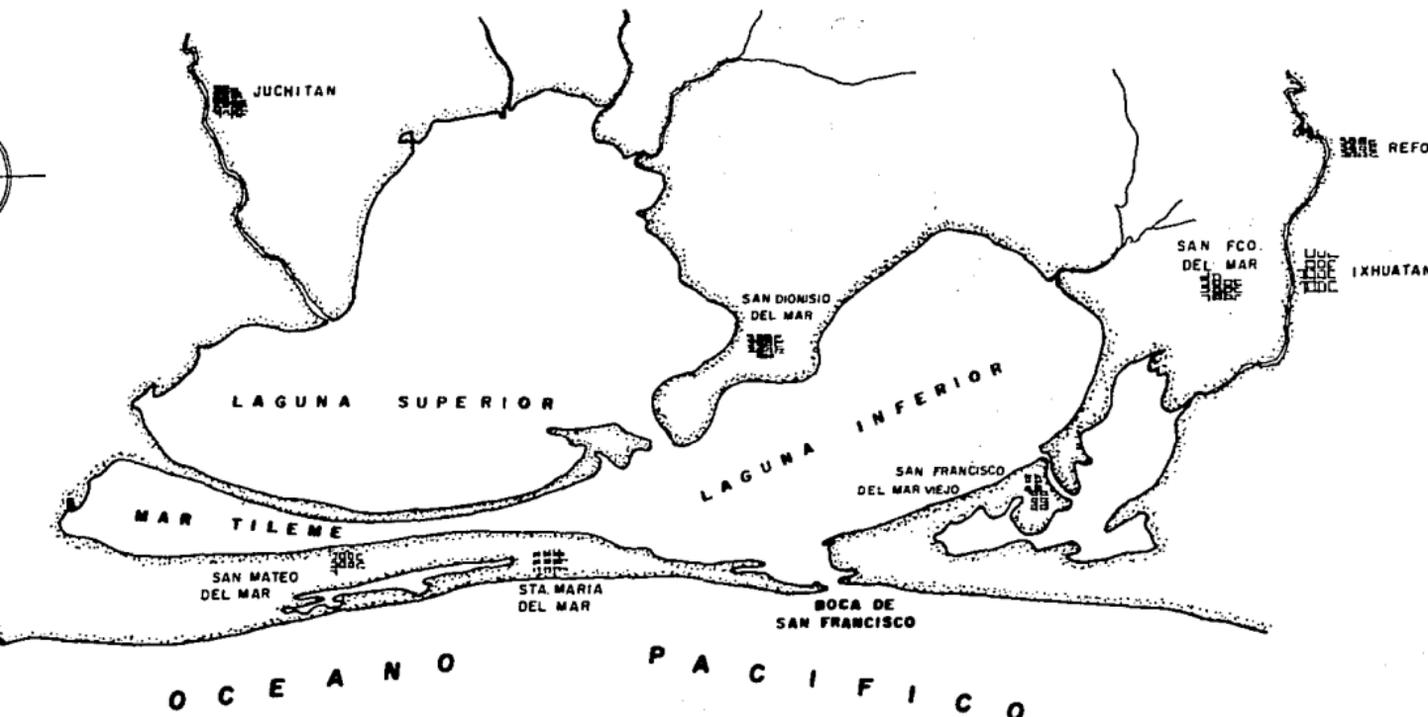
Por tal motivo, LA SECRETARIA DE PESCA, siguiendo los objetivos centrales de la Política Pesquera contemplada en el Plan Nacional de Desarrollo 1983 - 1988, consideró de fundamental importancia fomentar la pesca rural, construyendo infraestructura básica pesquera, especialmente en zonas de apoyo a grupos más rezagados, razón por lo cual decidió

impulsar el desarrollo de una de las zonas lagunarias más grandes del país como es el Complejo Lagunario integrado por la Laguna Superior, Laguna Inferior y Mar Tileme, localizados al norte del Golfo de Tehuantepec, en el estado de Oaxaca y que a la fecha se ha mantenido prácticamente con una explotación rudimentaria, por la falta de un acceso directo del Sistema Lagunario con el Mar.

Para impulsar este desarrollo se consideró necesario realizar las obras de CONSTRUCCION DE DOS ESCOLLERAS PARA LA COMUNICACION DE LA LAGUNA INFERIOR CON EL MAR, EN BOCA DE SAN FRANCISCO, OAXACA.

La barra de SAN FRANCISCO DEL MAR, se localiza en las costas del Estado de Oaxaca, ubicada sobre el cordón litoral de la parte Sur de la Laguna Inferior y tiene como coordenadas geográficas  $16^{\circ} 12' 44''$  de latitud Norte y  $94^{\circ} 44' 17''$  de longitud Oeste. **Figura 1.1**

Se encuentra rodeada de importantes centros urbanos como son : al Oeste Salina Cruz con 63 Km por tierra y 42 Km por mar, Tehuantepec a 83 Km, San Mateo del Mar a 30 Km, y Santa María del Mar a 15 Km. Al Noroeste : Juchitan de Zaragoza y Espinal a 108 Km por tierra y a 40 Km por mar, atravesando la Laguna Superior e Inferior. Al Norte : Unión Hidalgo y Chiapas de Castro a 130 Km por carretera y 33 Km por mar, San Dionisio del Mar a 15 Km por mar. Al Oriente : Reforma de Pineda a 43 Km, San Francisco Ixhuatán a 37 Km, San Francisco del Mar Nuevo a 33 Km, y San Francisco del Mar Viejo a 15 Km.



## **2.- GENERALIDADES**

### **2.1 Obras exteriores :**

#### **2.1.1 Definición**

Desde tiempos remotos, el transporte marítimo ha sido de gran importancia para el hombre como medio de comunicación. De tal manera, que con el transcurso del tiempo la navegación se ha desarrollado considerablemente.

Debido a esto el hombre se vió en la necesidad de buscar refugios adecuados para proteger sus embarcaciones de los diferentes fenómenos meteorológicos que pudieran presentarse.

Esto tuvo como consecuencia que los refugios naturales no fueran suficientes y hubo que construir refugios en forma artificial; a estas obras se les denomina OBRAS EXTERIORES.

#### **2.1.2 Clasificación**

Para su estudio las obras exteriores se han clasificado de la siguiente forma :

- a) Rompeolas
- b) Espigones
- c) Proteccion Marginal
- d) Escolleras

a) ROMPEOLAS - Es una estructura que sirve para reflejar y disipar la energía del oleaje, para evitar su incidencia sobre un área que se desea proteger; también se puede decir que un rompeolas es cualquier obstáculo que se interpone a la propagación del oleaje.

b) ESPIGONES - Son estructuras de protección costera que se construyen para conservar el perfil de una playa, deteniendo el acarreo litoral. Los espigones generalmente se construyen perpendiculares a la costa y se prolongan desde un punto tierra adentro de posible regresión de la línea de playa hasta una profundidad suficiente para estabilizarla.

c) PROTECCION MARGINAL - Son estructuras dispuestas paralelamente o casi paralelamente a la línea de la costa, para separar una zona terrestre de una de mar. El principal proposito de una protección marginal es proteger la costa y las propiedades cercanas a ésta de los daños que pueda causar el oleaje.

d) ESCOLLERAS.

## **2.2 Escolleras**

### **2.2.1 Definición**

La función esencial de una obra de protección o rompeolas de un puerto es proteger los accesos, las zonas de maniobras y las obras interiores contra la acción de los oleajes procedentes de aguas profundas.

Una escollera es una estructura semejante a un

rompeolas que se extiende dentro de un cuerpo de agua para dirigir y encausar una corriente o flujo de marea hacia un área determinada y evitar que el acarreo litoral azolve el canal. Las escolleras se localizan en la desembocadura de un río, boca de laguna o boca de un estero, con el fin de ayudar a profundizar el canal de navegación al provocar el arrastre de material hacia aguas profundas.

Estas estructuras pueden ser construidas a base de elementos artificiales de concreto (cubos, dolos, tetrapodos, etc.), de elementos naturales (roca) ó bien por una combinación de ambos.

### **2.2.2 Elementos constitutivos**

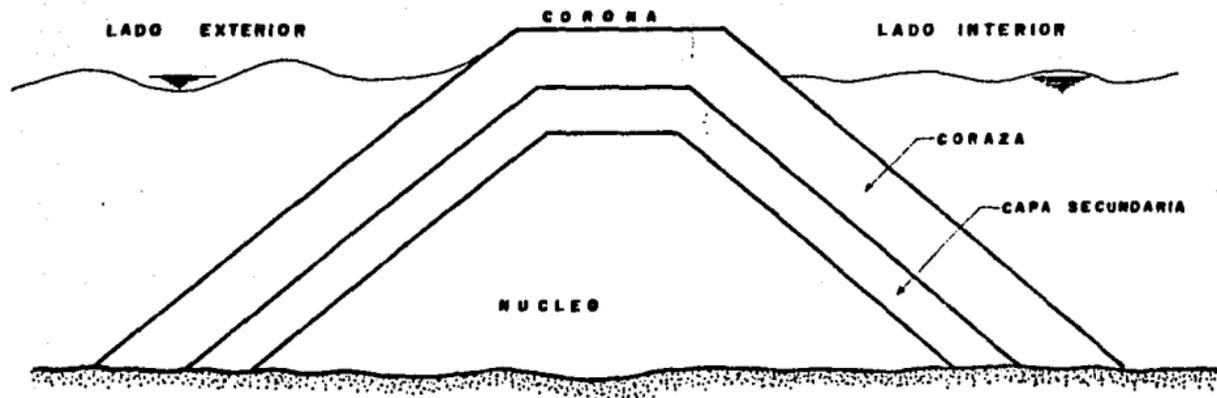
Las escolleras están constituidas, generalmente por tres elementos : (Figura 2.1)

- a) Núcleo
- b) Capa secundaria
- c) Coraza

a) NUCLEO - Esta formado por piedras relativamente pequeñas cuya función es la de impedir la transmisión de energía dada su baja porosidad.

b) CAPA SECUNDARIA - El núcleo está protegido por una o varias capas (capa secundaria), también de enrocamiento pero con tamaños crecientes. Su función es la de evitar la dispersión del núcleo por la acción del oleaje.

c) CORAZA - Es la última capa y puede estar constituida ya sea por rocas o bien por elementos prefabricados de



**FIGURA 2.1.- SECCION TRANSVERSAL DE UNA ESCOLLERA.**

concreto y es la que resiste y disipa directamente la fuerza de incidencia del oleaje; es decir la capacidad de la coraza es la que define la capacidad de resistencia de la escollera.

### **3.- ASPECTOS GENERALES DE ESTUDIOS FISICOS.**

#### **3.1 Reconocimiento de la zona**

Antes de dar comienzo a la elaboración de un proyecto o a la construcción de una obra de Ingeniería es muy conveniente hacer un reconocimiento preliminar al sitio de estudio. Esto es con el fin de hacer una descripción y una delimitación del área de interés para poder coordinar los procedimientos a seguir en los trabajos de campo.

De estas visitas deben observarse las facilidades o dificultades que presentarán los trabajos topográficos y batimétricos, con la finalidad de prever las condiciones, equipos y demás necesidades que se tendrán.

Por otra parte, es de gran importancia el estudio de las condiciones climáticas tales como vientos, lluvias, mareas, etc., que servirán tanto para la elaboración del proyecto como para la realización de los trabajos necesarios.

Otro aspecto interesante es el conocimiento de las características de la población que se asienta en la zona de interés, tales como fuentes de trabajo, número de habitantes, habitación y alimentación entre otras cosas; esto servirá para la realización de los estudios socioeconómicos que implicarán una base para la realización de los proyectos y

posteriormente de las obras.

### **3.2 Levantamientos topográficos**

Para conocer las características topográficas del terreno es necesario establecer una serie de poligonales y triangulaciones de apoyo que deberán cubrir toda la zona de estudio y a su vez quedar perfectamente bien identificadas con sus mojoneras de concreto y sus respectivas placas de bronce. Las mojoneras deben colocarse, de preferencia en lugares protegidos, fuera de zona de erosión o de depósito.

Una vez que se tienen dichas poligonales y triangulaciones de apoyo se procede a efectuar la topografía que deberá presentar un espaciamiento entre las secciones que puede ser 100 mts., lo cual puede variar según las necesidades y tipo de proyecto.

Las curvas de nivel deberán obtenerse, de preferencia a cada 50 cm., con el fin de contar con información más precisa.

### **3.3 Levantamiento batimétrico**

Los trabajos batimétricos se realizan con el fin de conocer el perfil del fondo marino o lagunario.

En el caso de la Boca de San Francisco, se efectuó una batimetría del frente marino y otra en el lado de la laguna. Se deben hacer enfilaciones normales a la playa con una separación entre líneas de 100 mts., a todo lo largo de los dos frentes, y procurando que coincidan las líneas con las secciones del levantamiento topográfico.

Las curvas de nivel para el frente marino se obtienen a cada 0.50 mts. y para la laguna a cada 1.00 mts., referidas a un plano que puede ser el nivel de Baja Mar Media Inferior.

Además, es necesario conocer el área cubierta en la batimetría, así como la profundidad a la que se llegó. Las profundidades se obtienen con una ecosonda registradora y se corrigen por marea, para lo cual se instala un mareómetro en un punto determinado.

### **3.4 Vientos**

#### **3.4.1 Definición**

Se denomina viento al desplazamiento de las masas de aire. Es una parte esencial del mecanismo termodinámico de la atmósfera; conductor de humedad y calor.

El viento se mide generalmente en su componente

horizontal, debido a que los movimientos verticales del aire, aún cuanto tienen gran importancia en la formación de nubes, precipitaciones, etc., presentan una magnitud bastante inferior a los movimientos horizontales.

#### **3.4.2 Clasificación**

Una clasificación de los vientos puede ser de la siguiente manera:

1.- Por su dirección. Se pueden clasificar a su vez en:

a) Constantes o regulares - Soplan en una sola dirección todo el año.

b) Irregulares - Son los que carecen de periodicidad y soplan en una u otra dirección indiferentemente.

2.- Por su extensión. Se clasifican a su vez en:

a) Locales.

b) Generales o planetarios.

El viento es el principal generador de oleaje y su efecto sobre la costa es permanente, provocando, además mareas de vientos y fuerzas sobre las estructuras, de ahí la importancia de su estudio.

#### **3.4.3 Elementos que caracterizan al viento**

Los elementos que caracterizan al viento son tres:

a) Dirección en que sopla - Para definirla 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.

b) Intensidad o velocidad con que sopla - Se expresa en unidades de longitud sobre las de tiempo (m/seg, Km/hr, nudo); para su medición se utiliza la escala internacional llamada BEAUFORT. (Tabla 3.1)

c) Frecuencia o número de veces que se presenta - con determinadas características durante un lapso cualquiera, utilizando normalmente el día, mes, estación o año.

#### 3.4.4 Diagrama de Lenz

Estos diagramas son representaciones vectoriales de las características que definen a un viento, los cuales se grafican comunmente en "Rosas de Vientos" de 16 direcciones.

Tradicionalmente se manejan 3 tipos de diagramas:

1.- Diagrama de frecuencia de o de "N" - Representa el número de veces (N) con que el viento incide en cierta dirección; al viento que sopla con mayor frecuencia se le denomina VIENTO REINANTE.

2.- Diagrama de velocidad media o de "NV" - Se grafican en éste diagrama los productos de las frecuencias por las velocidades medias de presentación, se le conoce como diagrama de agitación o de Lenz.

3.- Diagrama de velocidad máxima cuadrática o de " $v^2$  max" - Contempla los datos concernientes al cuadrado de la velocidad máxima de presentación; al viento que sopla con mayor intensidad se le llama VIENTO DOMINANTE.

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 rizada.
4	Bonacible	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.
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	Huracán	32.7-36.9	Atmósfera y mar completamente llena de espuma; visibilidad casi nula.

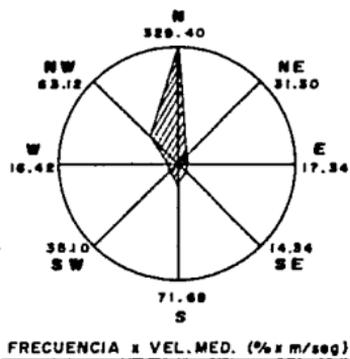
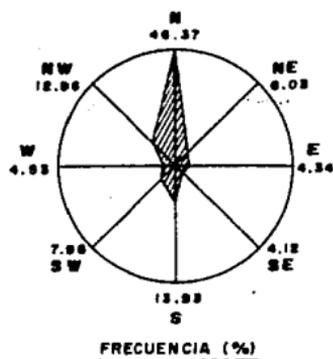
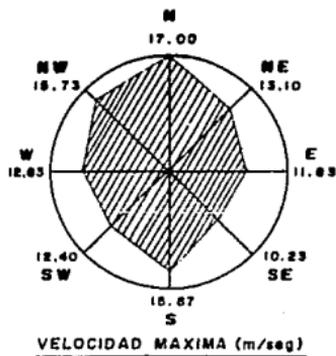
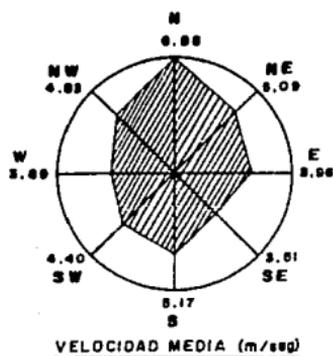
TABLA 3.1 ESCALA DE BEAUFORT

En nuestro País las fuentes en donde se recopila información sobre los vientos son: El Servicio Metereológico Nacional y Servicios Especiales a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano; y su confiabilidad dependerá del período de recopilación.

#### **3.4.5 Características del viento en la boca de San Francisco, Oax.**

Las observaciones de vientos se efectuaron con un anemógrafo del tipo propela durante los años 1981, 1982 y 1983, de los cuales se estableció un año estadístico de vientos. La interpretación de los datos observados se presenta en los diagramas de la **Figura 3.1**, que muestran las velocidades medias, velocidades máximas, frecuencias y el producto frecuencias por velocidades medias para las direcciones indicadas respectivamente.

En la **Tabla 3.2**, se muestra la distribución de frecuencias, observándose que el viento del norte tiene un porcentaje de acción del 46% (viento reinante), velocidad máxima de 17.00 m/seg y velocidad media de 7.00 m/seg (viento dominante), estando en segundo lugar de importancia por su porcentaje de frecuencia el viento de la dirección sur con un 14%.



**FIGURA 3.1. — DIAGRAMAS DE LENZ PARA LA BOCA DE SAN FRANCISCO, OAX.**

## FRECUENCIA EN %

## VELOCIDADES EN m/seg

DIRECCION	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	ARO
	8.37	6.56	4.65	3.98	5.89	4.35	3.49	4.52	1981
VELOCIDAD	6.67	4.13	3.85	3.90	4.81	4.50	4.28	4.99	1982
MEDIA	5.89	4.58	3.39	2.68	4.80	4.35	3.91	4.97	1983
	6.98	5.09	3.96	3.51	5.17	4.40	3.89	4.83	Val.Med.
	19.00	15.00	11.00	10.00	21.00	11.80	11.80	17.00	1981
VELOCIDAD	16.50	10.00	15.00	13.50	14.10	14.00	14.70	15.20	1982
MAXIMA	15.50	14.30	9.50	7.50	12.50	11.40	12.00	15.00	1983
	17.00	13.10	11.83	10.33	15.87	12.40	12.83	15.73	Val.Med.
	52.44	6.54	44.74	3.20	13.28	7.59	3.87	9.41	1981
FRECUENCIA	49.65	4.27	4.87	4.79	11.52	7.26	3.21	14.43	1982
	37.02	7.29	3.36	4.36	16.98	9.08	6.56	15.04	1983
	46.37	6.03	4.34	4.12	13.93	7.98	4.53	12.96	Val.Med.
FRECUENCIA	438.92	42.90	20.79	12.64	78.23	33.02	9.88	42.53	1981
x VEL.	331.17	17.64	18.75	18.68	55.41	32.67	13.74	72.01	1982
MEDIA	218.10	33.26	12.47	11.69	81.43	39.60	25.65	74.79	1983
	329.40	31.30	17.34	14.34	71.69	35.10	16.42	63.11	Val.Med.

Viento Dominante N 17.00 m/seg

Viento Reinante N 46.37 %

TABLA 3.2 CARACTERISTICAS DE LOS VIENTOS EN LA BOCA DE SAN FRANCISCO OAX.

### **3.5 Mareas**

#### **3.5.1 Origen**

El fenómeno de las mareas es ocasionado por las fuerzas gravitacionales de cuerpos celestes sobre la superficie líquida de la tierra, dando lugar a movimientos de grandes masas de agua. Los cuerpos celestes que tienen influencias permanente en las mareas son el Sol y la Luna. Esta, por su cercanía a la Tierra y el Sol por su gran masa; siendo sin embargo, la acción de la Luna 2.18 veces mayor que la de el Sol, ya que la fuerza de atracción es directamente proporcional a las masas de los cuerpos, e inversamente al cuadrado de la distancia.

#### **3.5.2 Tipos de mareas**

Una onda de marea se representa como se muestra en la Figura 3.2; y para su estudio, las mareas se pueden considerar de los siguientes tipos:

- a) Diurna - Un pleamar y un bajamar por ciclo, en un período de 24 hrs y 50 min (valor promedio).
- b) Semidiurna - Dos pleamares y dos bajamares durante dos sucesivos ciclos con período de 12 hrs 25 min cada uno (valor promedio).
- c) Mixta - Es la combinación de los dos tipos antes mencionados.

Dentro de estos tipos de marea existen a su vez, dos variantes que se conocen como mareas vivas y mareas muertas, las cuales dependen de la fase de la luna.

Marea viva.- Es el máximo nivel que alcanza el agua en el mes (en realidad el aumento empieza desde la marea muerta), ocurriendo algún tiempo (la edad de la marea), después de desaparecida la luna nueva o llena.

Marea muerta.- Es el mínimo nivel que alcanza el agua en el mes (decrece a partir de la marea viva), ocurriendo algún tiempo después que han aparecido los cuartos crecientes y menguantes.

Mareas secigias.- Son las máximas mareas vivas durante todo el año (mareas astronómicas).

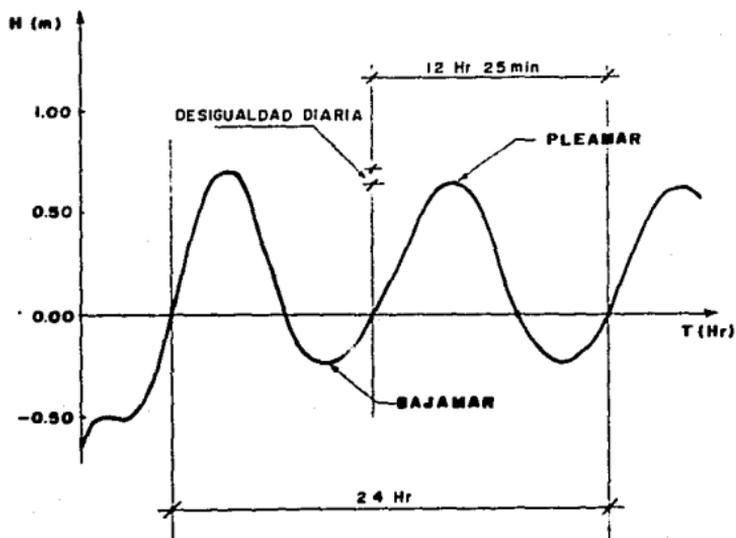


FIGURA 3.2.- ONDA DE MAREA.

### 3.5.3 Marea de tormenta

Se define a la marea de tormenta 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 huracanados, ya que pueden causar aumento o disminución de los niveles del agua debido a las mareas astronómicas, por lo que para el caso de algunos proyectos específicos es de vital importancia tomar en cuenta su efecto.

En el caso de mareas de tormenta positivas (aumento) el viento sopla contra la costa considerada; y en el caso contrario (disminución) el viento sopla en la dirección opuesta. (Figura 3.3)

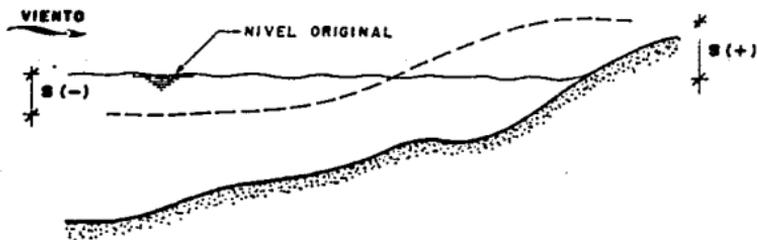


FIGURA 3.3. — MAREA DE TORMENTA.

Una de las formas más simples para calcular la marea de tormenta para el caso de darsenas cerradas o mares limitados, es mediante el empleo de la siguiente expresión debida a Bretschneider. (Figura 3.4)

$$S = \frac{CV^2 F \cos \alpha}{h}$$

En donde:

S - Marea de tormenta o sobreelevación (m).

C - Coeficiente cuyo valor se puede tomar de  $0.4 \times 10$   
(seg<sup>2</sup>/m).

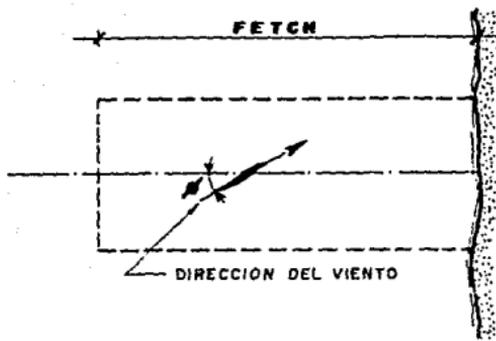
V - Velocidad del viento a 6 metros arriba del nivel del mar  
(m/seg.).

F - Fetch o longitud del área de mar sobre la cual el viento  
está soplando (m).

$\alpha$  - Angulo entre la dirección del viento y el eje del área  
considerada.

h - Profundidad promedio del área considerada medida  
normalmente a lo largo del eje del fetch (m).

El efecto de la marea resultante (astronómica y de tormenta), puede ser obtenido por la suma o superposición lineal de los niveles de cada una de ellas.



**FIGURA 3.4. — ELEMENTOS PARA EL CALCULO DE LA MAREA DE TORMENTA.**  
(Planta)

#### 3.5.4 Sistema Mareográfico Nacional

El Instituto de Geofísica de la UNAM es el encargado desde 1952 de la operación del sistema mareográfico nacional, que en la actualidad cuenta con 20 estaciones instaladas en los principales puertos del país, éste servicio se ocupa de la instalación, operación y mantenimiento de las estaciones, así como de la interpretación de los mareogramas, la obtención de los planos de referencia y el pronóstico de los niveles esperados, para lo cual anualmente edita las "Tablas de Predicción de Mareas".

Estas tablas 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 manera presentan la ubicación geográfica de las estaciones, las diferentes armónicas utilizadas y los diferentes niveles o planos generados por las mareas.

### 3.5.5 Planos de marea

Dependiendo del tipo de marea (diurna, semidiurna o mixta), los planos de marea que se generan son los siguientes:

- Altura máxima registrada (AMR) - Nivel más alto registrado en la estación debido al efecto de un ciclón combinado, probablemente, con el de la marea astronómica.
- Pleamar máxima registrada (PMR) - Nivel más alto re-gistrado debido a las fuerzas de marea periódica, o también a que tengan influencia sobre ellas los factores metereológicos.
- Nivel de pleamar media superior (NPMS) - Promedio de la más alta de las dos pleamares diarias, durante el período considerado en la estación (mareas semidiurna y mixta).
- Nivel de pleamar media (NPM) - Promedio de todas las pleamares durante el período considerado en cada estación.
- Nivel medio del mar (NMM) - Promedio de las alturas horarias durante el período registrado en la estación.
- Nivel de media marea (NMM) - Plano equidistante entre la pleamar media y la bajamar media; es decir, se obtiene promediando estos dos valores.
- Nivel de bajamar media (NBM) - Promedio de todas las bajamares durante el período considerado en la estación; cuando el tipo de marea es diurna, éste plano se calcula haciendo el promedio de la bajamar más baja diaria, lo que equivale a que la bajamar media en este caso sea lo mismo que la bajamar media inferior
- Nivel de bajamar media inferior (NBMI) - Promedio de la más baja de las dos bajamares diarias, durante el período considerado en la estación (marea semidiurna y mixta).

- Bajamar mínima registrada (BMR) - Nivel más bajo registrado debido a las fuerzas de marea periódica.
- Altura mínima registrada - Nivel más bajo registrado en la estación debido al efecto de un ciclón combinado, probablemente, con el de la marea astronómica.

### 3.5.6 Características de las mareas en la boca de San Francisco, Oax.

Se recopiló información sobre los datos oceanográficos en Petroleos Mexicanos de el puerto industrial, comercial y petrolero de Salina Cruz, Oax., que corresponde a la misma zona que la Boca de San Francisco.

Se obtuvieron resultados con variaciones mínimas con respecto a las predicciones de mareas, siendo las características de las mareas dominantes, una amplitud de 1.296 m y período de 12 hr (tipo semidiurno).

Los niveles de marea significativos referidos al Nivel Medio del Mar (NMM) son los siguientes:

Altura máxima registrada	1.296 mts.
Pleamar máxima registrada	1.174 mts.
Nivel de pleamar media superior	0.645 mts.
Nivel de pleamar media	0.536 mts.
Nivel medio del mar	0.000 mts.
Nivel de media marea	- 0.006 mts.
Nivel de bajamar media	- 0.536 mts.
Nivel de bajamar media inferior	- 0.574 mts.
Bajamar mínima registrada	- 1.112 mts.

Con el fin de determinar el amortiguamiento de la marea a su paso por la barra; se consideró a las mareas de Salina Cruz como las existentes en la Boca de San Francisco y al relacionarse con las observadas en esta se puede obtener el coeficiente de amortiguamiento respectivo.

Haciendo un muestreo de mareas observadas en ambos sitios para las mismas fechas se obtuvieron los resultados que aparecen en la **Tabla 3.3**

FECHA	M A R E A S SALINA CRUZ (S.C.)	M A R E A S BARRA DE SAN FCO. (B.S.F.)	C = $\frac{S.C.}{B.S.F.}$
27-NOV-85	0.70	0.45	1.56
28-NOV-85	0.80	0.43	1.86
29-NOV-85	0.80	0.50	1.60
30-NOV-85	0.78	0.50	1.56

Nota: Rango en metros

$$\Sigma = 6.58$$

$$\frac{\Sigma}{N} = \frac{6.58}{4} = 1.645$$

$$\text{Coeficiente de amortiguamiento} = \frac{1}{1.645} = 0.608$$

$$\text{Coeficiente de amortiguamiento} = 0.61$$

**TABLA 3.3 DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO.**

### **3.6 Corrientes**

#### **3.6.1 Definición y clasificación**

En términos generales una corriente se puede definir como el desplazamiento de una masa de agua y está determinada por dos características: dirección y velocidad.

La dirección de una corriente es el rumbo hacia el cual se dirige. La velocidad se expresa tradicionalmente en nudos, cuando se tratan aspectos relativos a la navegación.

$$1 \text{ nudo} = 1 \text{ milla marítima por hora} = 1,853 \text{ m/hr}$$

Para su estudio las corrientes se pueden dividir en cuatro apartados: corrientes oceánicas, corrientes inducidas por el viento, corrientes por marea y corrientes en la costa producida por oleaje. Aún cuando, en relación a su ámbito, también pueden clasificarse en corrientes locales y generales, en función de su relativa área de influencia.

#### **3.6.2 Corrientes oceánicas**

Las causas que generan las corrientes marinas son esencialmente dos: viento y gradiente

El viento como elemento generador opera por efecto del arrastre de las moléculas superficiales, las cuales a su vez, por rozamiento actúan sobre las moléculas más profundas. Por lo tanto,

este tipo de corrientes se pueden considerar, en general, superficiales y de poca intensidad.

El gradiente está determinado por las diferencias de densidad de las masas de agua, la cual es función de la temperatura y salinidad.

### 3.6.3 Corrientes inducidas por el viento

Cuando el viento sopla sobre la superficie libre del mar se produce un esfuerzo cortante sobre el agua y las partículas líquidas que describían orbitas elípticas, cuando el viento no actuaba, ahora tendrán una resultante de traslación importante.

En 1905 Ekman dedujo las siguientes expresiones, considerando la acción del viento ideal, es decir velocidad constante, y son válidas para el hemisferio norte:

$$U = U_s e^{-\alpha z} \text{Cos}(45^\circ - \alpha z)$$

$$V = U_s e^{-\alpha z} \text{Sen}(45^\circ - \alpha z)$$

En donde:

U - Velocidad del viento

V - Componente de la velocidad de la corriente en la dirección del viento

$U_s$  - Velocidad absoluta de la corriente en la superficie

Z - Coordenada vertical con desarrollo positivo hacia abajo.

$$a = \frac{\pm \sqrt{f_w \text{ Sen } \beta} \nu}{M}$$

$\rho$  - Densidad del agua .

$\omega$  - Velocidad angular de la tierra

$\phi$  - Grados de latitud

$M$  - Viscosidad del agua.

Cabe señalar que los valores que se obtengan a partir de estas ecuaciones, deben considerarse como orientativos; siendo lo más conveniente en caso práctico realizar mediciones directas.

#### **3.6.4 Corrientes por marea**

Las corrientes por marea se originan en los sitios donde existen discontinuidades en la costa, tales como estuarios, bahías, bocas, entradas a puerto, etc.

La característica primordial de este tipo de corrientes es su periodicidad que puede ser diurna o semidiurna-mixta, según sea la marea astronómica. En las entradas, la corriente de una marea fluye en dos sentidos; cuando está creciendo hacia la zona interna (flujo) y cuando está descendiendo hacia mar adentro (reflujo).

Las características de las corrientes de marea cambian de un lugar a otro, dependiendo del carácter de la marea y en función también de la profundidad y configuración del terreno donde se desarrolla. Por lo tanto no son recomendables las expresiones analíticas para su cálculo, haciéndose necesario su medición directa.

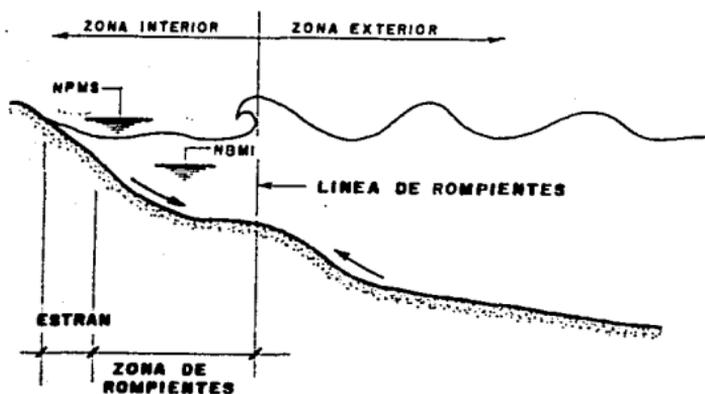
#### **3.6.5 Corrientes producidas por oleaje**

Las olas a una cierta altura tienden a romper, modificando las características del transporte de masa líquida, y en consecuencia, provocando corrientes.

La importancia de las corrientes producidas por el oleaje radica fundamentalmente en el hecho de que son las que originan y regulan, en su mayor parte, el movimiento de sedimentos costeros.

Atendiendo a la dirección de su movimiento estas corrientes se clasifican en dos tipos :

- a) Corrientes normales a la costa
- b) Corrientes paralelas a la costa



**FIGURA 3.5. — ZONA DE ROMPIENTES.**

a) Corrientes normales a la costa.- Son generadas por la necesidad de evacuación del volúmen de agua sobrante que ha sido empujado y acumulado contra la playa en el estrán, debido a la acción del oleaje y del viento; este exceso de volúmenes se manifiesta con una sobre elevación del nivel del mar en la zona de rompientes. (Figura 3.5)

b) Corrientes paralelas a la costa.- Lo más común en una playa es que el oleaje incida formando un cierto ángulo con ella, es decir oblicuamente, bien sea debido a la refracción que sufre en su acercamiento o por la dirección con la que fué generando; debido a ello, se formará una corriente paralela a la costa localizada entre la línea de rompientes y la orilla. Esta corriente recibe el nombre de "corriente litoral" o corriente a lo largo de la costa.

Se considera que ésta corriente es la principal responsable de transportar los sedimentos a lo largo de la costa; por tal motivo es de suma importancia conocerla cualitativa y cuantitativamente. A continuación se presentan algunas expresiones para su cálculo:

1.- Longuet - Higgins

$$V = 20.7 n(g/Hb)^{\frac{1}{2}} \text{ Sen } 2\alpha$$

2.- Inman - Quinn

$$V = \left[ \left( \frac{1}{4X^2} + Y \right)^{\frac{1}{2}} - \frac{1}{2X} \right]^2$$

3.- Galvin

$$V = g T \text{ Tan } \beta \text{ Sen } 2\alpha$$

En las cuales:

V - Velocidad de la corriente longitudinal (pie/seg.)

m - Pendiente de la playa en zona de rompientes

g - Aceleración de gravedad (pie<sup>2</sup>/seg.)

Hb- Altura de la ola rompientes (pies)

$\alpha$  - Angulo de incidencia de oleaje en la rompiente  
(grados)

$X = (108.3 Hb \tan \beta \cos \alpha) / T$

$\beta$  - Angulo de la pendiente de la playa (grados)

T - Período del oleaje (seg).

$y = Cb \text{ Sen } \alpha$

$Cb = \sqrt{2.28 g Hb}$

### 3.6.6 Características de las corrientes en la boca de San Francisco, Oax.

Para las corrientes, se precisó la información de los años 1981, 1982 y 1983, considerando diferentes profundidades de 1.00 m, 5.00 m y 10.00 m, a fin de obtener un valor medio de las direcciones consideradas, todos estos valores se muestran en la **Tabla 3.4.**

## 3.7 Oleaje

### 3.7.1 Descripción

Con el propósito de describir adecuadamente el oleaje se hará uso de una onda idealizada. **Figura 3.6**

En donde:

H - Es la altura de la ola. Distancia vertical entre la cresta y el valle de la ola.

L - Es la longitud y es la distancia horizontal medida entre dos crestas o valles consecutivos

Además:

T - Es el periodo de la ola y se define como el tiempo que tardan en pasar por un punto fijo dos crestas o dos valles consecutivamente.

C - Es la celeridad de la onda y se define como la velocidad con la cual se desplaza la ola, es decir,  
 $C = L/T$

$\delta$  - Es la relación de esbeltez y sirve para definir las características del perfil de una ola.  $\delta = H/L$

W - Es la frecuencia del oleaje y está determinada por el inverso del periodo.

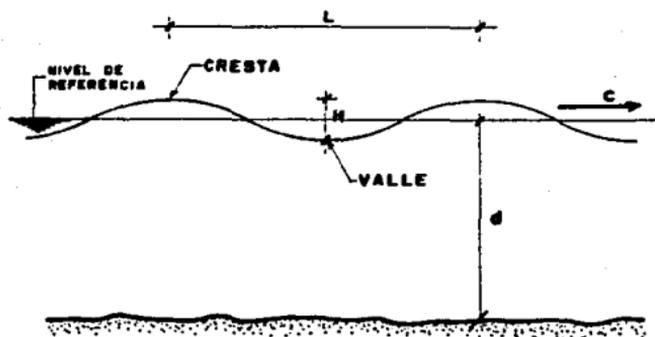


FIGURA 3.6. - ONDA IDEALIZADA DE OLAJE.

DIRECCION	PROFUNDIDAD - 10 m				PROFUNDIDAD - 5 m				PROFUNDIDAD - 1 m				AÑO
	MAXIMA		MEDIA		MAXIMA		MEDIA		MAXIMA		MEDIA		
	VEL.	FRECC.	VEL.	FRECC.	VEL.	FRECC.	VEL.	FRECC.	VEL.	FRECC.	VEL.	FRECC.	
NORTE	76	0.001	25	14.00	78	0.001	28	13.56	80	0.001	37	12.42	1981
	40	0.001	10	1.67	80	0.001	33	11.47	-	-	-	-	1982
	60	0.001	12	4.07	-	-	-	-	-	-	-	-	1983
	59	0.001	16	6.58	79	0.001	31	12.52	80	0.001	27	12.42	Valor Medio
NOROESTE	78	0.002	22	10.77	80	0.002	25	9.65	80	0.002	32	9.96	1981
	60	0.002	12	17.92	70	0.001	30	11.15	-	-	-	-	1982
	60	0.001	32	22.32	-	-	-	-	-	-	-	-	1983
	66	0.001	15	17.00	75	0.002	28	10.40	80	0.002	32	9.96	Valor Medio
ESTE	66	0.002	21	8.97	76	0.002	25	9.37	80	0.002	32	7.83	1981
	80	0.001	11	23.05	100	0.003	31	10.51	-	-	-	-	1982
	60	0.001	11	20.31	-	-	-	-	-	-	-	-	1983
	69	0.001	14	17.44	88	0.003	28	9.94	80	0.002	32	7.83	Valor Medio
SUROESTE	70	0.002	24	11.45	76	0.002	26	9.54	80	0.002	32	9.91	1981
	70	0.001	11	16.20	82	0.001	34	12.52	-	-	-	-	1982
	60	0.001	11	11.00	-	-	-	-	-	-	-	-	1983
	67	0.001	15	12.88	79	0.002	30	11.03	80	0.002	32	9.91	Valor Medio
SUR	76	0.001	26	13.88	76	0.001	28	14.44	76	0.001	33	19.19	1981
	42	0.001	11	9.40	80	0.001	34	13.69	-	-	-	-	1982
	60	0.001	11	11.07	-	-	-	-	-	-	-	-	1983
	59	0.001	16	11.45	78	0.001	31	14.06	76	0.001	33	19.19	Valor Medio
SUROESTE	76	0.001	24	14.37	78	0.001	27	14.34	80	0.001	33	16.91	1981
	70	0.001	12	18.76	82	0.001	32	15.45	-	-	-	-	1982
	60	0.002	14	14.13	-	-	-	-	-	-	-	-	1983
	69	0.001	17	15.75	80	0.001	30	14.89	80	0.001	33	16.91	Valor Medio
OESTE	70	0.001	21	13.40	72	0.001	27	16.30	76	0.001	35	12.51	1981
	78	0.001	13	11.36	80	0.001	28	13.64	-	-	-	-	1982
	60	0.001	10	9.98	-	-	-	-	-	-	-	-	1983
	69	0.001	15	11.59	76	0.001	28	14.97	76	0.001	35	12.51	Valor Medio
NOROESTE	68	0.001	21	13.16	72	0.001	26	12.81	78	0.001	34	11.28	1981
	80	0.001	12	1.64	100	0.002	30	11.57	-	-	-	-	1982
	60	0.001	7	7.12	-	-	-	-	-	-	-	-	1983
	69	0.001	13	7.31	86	0.002	28	12.19	78	0.001	34	11.28	Valor Medio

TABLA 3.4 CARACTERISTICAS DE LAS CORRIENTES EN LA BOCA DE SAN FRANCISCO, OAX.

### 3.7.2 Teorías del oleaje

A pesar de que el fenómeno del oleaje se caracteriza por ser irregular y aleatorio y que se desarrolla en tres dimensiones lo que dificulta su descripción matemática, se han desarrollado varias teorías para analizarlo.

La teoría denominada "teoría lineal de pequeña amplitud" es la más clásica y fué desarrollada por Airy en 1845, tiene una gran importancia ya que se ajusta bastante al comportamiento real del fenómeno cuando las olas se encuentran en profundidades infinitas. Otra característica de esta teoría es que es de fácil aplicación.

La teoría conocida como "trocooidal" fué desarrollada por Gerstner en 1802 y considera ondas de amplitud finita. Es adecuada para describir el perfil de la onda.

Para 1880 Stokes establece, también una teoría de amplitud finita, la cual en aproximaciones de 3<sup>o</sup> y 4<sup>o</sup> orden, describe adecuadamente el oleaje en mar profundo.

La teoría de Korteweg o Cnoidal es la única teoría válida cuando se trata de profundidades reducidas, pero su aplicación práctica presenta gran dificultad.

Por otra parte la "teoría de la onda solitaria", tiene gran aproximación cuando se acerca la rotura del oleaje y su manejo es relativamente sencillo.

### 3.7.3 Descripción estadística del oleaje

A continuación se mencionan las diversas magnitudes empleadas regularmente en la "geometría estadística del oleaje".

$H_j$  y  $T_j$  - Altura y período de la ola  $j$

$H_{máxN}$  y  $T_{máxN}$  - Altura y períodos máximos de la ola, para un conjunto de  $N$  olas

$H^{1/3}$  y  $T^{1/3}$  - Altura y período un tercio o significantes los cuales corresponden al promedio del tercio de los valores más altos de un tren de olas dado.

$H^{1/10}$  y  $T^{1/10}$  - Altura y período un décimo, que corresponden al promedio de un décimo de los valores más altos de un tren de olas dado.

$H$  y  $T$  - Altura y período medios de un tren de olas dado

$H_m$  - Altura media cuadrática  $H_m = \frac{\sqrt{\sum H_i^2}}{N}$

Se ha comprobado que la altura de ola significativa corresponde, aproximadamente, al valor que un observador asignará al oleaje por mera inspección.

Mediante el uso de una distribución estadística de las alturas de ola, estudiada ampliamente por Longuet-Higgins, se obtiene que la altura de olas máxima,  $H_{máx}$ , está determinada por la siguiente función.

$$\frac{H_{m\acute{a}x}}{H^{1/3}} = 1.07 \sqrt{\text{Log } N}$$

En la **Tabla 3.5**, se presentan valores de  $H_{m\acute{a}x}/H^{1/3}$ , para diferentes valores de  $N$ .

$N$	50	100	200	500	1,000	10,000
$H_{m\acute{a}x}/H^{1/3}$	1.42	1.53	1.64	1.77	1.86	2.15

**TABLA 3.5 RELACIONES  $H_{m\acute{a}x}/H^{1/3}$  PARA DIFERENTES NUMEROS DE OLA  $N$**

Por otra parte mediante el análisis de una distribución estadística de los períodos de ola, se acepta que:

$$T^{1/10} = T^{1/3} ; T^{1/3} = 1.1 T$$

#### 3.7.4 Fenómenos generales del oleaje

a) **Refracción.**-Debido a la presencia del fondo, las características de las olas sufren modificaciones. Conforme la profundidad disminuye, el fondo empieza a afectar el movimiento de las partículas de agua, debido al efecto de fricción, mismo que provoca una reducción en la velocidad de propagación y en la longitud de onda.

La disminución de velocidad significa que cuando un tren de olas, de determinado período, entra en aguas intermedias ( $1/25 < d/Lo < 1/2$ ) y bajas ( $d/Lo < 1/25$ ), las distintas partes de la cresta se desplazan con diferentes velocidades dependiendo de la

profundidad, provocando que la cresta se deforme o doble en su proyección horizontal, de tal forma que tiende a hacerse paralela a las líneas batimétricas sobre las que se propaga. A este fenómeno se le llama refracción.

La importancia del estudio de refracción estriba en el hecho de que todas las estructuras marítimas se constituyen en aguas bajas o intermedias, donde las olas sufren considerables cambios debido a su efecto.

A partir de esto, el estudio de la refracción es fundamental para determinar algunas de las características del oleaje y sus acciones, como por ejemplo:

- Determinar las características de las olas en aguas finitas a partir de las correspondientes en aguas profundas. ( $d/L_0 > \frac{1}{2}$ ) en donde no tiene influencia el fondo.
- Determinar concentraciones de energía.
- Definir los ángulos de incidencia de los frentes de ola con respecto a la línea de costa, los que permiten calcular la tendencia y magnitud del transporte litoral.

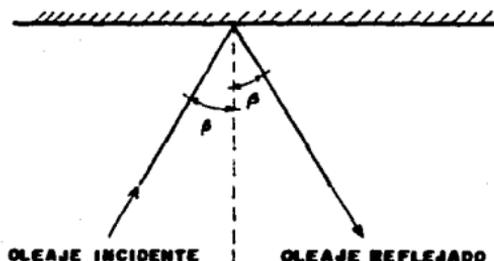
b) Reflexión.- Cuando un oleaje no rompiente incide sobre una estructura, hay un impacto y por esto una parte de la energía es reflejada y la otra se transmite al interior de la estructura, si está es permeable. En el caso de que, el frente de la onda sea paralela a la frontera y si está es plana y lisa se produce una reflexión perfecta que se manifiesta por la presencia de ondas estacionarias llamadas "Clapotis".

El Clapotis se forma por la superposición de dos ondas

progresivas de igual altura y período que avanzan en sentido contrario, esta onda tiene la característica de que duplica la altura de la ola incidente. Entre más vertical, rígida y lisa sea la frontera, mayor es la reflexión y por el contrario, si la frontera tiene una pendiente gradual, con pared rugosa, accidentada o permeable, menor es la reflexión.

En estructuras de enrocamiento la energía del oleaje se amortigua en gran medida, debido a diversos factores como el talud, el tamaño de las rocas y la relación de vacíos.

En la **Figura 3.7**, se muestra que cuando el oleaje no incide normalmente sobre un obstáculo, será reflejado con un ángulo igual al de incidencia.



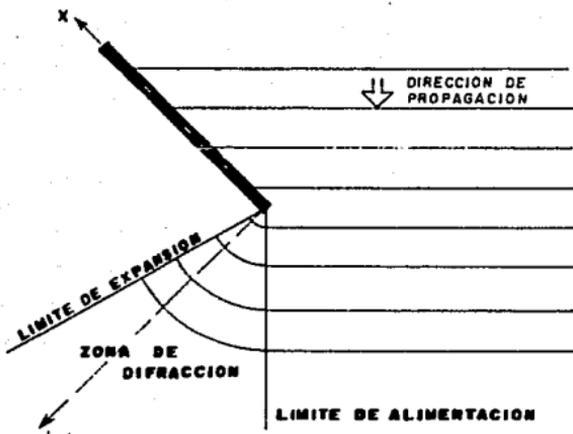
**FIGURA 3.7. - REFLEXION DEL OLAJE.**

c) Difracción.- La difracción del oleaje es fundamentalmente una transferencia de energía de una zona a otras; se presenta cuando el oleaje es interrumpido por un obstáculo que impide su paso a la zona posterior del mismo. El obstáculo puede ser natural (islas) o artificial (rompeolas); las ondas se curvan a su alrededor y penetran dentro de una zona protegida diciendose que presentan una expansión lateral.

Para el análisis de difracción se toman una serie de hipótesis de partida, mediante lo cual se obtiene que al incidir una ola sobre el morro de un rompeolas, hay una zona donde la ola no se modifica, la cual está limitada por el "límite de alimentación", sufriendo la ola difracción en la zona comprendida entre el límite de expansión y alimentación. (Figura 3.8)

El límite de expansión es una recta tangente al morro, que forma un ángulo de  $45^{\circ}$  con la perpendicular a él; por su parte el límite de alimentación queda definido por la línea tangente al morro, colineal a las ortogonales de la ola incidente.

En la actualidad los fenómenos de refracción, reflexión y difracción se pueden analizar mediante la utilización de métodos gráficos y analíticos; el estudio de estos métodos no entran en el alcance del presente trabajo.



**FIGURA 3.8. - DIFRACCION DEL OLEAJE.**

D) Rompiente - En su recorrido hacia la costa, una onda progresiva puede hacerse inestable y romper. Esta rotura puede ser motivada por dos causas:

1) Relación de esbeltez ( $\gamma'$ )

$$\gamma' = \frac{H}{L}, \text{ el valor l\u00edmite para la rotura de la ola es } = 0.142$$

Cuando la ola alcanza este valor empieza su proceso de rompimiento, disipando parcialmente su energ\u00eda.

2) Por efecto de fondo

En este caso la ola romper\u00e1 por el efecto de la profundidad del fondo; de acuerdo a la teor\u00eda de la onda solitaria modificada, las relaciones que expresan las condiciones de rompimiento son:

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{1}{3.3 (H'_0 / L_0)^{1/3}}$$

En donde:

$H_b/H'_0$  , \u00cdndice de altura rompiente

Adem\u00e1s:

$$\frac{d_b}{H_b} = 1.28$$

En donde:

$d_b$  , profundidad rompiente

$H_b$  , altura de ola rompiente

Esta \u00faltima expresi\u00f3n significa que una ola con altura determinada tender\u00e1 a romper cuando la profundidad del fondo donde se desplaza alcance un valor de 1.28 veces su altura.

### 3.7.5 Fuentes de información del 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 existen diferentes aparatos que permitan llevarlo a cabo.

Sin embargo, la medición directa casi nunca es posible realizarla, bien sea por motivos económicos o por falta de tiempo, por lo que es común hacer uso de fuentes de información. En México se usan dos fuentes principalmente, que fueron procesadas por el Departamento de Estudios y Laboratorios, Dirección General de Obras Marítimas, Secretaría de Comunicaciones y Transportes:

- a) Ocean weve statistics
- b) Sea and swell charts

Los datos presentados por estas dos fuentes, obedecen a observaciones visuales del estado del mar, realizadas desde embarcaciones durante un período de aproximadamente diez años.

### 3.7.6 Características del oleaje en la boca de San Francisco, Oax.

De la información de medición de oleaje durante los años 1981, 1982 y 1983, se estableció un año estadístico de oleaje normal de donde se determinaron las características de altura y período del oleaje, obteniéndose las frecuencias de 29.00%, 35.47% y 35.53%, para las direcciones Sureste, Sur y Suroeste respectivamente, las cuales se muestran en la **Tabla 3.6** para altura y en la **Tabla 3.7** para período.

En la tabla de distribución de frecuencias anuales de alturas de oleaje se observó que se tiene una mayor frecuencia para alturas menores de 0.60 m con un 71%, y para alturas menores de 1.20 m se tiene un porcentaje acumulado del 95%.

Para la tabla de distribución de frecuencias anuales de periodos comprendidos entre 12 y 14 seg del orden del 25%.

AÑO	(m) ALTURA	DIRECCION			TOTAL VALOR MEDIO
		SURESTE	SUR	SUROESTE	
1981	0.00-0.60	25.881	31.300	19.920	70.897
1982		29.324	23.348	16.029	
1983		10.748	21.013	35.131	
Valor Medio		21.984	25.220	23.693	
1981	0.60-1.20	6.097	5.178	6.913	23.949
1982		10.657	10.282	4.947	
1983		0.677	9.579	17.520	
Valor Medio		5.810	8.346	9.793	
1981	1.20-1.80	1.074	0.822	1.567	4.048
1982		1.808	2.280	0.465	
1983		0.091	1.552	2.487	
Valor Medio		0.991	1.553	1.506	
1981	1.80	0.302	0.322	0.585	1.106
1982		0.334	0.557	0.066	
1983		0.012	0.178	0.964	
Valor Medio		0.215	0.353	0.538	
Total Valor Medio		29.000	35.470	35.530	100.000

TABALA 3.6 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS ANUALES DE ALTURAS DE OLEAJES. BOCA DE SAN FRANCISCO, OAX.

AÑO	(Seg.) PERIODO	DIRECCION			TOTAL
		SURESTE	SUR	SUROESTE	
1981		1.742	1.607	1.220	
1982		3.163	2.686	2.096	
1983	8	1.062	2.200	4.302	
Valor Medio		1.989	2.164	2.539	6.692
1981		3.145	3.173	2.567	
1982		4.093	3.269	2.180	
1983	8-10	1.381	2.901	5.730	
Valor Medio		2.873	3.114	3.492	9.479
1981		5.005	4.945	4.177	
1982		6.975	6.010	3.704	
1983	10-12	2.444	5.048	9.253	
Valor Medio		4.808	5.336	5.711	15.855
1981		7.053	8.225	6.169	
1982		11.540	10.075	5.589	
1983	12-14	2.884	8.032	13.917	
Valor Medio		7.159	8.777	8.558	24.494
1981		8.456	10.569	7.293	
1982		9.534	8.435	4.391	
1983	14-16	2.146	7.580	12.557	
Valor Medio		6.712	8.861	8.080	23.653
1981		3.008	3.235	2.694	
1982		4.060	3.810	2.024	
1983	16-18	0.939	3.855	6.140	
Valor Medio		2.669	3.633	3.619	9.921
1981		2.098	2.073	1.913	
1982		1.647	1.388	0.764	
1983	18-20	0.434	2.000	2.316	
Valor Medio		1.392	1.820	1.664	4.876
1981		2.845	3.795	2.952	
1982		1.113	0.786	0.757	
1983	20	0.236	0.715	1.893	
Valor Medio		1.398	1.765	1.867	5.030
Total Valor Medio		29.000	35.470	35.530	100.000

TABLA 3.7 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS ANUALES DE PERIODOS DE OLEAJE. BOCA DE SAN FRANCISCO, OAX.

### 3.8 Transporte Litoral

#### 3.8.1 Transporte de sedimentos

El transporte de sedimentos es el fenómeno que se lleva a cabo en una playa por medio del cual las partículas sólidas de que está compuesta, se transportan a lo largo de ella; se sabe que el arrastre de sólidos se produce principalmente en la línea de playa y la zona de rompientes.

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

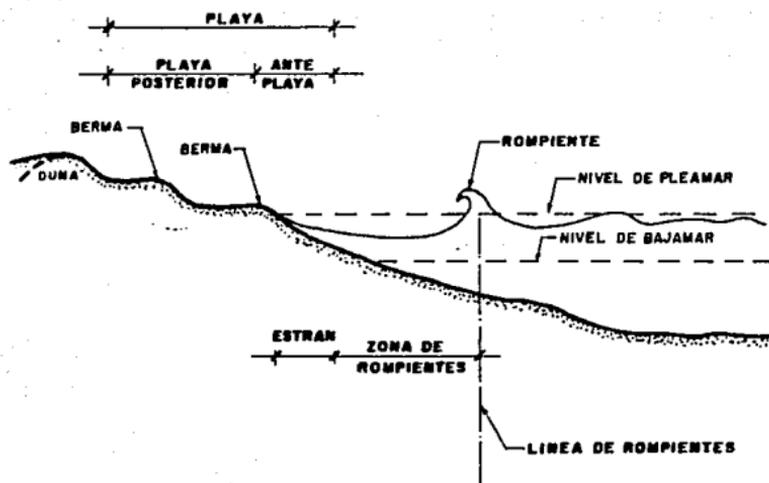
- En Ingeniería de costas sirve para predecir el acarreo litoral, diseño de protecciones costeras y puertos.
- En el dragado es importante en problemas de succión, transporte y depositación del material obtenido.

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

Las leyes que rigen estos fenómenos aun no se conocen a la perfección, por lo que resulta difícil prever con precisión la evolución de un fondo sometido a múltiples acciones hidrodinámicas, mediante un estudio teórico del movimiento de los sedimentos.

El movimiento de sedimentos que se produce en la costa se realiza generalmente en dos zonas que son la parte interior (ONSHORE) y la parte exterior (OFFSHORE). La parte interna se subdivide, a su vez, en dos zonas que se conocen como zona de rompientes y zona de estrán. (Figura

3.9)



**FIGURA 3.9. — PERFIL DE UNA PLAYA ARENOSA.**

Así mismo, tomando en cuenta el sentido del movimiento de los sedimentos bajo la acción del oleaje se tiene dos tipos: transversal y longitudinal.

Cuando la ola llega a la costa con un cierto ángulo la supuesta componente de la energía paralela a la costa produce una corriente litoral y por lo consiguiente en transporte de sedimentos a lo largo de la misma.

Cuando la intensidad de una corriente aumenta progresivamente y esto fluye sobre un fondo de material susceptible de ser movido y de un mismo diámetro, se observa un ligero movimiento de los granos y después algunos empiezan a desplazarse; esto es lo que se denomina inicio de movimiento.

Si el material es fino se originan ondas de perfil asimétrico que generan un flujo turbulento cerca del fondo que lo modifica singularmente; estas ondas (dunas) se orientan según el sentido de la corriente. Entre más grande sea la corriente estas ondas desaparecen y posteriormente se tiene nuevamente la presencia de ondas como antidunas.

Para estimar el transporte litoral se requiere conocer previamente las condiciones oceanográficas prevaletientes en la zona, la configuración batimétrica y las características del material que constituye la playa. Esta estimación puede hacerse por tres diferentes métodos: 1) Medición directa, 2) Fórmulas empíricas, 3) La combinación de ambos.

### 3.8.2 Cuantificación del transporte litoral en la boca de San Francisco, Oax.

El transporte litoral se calculó partiendo de las condiciones de oleaje en la zona. Para valorarlo, se utilizó a expresión de Larras, siendo ésta la que ha reportado mejores resultados para nuestras costas.

(Tabla 3.8)

La ecuación es:

$$Q_s = 0.180 \times 10^{-5} D_{50} \frac{L_o}{H_o} g H^2 T \text{ Sen } \frac{7}{4} \alpha$$

En donde:

$Q_s$ , Volumen de sedimentos transportados (m<sup>3</sup>)

$H$ , Altura de la ola (m).

$T$ , Período de la ola (Seg.)

$\alpha$ , Oblicuidad del oleaje con la línea rompiente (grados)

$D_{50}$ , Diámetro medio de las partículas (mm)

$g$ , Aceleración de la gravedad (m/Seg<sup>2</sup>)

$L_o$ , Longitud de onda (m).

$H_o$ , Altura de la ola en aguas profundas (m).

DIRECCION	SENTIDO DEL TRANSPORTE LITORAL		DURACION (%)
	E - W	W - E	
SURESTE	72,500	-	29.00
SUR	43,480	29,015	35.47
SUROESTE	-	187,780	35.53
SUMAS	115,980	216,795	100.00
TRANSPORTE LITORAL NETO = 100,815 M <sup>3</sup> /AÑO			

TABLA 3.8 TRANSPORTE LITORAL NETO EN LA BOCA DE SAN FRANCISCO, OAX.

#### 4.- DATOS BASICOS DE DISEÑO.

##### 4.1 Factores de diseño

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

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

- a) El régimen de los vientos locales, reinantes y dominantes de la zona de estudio.
- b) Características del oleaje de diseño en aguas profundas asociado a un período de retorno, generalmente la altura y período de la ola significante.
- c) Características de ese oleaje cerca de la estructura influenciado por la batimetría.
- d) Relacionado con el inciso anterior, si la ola frente a la estructura es rompiente o no rompiente.
- e) Localización de los bancos de roca. Distancia de estos a la obra, peso específico de la roca y tamaño de los mayores bloques que es posible extraer.
- f) Si se utilizan elementos artificiales, se debe conocer la forma de los mismos y el peso específico del concreto.
- g) Peso específico del agua en que la obra estará sumergida.

- h) Se selecciona de antemano un ángulo de inclinación del talud de la obra. Se pueden seleccionar dos o tres para finalmente escoger el de diseño.
- i) Forma en que se colocarán los elementos de la coraza ya sea acomodado o al azar.
- j) Si la sección por diseñar pertenece al tronco o al morro.

En los diseños que se realizan en la práctica, las fuerzas que se consideran actuando en la estabilidad de un rompeolas son esencialmente dos: Fuerzas debidas al oleaje y Fuerzas debidas al peso propio y rozamiento de los elementos que constituyen la coraza, es decir los que directamente soportan el oleaje.

## 4.2 Criterios de diseño

### 4.2.1 Elección de la ola de diseño

El único sistema real para elegir la ola de diseño, es contar con estadísticas de medición del oleaje directamente en la zona de estudio por un período significativo que tenga valor estadístico como mínimo de 3 años.

Es conveniente observar que en las cuatro estaciones oceanográficas en operación, se ha medido en forma eventual alguna ola con altura superior a 3 metros, incluyendo las del Golfo de México y las del Océano Pacífico, lo que nos viene a comprobar en principio que los oleajes existentes en nuestros litorales son de un orden muy distinto a aquellos que se presentan en las costas de Europa y Asia, aún con la presencia de oleaje de origen ciclónico.

Al conocer las trayectorias de los ciclones y su distribución isobárica, se aplican los métodos de predicción de oleaje, de los cuales

el más utilizado en problemas de ingeniería es el propuesto por Bretschneider.

Este método relaciona la altura de la ola significativa ( $H_{1/3}$ ) y el periodo significativo ( $T_{1/3}$ ) con la velocidad y duración del viento, y la longitud del Fetch. (Ref. 13.4.2 Manual de Diseño de Obras Civiles. Hidráulica Maritima, CFE)

#### 4.2.2 "Lamido" de la ola

Se define como "lamido" de la ola (run-up) a la máxima distancia medida verticalmente sobre el nivel estático del agua, que alcanza la ola al llegar contra una estructura (escollera).

En el diseño es importante calcular el run-up sobre la estructura, ya que permite obtener la elevación mínima de la corona de la coraza, que evite el paso del agua sobre ella; o bien, si se escoge una elevación de la corona, permite conocer la altura de la ola máxima que no alcanza a pasar sobre la obra.

Las condiciones que deben considerarse para valuar el run-up son las siguientes:

- a) La ola es no rompiente sobre la escollera
- b) La ola rompe sobre el talud de la escollera
- c) La ola rompe antes de llegar a la escollera

Para cada una de estas condiciones se tienen procedimientos de cálculo diferentes propuestos por Takada; los cuales, debido a sus características no serán estudiados en este punto (Ref. 13.2.6 Manual de Diseño de Obras Civiles. Hidráulica Maritima, CFE)

#### 4.2.3 Peso de los elementos de la coraza

En la actualidad el criterio comunmente usado para calcular el peso de los elementos de la coraza es el propuesto por Hudson, el cual ha dado buenos resultados en nuestro país:

$$W = \frac{\delta_s Hd^3}{K_D (S_s - 1) \cot \alpha}$$

En donde:

W, Peso de los elementos de la coraza (Ton)

Hd, Altura de la ola de diseño (m)

$K_D$ , Coeficiente de estabilidad (adimensional)

$S_s$ , Densidad de sólidos (adimensional)

$\alpha$ , Angulo del talud de la estructura con respecto a la horizontal (grados)

Los valores que puede tomar el coeficiente  $K_D$ , fueron obtenidos mediante ensayos de laboratorio y se presentan en la **Tabla 4.1**.

TIPO DE ELEMENTO EN LA CORAZA	NUMERO DE ELEMENTOS DE LA CAPA DE CORAZA	COLOCACION	CUERPO DE LA ESCOLLERA (K D)		MORRO DE LA ESCOLLERA (K D)		TALUD COI $\alpha'$
			OLA ROMPIENTE	OLA NO ROMPIENTE	OLA ROMPIENTE	OLA NO ROMPIENTE	
<b>PIEDRA</b>							
Lisa y redondeada	2	azaf	2.1	2.4	1.7	1.9	1.5-3.0
Lisa y redondeada	3	azaf	2.8	3.2	2.1	2.3	1.5-3.0
Rugosa y angulosa	2	azaf	3.5	4.0	2.9	3.2	1.5
Rugosa y angulosa	3	azaf	3.9	4.5	3.7	4.2	1.5-3.0

**TABLA 4.1 VALORES DE  $K_D$ . PARA DETERMINAR EL PESO DE LAS UNIDADES DE LA CORAZA (CERC)**

#### 4.2.4 Peso de los elementos de la capa secundaria y del núcleo

Como ya se mencionó anteriormente, las escolleras están constituidas generalmente por tres elementos: Coraza, capa secundaria y núcleo. Sin embargo, la sección podrá tener varias capas secundarias en orden de su función de filtro y/o aprovechamiento de la roca. En las Figuras 4.1 y 4.2, se indican los pesos que se recomiendan utilizar en los elementos de la capa secundaria y núcleo, tanto para la condición de oleaje rompiente como para la de oleaje no rompiente.

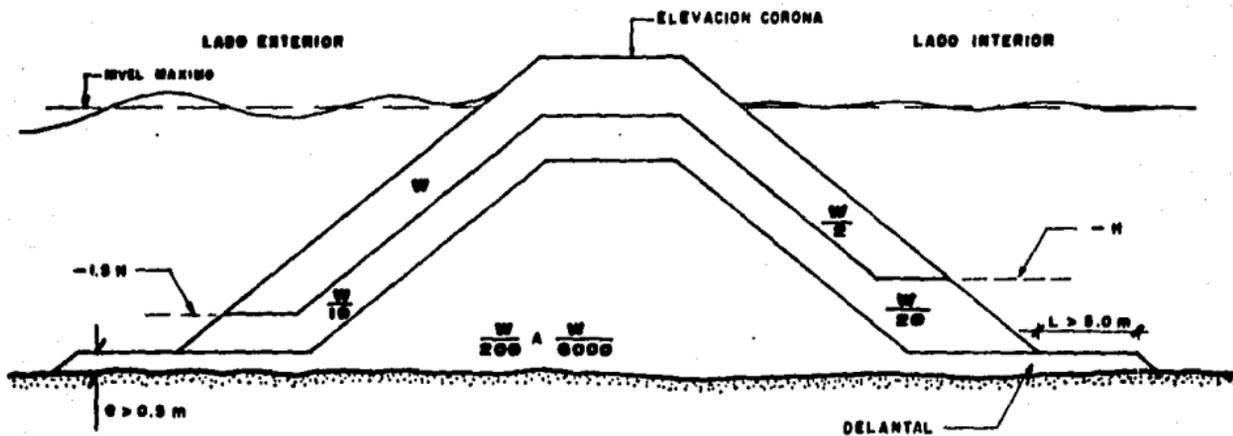
Los tamaños recomendados en las Figuras 4.1 y 4.2, evitan que salgan elementos de las capas interiores.

#### 4.2.5 Elevación y ancho de la corona

La determinación de la cota de la corona es de gran importancia, debido a que de esta dependerá si el oleaje "rebasa" por encima a la coraza, lo cual solo se permitirá en el caso de que no se cause ningún daño en el lado interior de la estructura. Además, el que exista o no "rebase" dependerá de la magnitud del run-up generado por el oleaje.

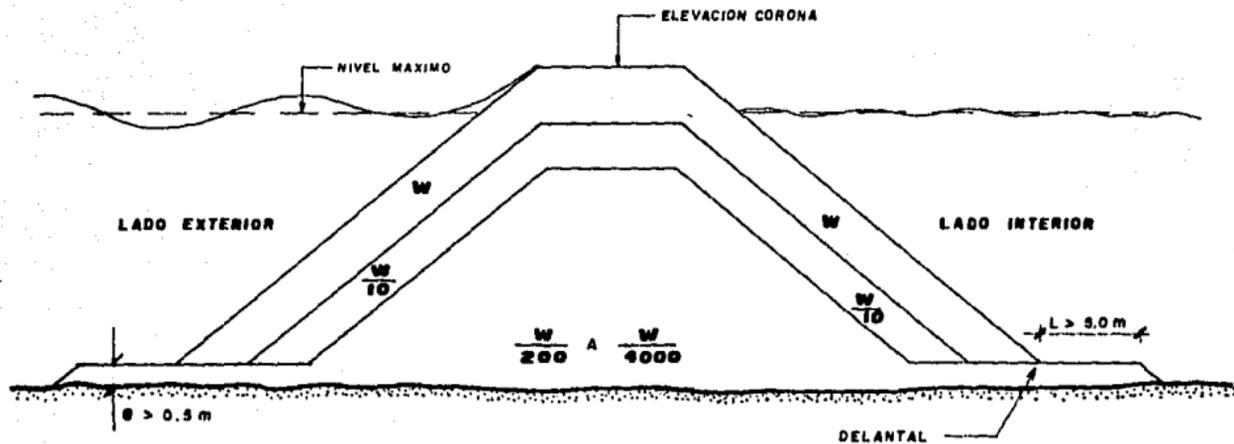
El ancho de la corona, por su parte, dependerá de las características constructivas de la sección de la escollera, recomendándose en general que al menos su dimensión sea:

$$B = nK_{\Delta} (W / \Delta s)^{1/3}$$



EN DONDE:  $H$  = ALTURA DE LA OLA DE DISEÑO.

**FIGURA 4.1. - SECCION TRANSVERSAL DE UNA ESCOLLERA PARA OLAJE NO ROMPIENTE. REBASE DE CERO A MODERADO.**



**FIGURA 4.2. — SECCION TRANSVERSAL DE UNA ESCOLLERA PARA OLEAJE ROMPIENTE. REBASE MODERADO.**

En donde:

- B, Ancho de la corona (m)  
n, Número de elementos (mínimo 3)  
 $K_A$ , Coeficiente de capa  
W, Peso del elemento (Ton.)  
 $\gamma_s$ , Peso volumétrico del material de los elementos ( $\text{Ton}/\text{m}^3$ ).

En todos los casos, B deberá ser lo suficientemente grande para permitir el paso de los equipos de construcción.

En la **Tabla 4.2** se presentan los valores de  $K_A$

ELEMENTO	n	COLOCACION	COEFICIENTE DE CAPA $K_A$	POROSIDAD P (%)
PIEDRA				
Lisa	2	al azar	1.02	38
Rugosa	2	al azar	1.15	37
Rugosa	3	al azar	1.10	40

**TABLA 4.2 VALORES DEL COEFICIENTE CAPA Y POROSIDAD**

Así mismo el número de elementos N en una área A del talud se puede obtener con la siguiente expresión:

$$N = nK_A (1 - P/100) (\gamma_s/W)^{2/3} A$$

En donde:

N, Número de elementos

A, Area de la capa; generalmente se escoge un área unitaria de 10 a 100 m<sup>2</sup>.

P. Porosidad (%)

#### 4.2.6 Espesor de la coraza y capa secundaria

Estos espesores se pueden obtener utilizando la siguiente fórmula :

$$e = nK_{\Delta} (W / \delta_s)^{1/3}$$

La cual es igual a la fórmula para obtener el ancho de la corona, con la salvedad de que "e" representa el espesor promedio de cualquiera de las capas.

#### 4.2.7 Elevación mínima de la corona

Los elementos que componen la coraza deberán extenderse, talud abajo, como mínimo 1.5 H (H=altura de la ola de diseño), cuando la estructura esté desplantada una profundidad  $d > 1.5 H$ , tomando como referencia el nivel de bajamar. Cuando la profundidad de  $d < 1.5 H$  la coraza deberá llevarse practicamente hasta el fondo.

#### 4.2.8 Distribución de tamaños a lo largo de la escollera

La profundidad del mar a lo largo de la estructura varía desde cero en la zona de arranque hasta una profundidad máxima del oleaje, la ola de diseño teórica para cada sección de la estructura variará de un máximo valor frente al morro a cero cerca del arranque. Por tanto, el tamaño teórico de los elementos de roca podrá variar de sección a sección. Esta variación continua de tamaños no es practica desde el punto de vista constructivo, sin embargo permite utilizar adecuadamente todos los tamaños de roca obtenidos en el banco. En el dado caso de que no se desee hacer lo anterior, es recomendable que la longitud total de la obra se divida en 2 a 4 zonas y cada una se diseñe para una cierta altura del oleaje. Dicho oleaje se considera casi siempre rompiente, excepto en el primer tramo que incluye el morro, ya que ahí el oleaje podra romper o no romper.

Como cada zona en que se dividió la escollera tiene tamaño diferente de roca, y esos tamaños aumentan del arranque hacia el morro, tambien aumentará la elevación de la corona en esa dirección y el último tramo será el más elevado.

Tomando en cuenta lo anterior el peso de los elemntos de cada zona de la sección transversal puede variar dentro de ciertos límites; esto se indica en la **Tabla 4.3**.

CAPA O ZONA	PESO TEORICO	PESOS REALES
CORAZA	W	$1.25 > W > 0.75$
SECUNDARIA	W/10	$1.30 > W/10 > 0.70$
NUCLEO	W/200 A W/4000	W/200 A W/4000

TABLA 4.3 PESO DE LOS ELEMENTOS DE SECCION TRANSVERSAL

#### 4.2.9 Longitud del morro

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

### 4.3 Características de las escolleras en la boca de San Francisco, Oax.

#### 4.3.1 datos del proyecto

Escolleras oriente y poniente.	Barra de San Francisco del Mar, Oax.
Altura de la ola de diseño.	Hd = 3.00 m se eligió de acuerdo con la profundidad a la que llegan las escolleras.
Peso volumétrico de la roca.	$\gamma_s = 2.6 \text{ Ton/m}^3$
Talud de la obra.	Talud = 2:1
Coefficiente de trabazón de la roca.	Kd = 2.5 (Morro) Kd = 3.5 (Cuerpo)

#### 4.3.2 Pesos y dimensiones

Mediante las fórmulas dadas en los puntos anteriores y efectuando los cálculos correspondientes se llega a los siguientes pesos y dimensiones de los elementos de las escolleras; considerando también las recomendaciones del "Shore Protection Manual" para rangos de pesos aceptables:

Coraza	+/- 25 %
Capa secundaria	+/- 30 %
Núcleo	+/- 50 %

SITIO	CORAZA			CAPA SECUNDARIA			NUCLEO		
	W	1.25W	0.75W	W	1.30W	0.70W	W	1.50W	0.5W
MORRO	3.50	4.75	2.625	0.350	0.455	0.245	0.035	0.083	0.018
CUERPO	2.50	3.125	1.875	0.25	0.325	0.175	0.025	0.038	0.013

TABLA 4.3 PESOS DE LOS ELEMENTOS DE LAS ESCOLLERAS BOCA DE SAN FRANCISCO, OAX. (TON)

SITIO	CORAZA	CAPA SECUNDARIA
MORRO	2.55	1.20
CUERPO	2.30	1.05

TABLA 4.4 ESPESORES DE CORAZA Y CAPA SECUNDARIA EN LAS ESCOLLERAS DE BOCA DE SAN FRANCISCO, OAX.

Para obtener la elevación del nucleo se tomaron en cuenta los niveles de marea y oleaje normales y la elevación necesaria para permitir el paso de los vehículos:

H (altura de la ola media) = 0.90 m  
N.P.M.S = 0.645 m  
N.B.M.I. = 0.574 m

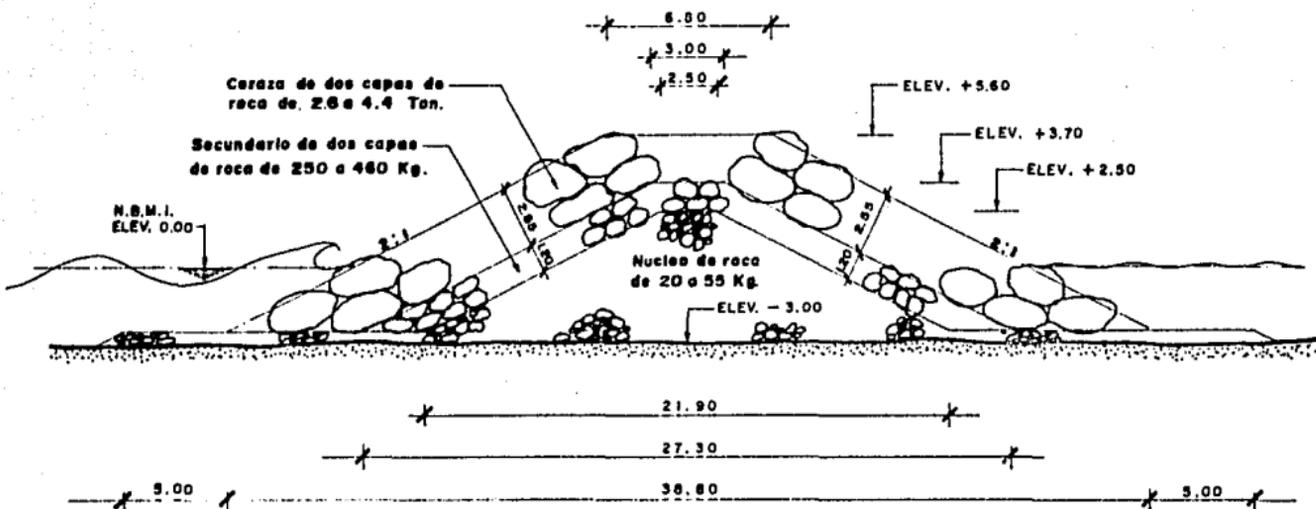
Elevación referida al N.B.M.I. = 1.219 m + 0.90 m. = 2.12 m.

La elevación mínima del núcleo será = 2.15 m

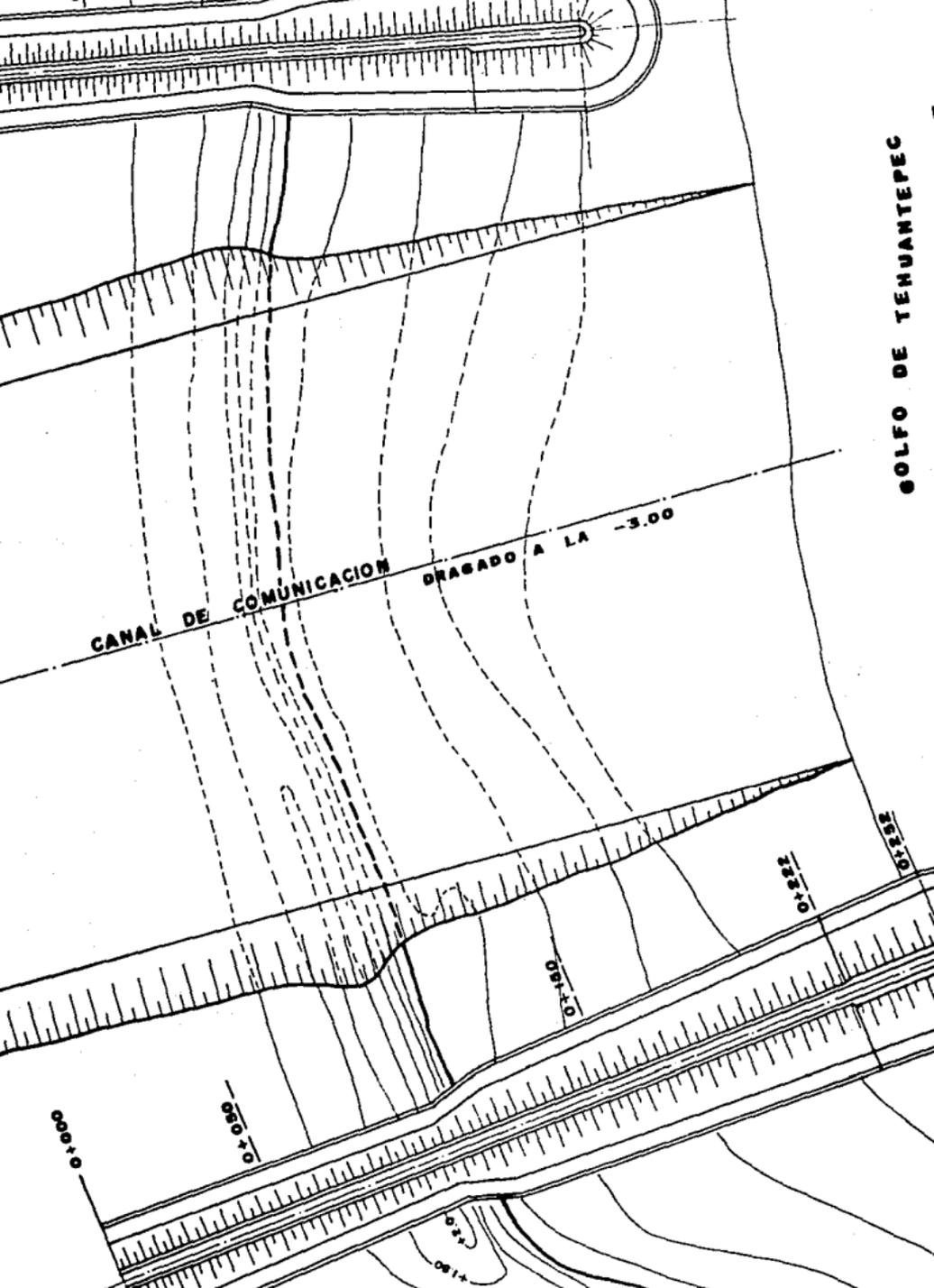
Y la elevación mínima de la capa secundaria = 3.20 m

Por último, considerando el Run - Up, el N.P.M.S. y el espesor de la corona, resulta una elevación de la corona de la coraza de 5.60 m. y 5.40 m. en el morro y cuerpo respectivamente. **Figura 4.3**

En la figura 4.4 se muestra una vista de planta en donde se indica la orientación de las dos escolleras en la Boca de San Francisco, Oax.



**FIGURA 4.3. — SECCION TRANSVERSAL EN EL MORRO DE LAS  
 ESCOLLERAS EN BOCA DE SAN FRANCISCO, OAX.**



CANAL DE COMUNICACION DRAGADO A LA -3.00

GOLFO DE TENUANTEPEC

000+0

050+0

090+0

130+0

170+0

210+0

### 4.3.2 Volúmenes

Partiendo de las secciones geométricas, se calcularon las áreas respectivas y se afectaron por un coeficiente de porosidad que fluctuó entre 0.80 y 0.60 dependiendo del tamaño de roca de cada capa.

En la **Tabla 4.5** se muestran los volúmenes de roca necesaria para la construcción de las escolleras:

CAPA	ELEMENTO	VOLUMEN (M <sup>3</sup> )		PESO (Ton.)	
		PONIENTE	ORIENTE	PONIENTE	ORIENTE
<b>CUERPO:</b>					
NUCLEO Y PLANTILLA	ROCA DE 15-40 KG	6,987	3,708	18,166	9,641
CAPA SECUNDARIA	ROCA DE 175-325 KG	2,664	1,571	6,926	4,085
CORAZA	ROCA DE 1.9-3.2 Ton	7,663	3,590	19,924	9,334
<b>MORRO:</b>					
NUCLEO Y PLANTILLA	ROCA DE 20-55 KG	1,932	1,379	5,023	3,585
CAPA SECUNDARIA	ROCA DE 250-460 KG	633	534	1,646	1,388
CORAZA	ROCA DE 2.6-4.4 Ton	1,358	1,165	3,531	3,029
		21,237	11,947	55,216	31,062
<b>TOTALES</b>		<b>33,184 M<sup>3</sup></b>		<b>86,278 Ton</b>	

**TABLA 4.5 CANTIDADES DE ROCA NECESARIA PARA LA CONSTRUCCION DE LAS ESCOLLERAS EN BOCA DE SAN FRANCISCO, OAX.**

## 5.- COSTO DE LA OBRA.

### 5.1 Consideraciones generales

Para fijar el precio unitario en la obra de construcción de escolleras se deberá tomar en cuenta como factores primordiales los siguientes:

- a) Las características de las formaciones petreas que se requiere explotar para la obtención de los materiales necesarios para la construcción de las escolleras.
- b) Las distancias y caminos de acceso de los bancos de rocas al sitio de la obra.
- c) El programa de operaciones que se establezca para coordinar el ataque de los bancos de roca en concordancia con la secuencia requerida para la construcción de los enrocamientos.
- d) La explotación de bancos de roca requiere de diferentes actividades como: desmontes, levantamientos topográficos, apertura del frente de ataque necesario, extracción de la roca, acondicionamiento de patios de clasificación de

materiales, clasificación y acopio y carga de material.

- e) Construcción de caminos nuevos, acondicionamiento de los existentes, reparación y conservación de todas las vías de comunicación entre los bancos y la obra.
- f) Volúmenes de roca necesaria para la obra.

## **5.2 Determinación del costo de las obras en Boca de San Francisco, Oax.**

Para evaluar los costo de esta obra se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones básicas, cuyo análisis no se detalla para simplificar el objetivo:

1) Los costos de los materiales se consideran puestos en obra; de tal modo, que se aplicarán directamente a los precios unitarios.

2) Los costos horarios de los equipos se presentan únicamente en una relación, no se anexan los análisis detallados.

3) Se presenta una relación de salarios reales del personal por utilizar en los trabajos. No se anexa el cálculo del factor de salario real.

4) Los rendimientos utilizados en los análisis de precios unitarios son tomados de experiencias prácticas, de tal modo que no se analizan los ciclos de los equipos.

#### 5.2.1 Relación de materiales puestos en obra

Relación de materiales	Unidad	Precio en obra
1 Tovex 700 de 1" x 8"	KG	\$ 13,935.00
2 Tovex 700 de 2" x 16"	KG	13,935.00
3 Primacord	ML	1,436.00
4 Mexamon	PZA	2,021.00
5 Estopin	PZA	6,040.00
6 Fulminante	PZA	626.00
7 Acero integral 0.80 M	PZA	340,000.00
8 Acero integral 1.60 M	PZA	390,000.00
9 Barra de extensión 10'	PZA	738,600.00
10 Broca tipo X de 3"	PZA	756,700.00
11 Cople unión rosca de 1 1/2"	PZA	180,300.00
12 Zanco de 1 1/2"	PZA	616,200.00

### 5.2.2 Relación de costos horarios de maquinaria y equipo

Relación de maquinaria	Unidad	Costos horario
1 Tractor D85-A	HR	\$ 179,409.00
2 Tractor D8 K	HR	\$ 219,250.00
3 Track Drill CM-350	HR	\$ 63,240.00
4 Compresor 750 PCM.	HR	\$ 70,488.00
5 Payloader 950	HR	\$ 123,935.00
6 Traxcavo 977	HR	\$ 137,327.00
7 Grúa LS-418	HR	\$ 245,129.00
8 Compresor 250 PCM.	HR	\$ 27,895.00
9 Perforadora 80 PCM.	HR	\$ 5,896.00

### 5.2.3 Relación de salarios reales

Relación de salarios	Unidad	Salario Base	F.S.R.		Salario Real
			S.M. 1.6688	S.M.M. 1.6179	
1 Ayudante general	JOR	\$16,285	\$10,063		\$ 26,348
2 Ayudante especializado	JOR	26,266	16,229		42,495
3 Poblador	JOR	47,545	29,378		76,923
4 Cargador de explosivos	JOR	29,510	18,234		47,744
5 Sobrestante o cabo	JOR	50,363	31,120		81,483
6 Operador equipo mayor	JOR	78,936	48,774		127,710
7 Perforista	JOR	28,058	17,337		45,395

#### 5.2.4 Análisis Básicos

Se calcularán por separado los análisis auxiliares que posteriormente serán utilizados en la integración de los precios unitarios.

Estos análisis básicos son los siguientes:

1) Obtención del coeficiente de aprovechamiento de material (roca) del banco denominado "San Francisco" ubicado a 15 Km. del lugar de la obra.

2) Acondicionamiento del banco y construcción de plataformas para maniobras y almacenamiento de roca de diversos tamaños.

3) Explotación del banco de roca mediante el uso de explosivos.

4) Mantenimiento del camino de acceso del banco a las escolleras, considerando que el este ya existe y tiene una longitud de 15 Km.

5) Extracción de la roca explotada, principalmente al pie de la voladura en donde los explosivos tiene menos efecto.

6) Construcción de capa de rodamiento sobre las escolleras para permitir el acceso de los equipos de colocación, así como los camiones que cargan la roca.

ANALISIS BASICO No. 1

OBTENCION DEL COEFICIENTE DE APROVECHAMIENTO

PRESO DE LA BOCA REQUERIDA	CANTIDAD NECESARIA		PORCENTAJE ESPERADO	CANTIDAD A EXPLORAR TON	CANTIDAD SOBRANTE TON
	TON	%			
3.00 a 5.00 TON	6,558.00	7.62			
2.00 a 3.00 TON	29,269.00	34.82	38.00	35,818.00	
500 a 2,000 KG.					
250 a 500 KG.	3,832.00	3.52			
175 a 325 KG.	11,812.00	12.89	20.00	23,879.00	9,835.00
55 a 175 KG.					
15 a 55 KG.	36,156.00	42.84	45.00	53,727.00	17,571.00
FINOS a 15 KG.			5.00	5,978.00	5,978.00
<b>S U M A</b>	<b>86,818.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>119,394.00</b>	<b>33,376.00</b>

$$\text{FACTOR DE APROVECHAMIENTO} = \frac{86,818.00}{119,394.00} = 0.7285 = 72.85\%$$

$$\text{FACTOR DE SOBREEXPLOTACION} = \frac{119,394.00}{86,818.00} = 1.39$$

$$\text{F.S.E.} = 1.39$$

# ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

## ANALISIS BASICO No. 2

ACONDICIONAMIENTO DEL BANCO Y CONSTRUCCION DE PLATAFORMAS.

CONSIDERANDO QUE SE TIENE UN VOLUMEN POR EXPLOTAR, DE:

$$\frac{119,394 \text{ TON}}{2.6 \text{ TON/M}^3} = 45,921 \text{ M}^3$$

Y ALTURA DEL BANCO UTILIZABLE DE:

$$\frac{45,921 \text{ M}^3}{10 \text{ M}} = 4,592 \text{ M}^2$$

### 1) DESMONTE

TRACTOR D6-K: \$ 219,250/HR

RENDIMIENTO: 100 M<sup>3</sup>/HR

$$\text{CARGO} = \frac{\$219,250/\text{HR} \times 4,592 \text{ M}^2/\text{P.G.}}{100 \text{ M}^3/\text{HR}} = \$ 10,067,960/\text{P.G.}$$

### 2) DESPALME

TRACTOR D6-K: \$ 219,250/HR

ESPEJOR DE DESPALME: 0.5 M

RENDIMIENTO: 100 M<sup>3</sup>/HR

$$\text{CARGO} = \frac{\$219,250/\text{HR} \times 4,592 \text{ M}^2/\text{P.G.} \times 0.5 \text{ M}^3/\text{M}^2}{100 \text{ M}^3/\text{HR}} = \$ 5,033,980/\text{P.G.}$$

### 3) PERFILADO

#### I- MATERIALES

##### a) ACERO DE BARRERACION

1 BARRA HEXAGONAL DE 0.80 M	=	\$ 340,000/PZA
1 BARRA HEXAGONAL DE 1.60 M	=	390,000
		<u>\$ 730,000/P.G.</u>

CONSIDERANDO UNA PLANTILLA DE 1.00 X 1.00 M  
UNA PROFUNDIDAD DE 1.50 M Y SOBRE BARRERACION DE 0.25 M

$$\text{COEFICIENTE DE BARRERACION} = \frac{1.75 \text{ M}}{1.00 \text{ M} \times 1.00 \text{ M} \times 1.50 \text{ M}} = 1.17 \text{ ML/M}^3$$

$$\text{CARGO} = \frac{\$ 730,000/\text{P.G.} \times 1.17 \text{ ML/M}^3}{750.00 \text{ ML/PG}} = \$ 1,138.00/\text{M}^3$$

##### b) EXPLOSIVOS

CARGA DE FONDO (TOUOX 700 DE 1" X 8")	=	\$ 13,935/KG X 0.25 KG/M <sup>3</sup>	=	\$ 3,483.75/M <sup>3</sup>
CARGA DE COLUMNA (MEXANOM)	=	\$ 2,821/KG X 0.60 KG/M <sup>3</sup>	=	\$ 1,212.60
CORDON DETONANTE (PRIMACORD)	=	\$ 1,436/ML X 0.40 ML/M <sup>3</sup>	=	\$ 574.40
DETONADOR (KSTOPIN)	=	\$ 6,040/PZA X 0.04 PZA/M <sup>3</sup>	=	\$ 241.60

SUMA DE MATERIALES: \$ 6,651.15/M<sup>3</sup>

#### II- MANO DE OERA

##### a) BARRERACION

1 PERFORISTA.	=	\$ 45,395/JOR
1 AYUDANTE GENERAL.	=	26,340
		<u>\$ 71,743/JOR</u>

$$\text{CARGO} = \frac{\$ 71,743/\text{JOR}}{100.00 \text{ M3}/\text{JOR}} = \$ 717.43/\text{M3}$$

**b) COLOCACION DE EXPLOSIVOS**

$$1 \text{ PORTADOR} = \$ 76,923/\text{JOR}$$

$$1 \text{ CARGADOR EXP.} = 47,744$$

$$1 \text{ AYUDANTE GENERAL} = 26,348$$

$$\underline{\$ 151,015/\text{JOR}}$$

$$\text{CARGO} = \frac{\$151,015/\text{JOR}}{100.00 \text{ M3}/\text{JOR}} = \$ 1,510.15/\text{M3}$$

$$\text{SUMA MANO DE OBRA: } \$ 2,227.58/\text{M3}$$

**III- EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

**a) HERRAMIENTA Y EQUIPO DE SEGURIDAD**

$$6.00\% \text{ MANO DE OBRA } 0.06 \times \$2,227.58/\text{M3} = \$ 133.65/\text{M3}$$

**b) EQUIPO DE PERFORACION**

$$1 \text{ COMPRESOR 250 PCN.} = \$ 27,895/\text{HR}$$

$$1 \text{ PERFORADORA.} = 5,896$$

$$\underline{\$ 33,791/\text{HR}}$$

$$\text{CARGO} = \frac{\$ 33,791/\text{HR}}{12.50 \text{ M3}/\text{HR}} = \$ 2,703.28/\text{M3}$$

c) REMOCION DE MATERIAL

1 TRACTOR D6-K = \$ 219,250/HR

CARGO =  $\frac{\$219,250/HR}{200.00 \text{ M}^3/HR}$  = \$ 1,096.25/M<sup>3</sup>

SUMA DE EQUIPOS: \$ 3,933.18/M<sup>3</sup>

RESUMEN DE PERFILADO

I.- MATERIALES \$ 6,651.15/M<sup>3</sup>

II.- MANO DE OBRA 2,227.58

III.- EQUIPOS 3,933.18

\$ 12,811.91/M<sup>3</sup>

HACIENDO UN PRORRATEO ENTRE EL VOLUMEN DE ROCA PARA COLOCAR Y CONSIDERANDO UN 2.00% DEL VOLUMEN POR EXPLOTAR COMO VOLUMEN DE PERFILAMIENTO DEL BANCO.

VOLUMEN A EXPLOTAR = 119,394 TON

VOLUMEN DE PERFILAMIENTO = 2,388 TON

VOLUMEN POR COLOCAR = 86,018 TON

PRORRATEO =  $\frac{\$12,811.91/M^3 \times 2,388 \text{ TON}}{2.6 \text{ TON/M}^3 \times 119,394 \text{ TON}}$  = 98.56/TON

CARGO POR PERFILADO = 86,018 TON/PG = \$ 8'477,934/P.G.

4) CARGA MECANICA DEL MATERIAL PRODUCTO DE DESPALME Y FERRILADO.

PAYLODER 950 = \$ 123,935/HR

RENDIMIENTO = 100 M3/HR

$$\text{CARGO} = \frac{\$ 123,935/\text{HR} \times 4,684 \text{ M3/P.G.}}{100 \text{ M3/HR}} = \$ 5'885,115/\text{P.G.}$$

5) ACARREO CON CANTON DE VOLTEO EN EL PRIMER KILOMETRO.

TARIFA DE TRANSPORTISTAS = \$ 1,071/M3

$$\text{CARGO} = \$ 1,071/\text{M3} \times 4,684 \text{ M3/P.G.} \times 1.30 \text{ ABONO.} = \$ 6,521,533/\text{P.G.}$$

6) EXTENDIDO Y CONFORMADO

TRACTOR D6-K = \$ 219,250/HR

RENDIMIENTO = 300 M3/HR

$$\text{CARGO} = \frac{\$ 219,250/\text{HR} \times 4,684 \text{ M3/P.G.}}{300 \text{ M3/HR}} = \$ 3'423,223/\text{P.G.}$$

RESUMEN FINAL  
ANALISIS BASICO No. 2

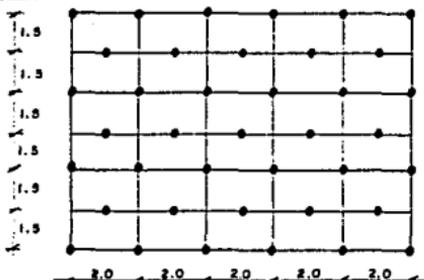
1.- DESMONTE	\$ 18'867,968/P.G.
2.- DESPALME	5'833,988
3.- PERFILADO	8'477,934
4.- CARGA	5'885,115
5.- ACARREO 1er. KILOMETRO	6'521,533
6.- EXTENDIDO Y CONFORMADO	<u>3'423,223</u>

ACONDICIONAMIENTO DEL  
BANCO Y CONSTRUCCION  
DE PLATAFORMAS. = \$ 39'859,745/P.G.

## ANALISIS BASICO No. 3

### EXPLOTACION DE BANCO.

CONSIDERAMOS QUE LA ROCA DE MAYOR VOLUMEN SERA APROXIMADAMENTE 2 M3 Y QUE EL BANCO CUENTA CON ROCA SANA, SE PROPONE QUE LA SEPARACION DE LOS BARRIENOS SEA DE ACUERDO A LA SIGUIENTE PLANTILLA:



ANALIZANDO UNA PLANTILLA DE BARRIENACION DE 10 X 9 M:

NUMERO DE BARRIENOS	=	39
PROFUNDIDAD PROMEDIO DEL BARRIENO	=	9.0 ML
LONGITUD TOTAL DE BARRIENACION	=	351 ML
VOLUMEN DE EXPLOTACION	=	819 M3

$$\text{COEFICIENTE DE EXPLOTACION} = \frac{819 \text{ M3}}{351 \text{ ML}} = 2.31 \text{ M3/ML}$$

#### 1) BARRIENACION

##### a) EQUIPO

1 COMPRESOR 750 PCM	=	\$ 78,488.00/HR
1 TRACKDRILL CM-350	=	63,240.00
0.5 PISTOLA PERFORADORA	=	<u>2,940.00</u>
		<u>\$136,676.00/HR</u>

RENDIMIENTO: 10 ML/HR

$$\text{CARGO} = \frac{\$ 136,676.00/HR}{10 \text{ ML/HR} \times 2.31 \text{ M3/ML} \times 2.6 \text{ TON/M3}} = \$ 2,275.66/TON$$

b) ACERO DE BARRERACION

$$\text{BROCA DE 3" TIPO X} = \frac{1 \text{ PZA X } \$ 756,700/\text{PZA}}{300 \text{ M/PZA}} = \$ 2,522.33/\text{M}$$

$$\text{BARRA DE EXTENSION 18" = } \frac{1 \text{ PZA X } \$ 738,600/\text{PZA}}{1,500 \text{ M/PZA}} = \$ 492.40/\text{M}$$

$$\text{COPLER DE 1 1/2" = } \frac{2 \text{ PZAS X } \$ 189,300/\text{PZA}}{400 \text{ M/PZA}} = \$ 946.50/\text{M}$$

$$\text{ZANCO DE 1 1/2" = } \frac{1 \text{ PZA X } \$ 616,200/\text{PZA}}{1,500 \text{ M/PZA}} = \$ 410.80/\text{M}$$

---

\$ 4,237.03/M

$$\text{CARGO} = \frac{\$ 4,237.03/\text{M}}{2.31 \text{ KG/M X } 2.6 \text{ TON/KG}} = \$ 729.45/\text{TON}$$

---

SUMA POR BARRERACION \$ 2,996.11/TON

2) PUEBLE Y TORNADO.

a) EXPLOSIVOS.

$$\text{CARGA DE FONDO (TOUXX 2"x16") = } 0.24 \text{ KG/KG X } \$ 13,935/\text{KG} = \$ 3,344.40$$

$$\text{CARGA DE COLUMNA (MEXORON) = } 0.65 \text{ KG/KG X } 2,021/\text{KG} = 1,313.65$$

$$\text{CORDON DETONANTE (PRIMACORD) = } 0.64 \text{ M/KG X } 1,436/\text{M} = 919.04$$

$$\text{DETONADOR (FULMINATES) = } 0.05 \text{ PZA/KG X } 626/\text{PZA} = 31.30$$

---

\$ 5,688.39/KG

$$\text{CARGO} = \frac{\$ 5,688.39/\text{KG}}{2.6 \text{ TON/KG}} = \$ 2,157.08/\text{TON}$$

b) MANO DE OBRERA

1 POBLADOR	\$ 76,923/TMO
2 AYUDANTES ESPECIALES	84,990
1 CARGADOR DE EXPLOSIVOS	47,744
	<hr/>
SUMA	\$209,657/TMO

$$\text{CARGO} = \frac{\$ 209,657/\text{TMO}}{1,000 \text{ M}^3/\text{TMO} \times 2.6 \text{ TON}/\text{M}^3} = \$ 80.64/\text{TON}$$


---


$$\text{SUMA POR PUEBLE Y TROMADO} = \$ 2,237.72/\text{TON}$$

RESUMEN

1 BARRENACION	\$ 2,996.11/TON
2 PUEBLE Y TROMADO	2,237.72
	<hr/>
EXPLOTACION DE BANCO =	\$ 5,233.83/TON

## ANALISIS BASICO No. 4

### MANTENIMIENTO DE CAMINO DE ACCESO AL BANCO

SE CONSIDERA UNA RECORRIDA POR CADA DOS MESES, DURANTE CUATRO  
Y UNA RECORRIDA POR CADA TRES MESES DURANTE SEIS MESES REPO-  
NIENDO MATERIAL DE REVESTIMIENTO.

CAMINO DE 15 KM POR 8 M DE ANCHO

#### 1) RECORRIDA CADA DOS MESES.

TRACTOR D8-K : \$ 219,258/HR  
RENDIMIENTO : 2,500 M<sup>2</sup>/HR

$$\text{CARGO} = \frac{\$ 219,258/\text{HR} \times 120,000 \text{ M}^2/\text{P.G.} \times 2}{2,500 \text{ M}^2/\text{HR}} = \$ 21,048,000/\text{P.G.}$$

#### 2) RECORRIDA CADA TRES MESES

a) MATERIAL DE REZAGA (de analisis de explotacion)

$$\$ 5,233.83/\text{TON} \times 2.6 \text{ TON/M}^3 = \$ 13,608/\text{M}^3$$

$$\text{CARGO} = \$ 13,608/\text{M}^3 \times 120,000 \text{ M}^2/\text{P.G.} \times 0.05 \text{ M}^3/\text{M}^2 \times 2 = \$ 163,296,000/\text{P.G.}$$

b) EXTENDIDO Y BARRIDO

TRACTOR D8S-A : \$ 179,409/HR  
RENDIMIENTO : 100 M<sup>2</sup>/HR

$$\text{CARGO} = \frac{\$ 179,409/\text{HR} \times 120,000 \text{ M}^2/\text{PG} \times 0.05 \times 2}{100.00 \text{ M}^2/\text{HR}} = \$ 21,529,008/\text{P.G.}$$

---

$$\text{MANTENIMIENTO DEL CAMINO} = 285,873,008/\text{P.G.}$$

ANALISIS BASICO No. 5

EXTRACCION DE ROCA

1) EQUIPO:

TRACTOR D8-W : \$ 219,250/HR

RENDIMIENTO : 88.00 M3/HR

$$\text{CARGO} = \frac{\$ 219,250}{88.00 \text{ M3/HR}} = \$ 2,741/\text{M3}$$

$$\text{EXTRACCION} = \underline{\underline{\$ 2,741/\text{M3}}}$$

### **5.2.5 Análisis de precios unitarios**

Se calcularán los precios unitarios correspondientes al suministro y colocación de piedra natural para los conceptos referidos en la tabla 4.5 CANTIDADES DE ROCA NECESARIA PARA LA CONSTRUCCION DE LAS ESCOLLERAS EN BOCA DE SAN FRANCISCO, OAX., con apoyo de los análisis básicos obtenidos anteriormente.

Así mismo, se analizarán los precios unitarios para los conceptos de acarreos de roca del banco a las escolleras, tomando como base las tarifas de los transportistas de la región.



PRECIO UNITARIO No. 2

SUMINISTRO Y COLOCACION DE PIEDRA NATURAL PARA CAPA SECUNDARIA EN EL CUERPO DE LA ESCOLLERA ORIENTE, PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE BANCO DE PRESTAMO CON PESO COMPRENDIDO DE: 175 A 468 KG.

I.- ACONDICIONAMIENTO DEL BANCO DE ANALISIS BASICO No. 2	$\frac{\$ 29'859,745/P.G. \times 1.39(F.S.E.)}{86,818 \text{ TOM}/P.G.}$	=	\$ 632/TOM
II.- EXPLOTACION DE BANCO DE ANALISIS BASICO No. 3	$\$ 5,233.83/\text{TOM} \times 1.39(F.S.E.)$	=	\$ 7,275/TOM
III.- MANTENIMIENTO CAMINO ACCESO DE ANALISIS BASICO No. 4	$\frac{\$285'873,888/P.G.}{86,818 \text{ TOM}/P.G.}$	=	\$ 2,393/TOM
IV.- EXTRACCION DE ROCA DE ANALISIS BASICO No. 5	$\frac{\$ 2,741/\text{M}^3 \times 1.39(F.S.E.)}{2.68 \text{ TOM}/\text{M}^3}$	=	\$ 1,463/TOM
V.- SELECCION Y ACOPIO DE ROCA			
TRACTOR D8-K	= \$ 219,258/HR		
CARGO	= $\frac{\$ 219,258/\text{HR} \times 1.39(F.S.E.)}{158.00 \text{ M}^3/\text{HR} \times 2.68 \text{ TOM}/\text{M}^3}$	=	\$ 781/TOM
VI.- CARGA DE ROCA			
TRAYCAVO 977	= \$ 137,327/HR		
CARGO	= $\frac{\$ 137,327/\text{HR}}{45.00 \text{ M}^3/\text{HR} \times 2.68 \text{ TOM}/\text{M}^3}$	=	\$ 1,174/TOM
VII.- COLOCACION DE ROCA			
TRACTOR D85-A	= \$ 179,489/HR		
CARGO	= $\frac{\$ 179,489/\text{HR}}{45.00 \text{ M}^3/\text{HR} \times 2.68 \text{ TOM}/\text{M}^3}$	=	\$ 1,533/TOM
VIII.- CONSTRUCCION DE CAPA DE RODAMIENTO. DE ANALISIS BASICO No. 6	$\frac{\$ 8'291,363/P.G.}{86,818.00 \text{ TOM}/P.G.}$	=	\$ 96/TOM

COSTO DIRECTO = \$15,351/TOM

PRECIO UNITARIO No. 3

SUMINISTRO Y COLOCACION DE PIEDRA NATURAL PARA CORAZA EN EL MORRO DE LA ESCOLLERA ORIENTE, PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DE BANCO DE DE PRESTAMO CON PESO COMPRENDIDO DE: 1.9 A 4.4 TON.

I.- ACONDICIONAMIENTO DEL BANCO DE ANALISIS BASICO No. 2	$\frac{\$ 39'059,745/P.G. \times 1.39(F.S.E.)}{86,918 \text{ TON/P.G.}}$	=	\$ 632/TON
II.- EXPLOTACION DE BANCO DE ANALISIS BASICO No. 3	$\$ 5,233.83/TON \times 1.39(F.S.E.)$	=	\$ 7,275/TON
III.- MANTENIMIENTO CAMINO ACCESO DE ANALISIS BASICO No. 4	$\frac{\$ 205'873,000/P.G.}{86,918 \text{ TON/P.G.}}$	=	\$ 2,393/TON
IV.- EXTRACCION DE ROCA DE ANALISIS BASICO No. 5	$\frac{\$ 2,741/M3 \times 1.39(F.S.E.)}{2.60 \text{ TON/M3}}$	=	\$ 1,465/TON
U.- SELECCION Y ACOPIO DE ROCA			
TRACTOR D8-K	= \$ 219,250/HR		
C A R G O	= $\frac{\$ 219,250/HR \times 1.39(F.S.E.)}{95 \text{ M3/HR} \times 2.60 \text{ TON/M3}}$	=	\$ 992/TON
VI.- CARGA DE ROCA			
TRAXCAVO 977	\$ 137,327/HR		
C A R G O	= $\frac{\$ 137,327/HR}{30.00 \text{ M3/HR} \times 2.60 \text{ TON/M3}}$	=	\$ 1,761/TON
VII.- COLOCACION DE ROCA			
TRACTOR D85-A	= \$ 179,409/M3		
GRUA LS418	= 245,129		
	\$ 424,538/HR		
C A R G O	= $\frac{\$ 424,538/HR}{50.00 \text{ M3/HR} \times 2.60 \text{ TON/M3}}$	=	\$ 3,629/TON
VIII.- CONSTRUCCION DE CAPA DE RODAMIENTO DE ANALISIS BASICO No. 6	$\frac{\$ 8,291,363/P.G.}{86,918.00 \text{ TON/P.G.}}$	=	\$ 96/TON

COSTO DIRECTO = \$17,888/TON

PRECIO UNITARIO No. 4

ACARRO POR TIERRA, EN EL 1er. KILOMETRO, DE  
MATERIAL PARA ENDOCAMIENTOS.

1.- ACARRO.

TARIFA DE TRANSPORTISTAS = \$ 1,071/KG

$$\begin{aligned} \text{C A R G O} &= \frac{\$ 1,071/\text{KG}}{2.6 \text{ TON/KG}} = \underline{\underline{\$ 412/\text{TON}}} \\ \text{COSTO DIRECTO} &= \underline{\underline{\$ 412/\text{TON}}} \end{aligned}$$

PRECIO UNITARIO No. 5

ACARREO POR TIERRA, EN KILOMETROS SUBSECUENTES  
AL PRIMERO DE MATERIAL PARA ENDOCAMIENTO.

1.- ACARREO.

TARIFA DE TRANSPORTISTAS = \$ 688.00/KG-KM

$$\begin{aligned} \text{CARGO} &= \frac{\$ 688/\text{KG-KM}}{2.6 \text{ TON/KG}} = \underline{\underline{\$ 262/\text{TON-KM}}} \\ \text{COSTO DIRECTO} &= \underline{\underline{\$ 262/\text{TON-KM}}} \end{aligned}$$

### 5.2.6 Presupuesto de obra

De acuerdo con los volúmenes obtenidos en el punto 4.3.2 y los precios unitarios analizados anteriormente, se determina el siguiente presupuesto :

#### CONSTRUCCION DE DOS ESCOLLERAS EN BOCA DE S.FRANCISCO, OAX.

##### Presupuesto

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
<b>ESCOLLERA ORIENTE.</b>				
<b>Clave: 1</b>				
SUMINISTRO Y COLOCACION DE PIEDRA NATURAL PARA EL NUCLEO DE LA ESCOLLERA ORIENTE, PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DEL BANCO DE PRESTAMO DE "SAN FRANCISCO", CON PESO COMPRENDIDO ENTRE 15 Y 55 KG. INCLUYE: DESMONTE, DESPALME, SELECCION, ACOPIO, CARGA A CANTON, PESAJE DE PIEDRA Y MANTENIMIENTO DE LOS CANI MCS.	TON	13,226.0000	15,080	199,448,080
<b>Clave: 2</b>				
SUMINISTRO Y COLOCACION DE PIEDRA NATURAL PARA LA CAPA SEGUN DARIA DE LA ESCOLLERA ORIENTE, PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DEL BANCO DE PRESTAMO "SAN FRANCISCO", CON PESO COMPRENDIDO ENTRE 175 KG. A 460 KG. INCLUYE: DESMONTE, DESPALME, EXPLOTACION, SELECCION, ACOPIO, CARGA A LOS CANIONES, PESAJE DE PIEDRA Y MANTENIMIENTO DE LOS CANINOS.	TON	5,473.0000	15,351	84,016,023
<b>Clave: 3</b>				
SUMINISTRO Y COLOCACION DE PIEDRA NATURAL PARA LA COPRAZA DE LA ESCOLLERA ORIENTE, PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DEL BANCO DE PRESTAMO "SAN FRANCISCO", CON PESO COMPRENDIDO ENTRE 1.9 TON. A 4.4 TON. INCLUYE: DESMONTE, DESPALME, EXPLOTACION, SELECCION, ACOPIO, CARGA A LOS CANIONES, PESAJE DE PIEDRA Y MANTENIMIENTO DE LOS CANINOS.	TON	12,363.0000	17,880	221,050,440
<b>Clave: 4</b>				
ACARREO POR TIERRA, AL Ter. KM. DE PIEDRA PARA LA ESCOLLERA ORIENTE, DEL BANCO DE PRESTAMO "SAN FRANCISCO", AL SITIO DE LA OBRA.	TON	31,662.0000	412	12,797,564
<b>Clave: 5</b>				
ACARREO POR TIERRA, EN KILOMETROS SUSSECUENTES AL PRIMERO, DE PIEDRA PARA LA ESCOLLERA ORIENTE, DEL BANCO DE PRESTAMO "SAN FRANCISCO", AL SITIO DE LA OBRA.	TON-KM	434,868.0000	262	113,935,416

**TOTAL DEL CAPITULO: 631,247,503**

\*\* SEISCIENTOS TREINTA Y UN MILLORES DOSCIENTOS CUARENTA Y SIETE MIL QUINIENTOS TRES PESOS \*\*

**CONSTRUCCION DE DOS ESCOLLERAS EN BOCA DE S.FRANCISCO, OAX.**

**Presupuesto**

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
<b>ESCOLLERA PONIENTE.</b>				
<b>Clave: 6</b> SUMINISTRO Y COLOCACION DE PIEDRA NATURAL PARA EL NUCLEO DE LA ESCOLLERA PONIENTE, PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DEL BANCO DE PRESTAMO DE "SAN FRANCISCO", CON PESO COMPRENDIDO ENTRE 15 Y 55 KG. INCLUYE: DESMONTA, DESPALME, SELECCION, ACOPIO, CARGA A CAMION, PESAJE DE PIEDRA Y MANTENIMIENTO DE LOS CAMINOS.	TON	23,189.0000	15,080	349,690,120
<b>Clave: 7</b> SUMINISTRO Y COLOCACION DE PIEDRA NATURAL PARA LA CAPA SECUNDARIA DE LA ESCOLLERA PONIENTE, PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DEL BANCO DE PRESTAMO "SAN FRANCISCO", CON PESO COMPRENDIDO ENTRE 175 KG. A 460 KG. INCLUYE: DESMONTA, DESPALME EXPLOTACION, SELECCION, ACOPIO, CARGA A LOS CAMIONES, PESAJES DE PIEDRA Y MANTENIMIENTO DE LOS CAMINOS.	TON	8,572.0000	15,351	131,588,772
<b>Clave: 8</b> SUMINISTRO Y COLOCACION DE PIEDRA NATURAL PARA LA CORAZA DE LA ESCOLLERA PONIENTE, PRODUCTO DE LA EXPLOTACION DEL BANCO DE PRESTAMO "SAN FRANCISCO", CON PESO COMPRENDIDO ENTRE 1.9 TON. A 4.4 TON. INCLUYE: DESMONTA, DESPALME, EXPLOTACION, SELECCION, ACOPIO, CARGA A LOS CAMIONES, PESAJE DE PIEDRA Y MANTENIMIENTO DE LOS CAMINOS.	TON	23,455.0000	17,850	419,375,400
<b>Clave: 9</b> ACARRIO POR TIERRA AL 1er. KILOMETRO DE PIEDRA PARA LA ESCOLLERA PONIENTE, DEL BANCO DE PRESTAMO "SAN FRANCISCO", AL SITIO DE LA OBRA.	TON	55,216.0000	412	22,748,992
<b>Clave: 10</b> ACARRIO POR TIERRA, EN KILOMETROS SUBSECUENTE AL PRIMERO, DE PIEDRA PARA LA ESCOLLERA PONIENTE, DEL BANCO DE PRESTAMO "SAN FRANCISCO", AL SITIO DE LA OBRA.	TON-KM	773,024.0000	262	202,532,288

**TOTAL DEL CAPITULO: 1,125,935,572**

\*\* UN MIL CIENTO VEINTICINCO MILLONES NOVECIENTOS TREINTA Y CINCO MIL QUINIENTOS SETENTA Y DOS PESOS \*\*

**TOTAL: 1,757,183,075**

\*\* UN MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y SIETE MILLONES CIENTO OCHENTA Y TRES MIL SETENTA Y CINCO PESOS \*\*

El costo total para la construcción de dos escolleras de 252 m y 189 m de longitud, para las cuales se requieren 86,278.00 Ton de roca de 15 Kg a 4.4 Ton es de \$1,757'183,075.00 a costo directo.

## 6.- PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

Para programar la construcción de una escollera de enrocamiento, se pueden establecer 3 Actividades Importantes: la explotación del banco de roca, el transporte del material petreo utilizado en la obra y la colocación de este en la escollera de acuerdo a los pesos y espesores del proyecto.

### 6.1 Explotación del banco.

El material utilizable en la construcción de escolleras de enrocamiento proviene, generalmente de la explotación de una cantera, de la cual se obtienen rocas de muy diversos tamaños. Al tratar de extraer los elementos de mayor peso, se producen muchos "desperdicios", los cuales se pueden utilizar en otras capas; por lo que, el procedimiento constructivo para la explotación debe buscar en obtener las rocas del peso máximo establecido por el cálculo.

Debido a que cada formación rocosa presenta condiciones típicas propias no se considera prudente establecer sistemas generales de explotación, de tal modo que esta actividad queda sujeta a la experiencia del constructor.

Para lograr obtener roca de un banco, es necesario realizar diversas actividades antes y despues de la explotacion misma, por lo que se pueden enumerar las siguientes actividades principales:

- 1- Levantamientos topográficos.
- 2- Acondicionamiento del banco y construcción de plataformas.
- 3- Explotación.
- 4- Extracción ó afloje.
- 5- Selección y acopio.

#### **6.1.1 Levantamientos topográficos.**

Antes de iniciar cualquier otra actividad se debe realizar un levantamiento topográfico detallado del banco cubriendo la superficie total de las areas por explotar. Es conveniente que las secciones transversales se hagan cada 5m. y esten referidas debidamente.

Una vez realizados estos levantamientos topográficos se dibujan las secciones levantadas, las que se deben corregir en el momento que se haya ejecutado el desmonte y despalme; esto servirá de base para cubicar el volumen explotado en el banco, el cual se determina usando el metodo de la semisuma de las areas multiplicada por la distancia entre las secciones.

Cada vez que se explote el banco se seguirá el mismo procedimiento de corregir la sección descontando el despalme. Estas secciones se levantarán una vez que se haya retirado el material explotado y, se encuentre limpio el frente. Una vez clasificados los elementos de diferentes tamaños serán colocados en sus distintos almacenes y será retirado el desperdicio a una distancia tal que no interfiera con la siguiente tronada.

#### **6.1.2 Acondicionamiento del banco y construcción de Plataformas.**

Es importante que antes de iniciar estos trabajos se realice una inspección ocular a fin de determinar los lugares en donde debe clasificarse y almacenarse la roca, de tal forma que faciliten las maniobras de carga.

El acondicionamiento del banco consiste en realizar los trabajos necesarios para dejar al mismo en condiciones de ser explotado; por lo que es necesario efectuar un desmonte a fin de retirar la vegetación que impida el acceso de los equipos de perforación.

Debido a que el área por desmontar generalmente es muy pequeña, no se requieren equipos especiales y basta con utilizar un tractor de carriles con hoja topadora; que además, puede ser utilizado para diversas actividades adicionales. (Tractor tipo D8K).

Una vez que se ha ejecutado el desmonte, es necesario llevar a cabo un despalme con el objeto de eliminar el material vegetal y cualquier otro material que no sea el correspondiente al macizo rocoso. De este modo, el espesor de terreno por despalmar será el necesario para considerar que se tiene roca sana. El equipo a utilizar para estas actividades puede ser el mismo tractor empleado para el desmonte.



ACONDICIONAMIENTO DEL BANCO.

El perfilamiento del banco, se lleva a cabo una vez terminado el despalmado y consiste básicamente en preparar la "terrazza" a partir de la cual se realiza la explotación. En esta actividad además de preparar las plataformas para la circulación de los vehículos de carga y equipos de perforación, debido a los "moneos" que se llevan a cabo, se obtiene una idea más clara sobre la dureza de la roca la cual determina la cantidad de explosivo a utilizar para su fractura. El equipo a emplear es principalmente un compresor de mediana capacidad (250 P.C.M.), pistolas perforadoras y acero de barrenación.

Inmediatamente después del "moneo" es necesario llevar a cabo una remoción del material fracturado con la ayuda de un tractor de carriles, el cual terminará de preparar "la terraza" y de ese modo, permitir el acceso del equipo mayor de perforación.

El material obtenido de los despalmados y el perfilamiento es cargado a camión, depositando en algún sitio que no interfiera con la ejecución de otros trabajos y en su caso extendido con el apoyo de equipo mecánico.

### **6.1.3 Explotación.**

Se denomina "explotación del banco" al proceso mediante el cual se obtienen los diferentes tamaños de roca necesarios para cumplir con las especificaciones del proyecto; el factor

más importante en la producción de materiales, es la fragmentación.

La fragmentación óptima que debe producirse con las voladuras tiene un límite superior debido al tamaño máximo de rocas que pueden ser obtenidas eficientemente en el banco.

Existen dos grupos de factores que condicionan el grado de fragmentación producido por una voladura: los que se refieren a las características estructurales del macizo rocoso y los relacionados con la técnica de la voladuras, que cubren la distribución y profundidad de los barrenos y el tipo de explosivos utilizado.

La conjugación de estos dos grupos de factores para conseguir la fragmentación deseada es fundamental en el diseño de voladuras.

Experimentalmente se ha demostrado que para una buena fragmentación, la velocidad de detonación del explosivo utilizado debe ser igual ó mayor que la velocidad de propagación de la onda longitudinal de la formación. Es por esto que los explosivos lentos, que además producen grandes cantidades de gases, son adecuados en rocas flojas y muy fragmentadas.

Los dos factores de mayor influencia en la técnica de voladuras son la carga y la perforación específicas. La carga de un barreno se divide en: Carga de fondo, Carga de columna y una parte sin carga (retacada).

En la zona de carga de fondo, debido a la concentración de la misma y al confinamiento que ofrece el piso del banco,

la fragmentación es buena; sin embargo, en la zona de carga de columna la fragmentación es menor debido a que tanto la carga específica como el confinamiento son menores. Por lo tanto, resulta ser económico dar a la columna una carga comprendida entre el 50 y el 70% de la carga de fondo.

La zona sin carga por su parte es siempre difícil de fragmentar, cuando no existen restricciones en cuanto al lanzamiento del producto de la voladura, la fragmentación puede aumentarse extendiendo la carga de columna, es decir, reduciendo la zona de retacado.

Cuando la roca esta muy fracturada y se obtienen bloques grandes, un arreglo de barrenación más cerrado con perforaciones de menor diámetro es una solución para mejorar la fragmentación.

Para la construcción de escolleras, la obtención de rocas de gran tamaño es imprescindible, en las cuales la calidad es el factor dominante. Si la roca es homogénea la obtención de grandes bloques es más sencilla, pero la finalidad es la de lograr la menor fragmentación.

En terminos generales puede conseguirse menor fragmentacion mediante:

- a) Carga específica baja.
- b) Espaciamiento desfavorable para la rotura (relación espaciamiento borde menor de uno).
- c) Voladura instantanea.
- d) Voladura de una línea a la vez.
- e) combinación de los anteriores dependiendo de las circunstancias.

En México, en base a experiencias analizadas, los porcentajes medios de obtención de diferentes tipos de roca en un banco o cantera son los mostrados en la tabla 6.1

TIPO DE ROCA	% ESPERADO
NUCLEO (<1.0 TON).	70.00
CAPA SECUNDARIA (1.0 a 5.0 TON).	20.00
CORAZA (>10.0 TON).	10.00

TABLA 6.1 OBTENCION ESPERADA DE ROCA EN UN BANCO

Los barrenos que se hacen en la roca para la colocación de los explosivos, se realizan generalmente con la ayuda de equipos de perforación de percusión del tipo TRACK-DRILL, que por lo general están montados en vehículos sobre carriles.

La perforación se ejecuta con brocas seccionales de acero con insertos de carburo, los dos materiales de muy alta resistencia. El material cortado se mezcla y se expulsa del barreno con aire comprimido alimentado por un agujero en el centro del cuerpo de la barrena.



**BARRENACION PARA CARGA DE EXPLOSIVOS  
CON TRACK - DRILL**

La mejor forma para determinar el rendimiento de la barrena o broca, es examinando el material expulsado del barreno. Deben ser pedazos macizos y no polvo de roca. Cuando el desecho es polvo significa que la barrena esta triturando varias veces antes de que se haya soplado; esto ocasiona un desgaste acelerado de la broca. La baja presión de aire también produce polvo excesivo.



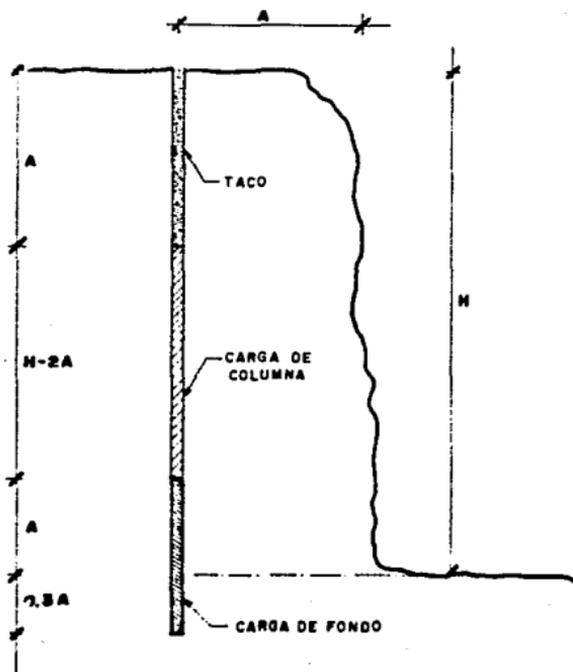
PANORAMICA DE UNA VOLADURA.

La determinación en el consumo de explosivos debe de obtenerse en cada caso por medio de pruebas. A continuación se enlista una serie de reglas que pueden tomarse como base para comenzar a hacer pruebas en cada caso especial.

1- La carga por metro cubico de roca fragmentada sera la misma, independientemente del tamaño de la prueba.

2- La carga especifica necesaria para una voladura es alrededor de 0.4 kg/m<sup>3</sup> (puede variar de 0.2 A 0.6 kg/m<sup>3</sup>).

3- La carga de fondo del barreno debe ser 2.7 veces mayor que la carga de columna (fig. 6.2.1).



**FIGURA 6.1.- DISTRIBUCION DE CARGAS EN UN BARRENO. (CORTE).**

4- Un procedimiento adecuado para hacer pruebas consiste en efectuar voladuras con barrenos de 50 cm, de profundidad y 50 cm de frente. La carga de explosivo se va aumentando hasta que la roca es fracturada y lanzada hacia el frente; Si el centro de gravedad de la roca es lanzado de 0.0 a 1.0 m, se dice que la carga es la adecuada. Si el lanzamiento es a 2, 4 ó 6 m, indica que hay exceso de carga de 10, 20 ó 30% respectivamente.

5- La separación entre barrenos es aproximadamente 1.3A.

6- El frente (A) depende de la carga por metro que se pueda concentrar en el fondo y de la altura de la carga; Esta a su vez, del diámetro del barreno.

7- La relación entre el frente libre y el diámetro del barreno (D), esta dada por:

$$A = 40d$$

8- La relación del diámetro a la altura del banco es de 0.005 a 0.0125.

9- El consumo específico para barrenos múltiples, es del 20% menos que el de un solo barreno.

10- El peso volumétrico de la dinamita extra 40 ó gelatina 60% es de 1.0 a 1.4 kg/dm<sup>3</sup>.

11- El peso volumétrico del agente explosivo tipo "mexamón", es de 800 kg/m<sup>3</sup>.

Un factor muy importante para poder efectuar la planeación y programación de la obra relativa a la construcción de escolleras de enrocamiento, es el

correspondiente a la obtención de los permisos para la compra y uso de explosivos; ya que a la fecha el tiempo promedio para obtener el visto bueno, por parte de la Secretaría de la Defensa Nacional no dura menos de 5 meses, tiempo en el que el constructor no tendrá posibilidades de comprar o utilizar material explosivo en la obra.

#### GUIA PARA LA OBTENCION DE PERMISOS PARA EL USO DE EXPLOSIVOS.

Los permisos específicos para la compra, uso, almacenamiento y transporte de explosivos, son otorgados por la Secretaria de la Defensa Nacional y pueden ser de dos tipos:

a) Permisos Generales; que son los que se conceden a negociaciones o personas que se dediquen a actividades conexas a explosivos, de manera permanente.

b) Permisos Extraordinarios; que son aquellos otorgados a quienes de manera eventual se dediquen a actividades conexas a explosivos.

Los requisitos que deben satisfacer los peticionarios de permiso extraordinario (empresas constructoras) son las siguientes:

a) Copia Certificada del Registro Civil del Acta de Nacimiento del Solicitante.

b) Certificado de Seguridad de Polvorines expedido por la Primera Autoridad Administrativa del lugar de su ubicación (forma reglamentaria).

c) Referencias de los polvorines.

d) Opinión favorable del Gobernador del Estado ó del Jefe del Departamento del Distrito Federal y del Delegado en su caso.

e) Tratandose de Sociedades, se remitirá copia certificada del Acta Constitutiva (referirse al art. 46 de la ley) y cuando las solicitudes se hagan por conducto de apoderado, debera acreditar su personalidad con Poder Notarial.

f) Además de cubrir los requisitos señalados en los puntos b y c anteriores, se deberá adjuntar el original del recibo oficial de pago a cualquier oficina Federal de Hacienda (Modelo 5, ejemplificado en el folleto de la Ley).

g) Los permisos son intransferibles, y tiene la vigencia que se señale en cada caso. Incluyen la autorización para la compra y uso. El almacenamiento tambien podrá autorizarse como complemento del permiso.

h) Quienes tengan Permiso Extraordinario deberán rendir a la Secretaría, durante los DIEZ primeros dias de cada mes, un informe detallado de sus movimientos

ocurridos durante el mes anterior. Este informe, formulado en forma de tabla, debe incluir todos los productos explosivos y artificios con mención a unidades: kg, m, pza, especificando los saldos del mes anterior, las compras, consumos y saldos del mes reportado.

Los informes mensuales deben ser rendidos aun cuando no hubiere movimientos que consignar. Se tendrá la misma obligación durante la vigencia del permiso.

i) Para obtener o usar cualquier cantidad de explosivos y artificios, se deberá obtener autorización de la Zona Militar de la jurisdicción.

j) La compra-venta, donación o permuta de explosivos entre particulares, requiere permiso extraordinario.

k) Las personas que requieren eventualmente explosivos podrán comprar hasta 25 kg de explosivos y sus artificios mediante un Permiso expedido por los Comandantes de la Zona o Guarnición que correspondan. (Referencia Art. 58 del reglamento). Para cantidades mayores se deberá obtener Permiso de la Secretaría.

l) Las personas físicas o morales que posean permiso Extraordinario podrán comprar explosivos y artificios, previa autorización de la Comandancia de Zona ó Guarnición Militar respectiva.

m) Los titulares de permisos deben conservar por el termino de cinco años toda la documentación relacionada con dichos permisos.

n) Se sugiere que las solicitudes de permisos consideren e incluyan todos los tipos de productos explosivos y artificios que puedan ser requeridos, previendo además aquellos diferentes que por posibles modificaciones a los sistemas de trabajo, pudieran llegar a necesitarse. Es muy importante, asimismo, que las cantidades de productos solicitados cubran con seguridad las necesidades de la operación. De igual forma, los permisos de almacenamiento en polvorines señalan las cantidades máximas de productos de cada tipo que se autoriza almacenar en todo momento. En ambos casos, los permisos no obligan a tener o consumir los productos solicitados.

o) Dado el alto grado de riesgo y responsabilidad en que se incurre al comerciar, comprar, adquirir, poseer, almacenar, manejar, usar ó transportar explosivos y artificios, es de ineludible obligación legal y moral, mantenerse en todo momento dentro de los preceptos que señalan la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos y su Reglamento. Toda infracción, voluntaria ó involuntaria, puede ser motivo de sanciones que van desde muy fuertes multas hasta la pena de prisión, incluyendo naturalmente en su caso, la suspensión y cancelación de los Permisos. Se hace especial advertencia en el riesgo y responsabilidad en que se incurre al permitirse caer en operaciones ó actividades ilícitas y de mercado negro.

#### 6.1.4 Extracción, selección y acopio.

Una vez efectuado la voladura es necesario remover el material explotado con el objeto de tener un nuevo frente limpio y macizo. Generalmente, después de realizada la "tronada", hay volúmenes de roca que, aún cuando ya están fracturados, no fueron lanzados hacia el frente y se encuentran en su lugar natural; este material deberá ser extraído y removido con la ayuda, básicamente, de un tractor de orugas, el cual debe contar con ripper para facilitar las maniobras. Este equipo puede ser del tipo de un D7 ó D8, según las necesidades y características de la roca.



EXTRACCION DE ROCA CON  
TRACTOR DE ORUGAS.

Después de la extracción y/o simultáneamente con ésta actividad se debe realizar una clasificación de la roca de acuerdo a los diferentes rangos de peso que indique el proyecto, para posteriormente ser llevado a los patios acondicionados especialmente para su almacenaje, en dónde la roca quedará lista para ser cargada. Estas actividades se pueden realizar con el mismo equipo empleando en la extracción y con la ayuda de cargadores frontales; siempre y cuando los patios estén cercanos al banco.



SELECCION Y ACOPIO DE ROCA CON AYUDA DE  
UN PAYLODER

## **6.2 Transporte**

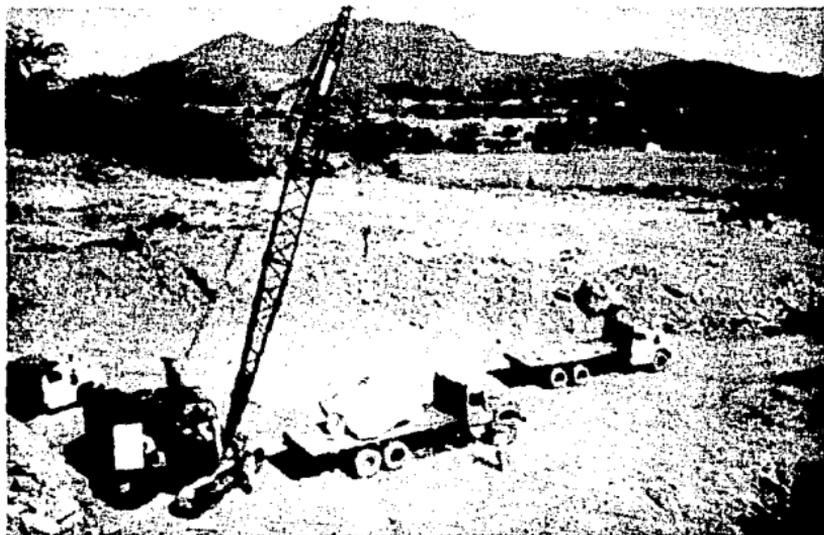
Dentro de esta etapa se engloban los trabajos correspondientes a la Carga del material y los acarreos del mismo.

### **6.2.1 Carga**

El material clasificado en banco debe ser cargado de acuerdo a los requerimientos dados por la secuencia de construcción de las capas que forman el enrocamiento. El material debe ser cargado principalmente dentro de cajas metálicas de volteo, según el sistema de transporte que sea utilizado, soportadas por las plataformas de camión ó de ferrocarril.

Las cajas estarán diseñadas de acuerdo con el tipo de plataformas que se usen, los tamaños de la roca por transportar y el equipo que se emplee en la descarga en la zona de enrocamiento.

La carga del material podra hacerse por medio de grúas provistas de equipo para cargar roca (ROCK-TONG), Cargadores Frontales sobre orugas y/o neumáticos (Traxcavo ó Payloader); cuyo número y características estan en función del peso de los elementos (rocas), volúmenes necesarios de proyecto y tipo de transporte por utilizar.



CARGA DE ROCAS A CAMION PLATAFORMA  
GRUA Y ESTROBOS

#### 6.2.2 Acarreos.

Aunque normalmente, en nuestro país, el transporte de los elementos para enrocamiento, se realiza por carretera, los accidentes topográficos pueden requerir de un sistema de transporte mixto, ; marítimo-terrestre, ó la facilidad del transporte ferroviario, cuando los volúmenes y las distancias son considerables.

En cualquiera de los casos, la programación del transporte, debe considerar el número de unidades y el mantenimiento de las obras para éste fin.

En el caso del transporte carretero, se deben acondicionar los accesos a los bancos, así como mantener y conservar los caminos que se construyan ó utilicen, sean carreteras federales, estatales ó vecinales, gestionandose los permisos necesarios para su uso.

En el transporte por ferrocarril, si es necesario construir líneas, ramales y/o espuelas, se deberán efectuar los convenios respectivos con los organismos que correspondan.

En el caso de transporte marítimo habrá que considerar, si es necesario, la construcción de embarcaderos para el empleo de chalanes y remolcadores.

El equipo de transporte flotante puede ser económicamente aceptable, cuando hay necesidad de movilizar grandes cantidades de roca, para lo cual se pueden emplear diferentes tipos de barcazas:

- a) Split Barges (vertido por compuerta).
- b) Bottom door Barges (vertido por el fondo).
- c) Tilting Barges (vertido por inclinación de la barcaza)

Los equipos utilizados para tierra pueden ser camiones de volteo convencionales ó bien camiones para fuera de carretera (Yucles).

Las variables a considerar para este sistema serían:

- Distancia del recorrido en Kms (d)
- Velocidad media del vehículo en km/hr (vi)
- Velocidad media del vehículo en el trayecto de regreso en km/hr (vr)
- Tiempo de carga y descarga en hr (tc)
- Tiempo medio de un ciclo completo en hr (T)

$$T = \frac{d}{v_i} + \frac{d}{v_r} + t_c$$

- Rendimiento diario demandado en m<sup>3</sup>/Hr (R)
- Capacidad de la unidad en m<sup>3</sup> (C)
- Número de viajes por turno (Nt)

$$N_t = \frac{R}{C}$$

- Tiempo diario de operación en hr (to)
- Número de viajes por unidad en cada jornada (Nv)

$$N_v = \frac{t_o}{T}$$

- Número de unidades necesarias (N)

$$N = \frac{N_t}{N_v}$$

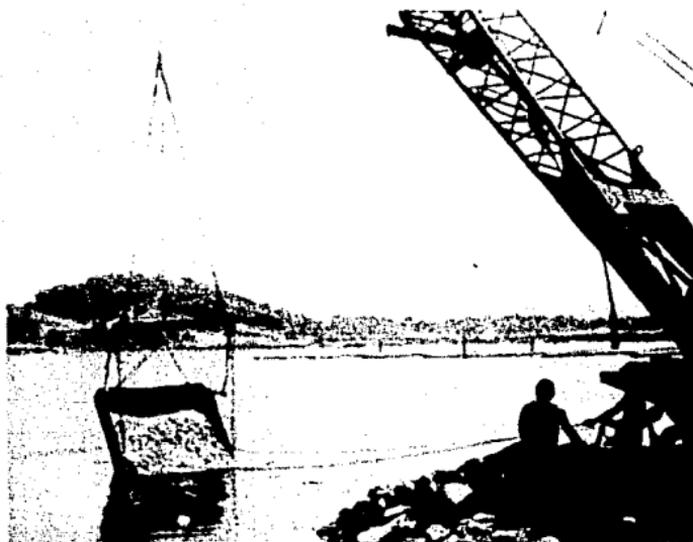
Lo anterior es sencillo calcularlo cuando se conoce la demanda, la cual normalmente esta en función de la colocación.

### 6.3 Colocación del enrocamiento.

El programa de colocación debe ajustarse a las especificaciones, sin embargo éste es el cuello de botella y el avance de la obra puede optimizarse, con el rendimiento del equipo y el procedimiento constructivo adecuado.

El primer paso para la construcción de una obra de enrocamiento es la formación del nucleo; se pueden presentar dos casos: cuando el nivel de la corona del nucleo este colocado a nivel cero ó mas bajo, y cuando esta se encuentre arriba del nivel cero. Esta elevación (0.00), esta referido al nivel de baja mar media inferior en el Oceano Pacífico y al nivel de baja mar Media en el Golfo de México. En el primer caso para acomodar el material de acuerdo a su nivel, es necesario utilizar chalanes con grúa ó cualquiera de las barcasas mencionadas en la parte 6.3.2.

En el segundo caso, el nucleo podrá construirse en una parte con camiones a volteo, pero los taludes deberán ser terminados colocando la piedra en el lugar que le corresponda, utilizando charolas de volteo manejadas con grua.

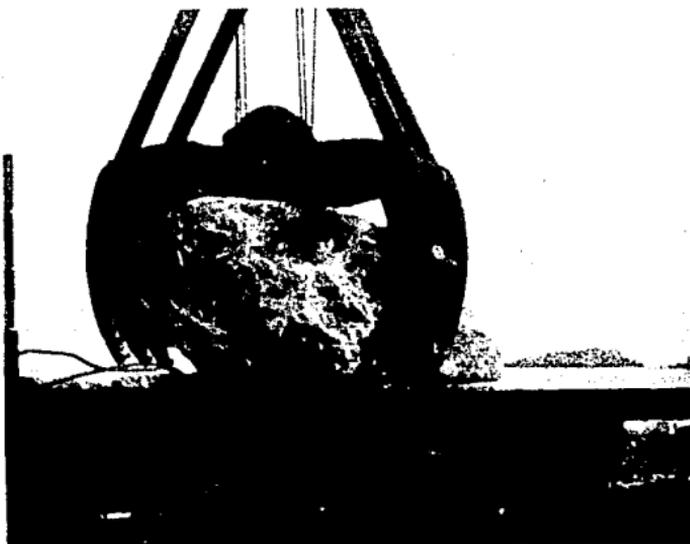


**COLOCACION DE NUCLEO CON AYUDA DE  
CHAROLA SUSTENTADA POR UNA GRUA.**

Para evitar que la acción del oleaje desaloje el material de los taludes y/o corona del núcleo, al ser terminado un cierto tramo de este, se procede de inmediato a cubrirlo con la roca de capa secundaria que le corresponde. Si la construcción del enrocamiento se lleva a cabo bajo condiciones de agitación del mar, el tramo de capa secundaria, que sirvió de protección, debe ser cubierto con su corespondiente coraza y posteriormente se construye un nuevo tramo de núcleo, siguiendo la misma secuencia.

En la colocación de las capas que forman el enrocamiento, se debe emplear una grúa adecuada que garantice que estas se construyan de acuerdo a las líneas y niveles de proyecto. La capacidad de esta grúa estará en función de:

- a) Peso del elemento máximo por colocar.
- b) Distancia máxima a la que se colocará el elemento.
- c) Peso del equipo a utilizar para agarrar la roca.
- d) Balanceo que puede presentarse cuando la grúa va a colocar la roca.



**ROCK-TONG UTILIZADO PARA DESCARGAR ROCA.**

Por otra parte, la utilización de tractores, en la etapa de colocación queda restringida a acciones complementarias de las operaciones fundamentales de las grúas.

Todas las capas del enrocamiento, deben construirse colocando los elementos que la forman del pie del talud hacia la corona, y nunca empujando estos hacia los taludes.

Generalmente, la parte superior de la escollera no terminada puede usarse como acceso de equipo de transporte, teniéndose en cuenta que antes de que se coloque la piedra adicional, los materiales utilizados como capa de rodamiento, deberán removerse, dejando la superficie libre de material que no cumpla con los requisitos de proyecto.



**CAPA DE RODAMIENTO SOBRE ESCOLLERA.**

En el caso de que, por algún motivo, la obra llegara a pararse temporalmente, se debe proteger el área frontal de núcleo expuesta a la acción del oleaje. Por medio de la capa secundaria y esta al mismo tiempo con roca de coraza; con el fin de evitar el movimiento de los materiales.

### 6.3.1 Consolidación de la coraza.

Una vez que se tiene colocada la coraza y se requiere una consolidación de esta, se puede utilizar una mezcla asfáltica colocada como relleno en los espacios que existen entre las rocas. Esta mezcla es similar a la utilizada en carreteras, pero debe tener una mayor temperatura para fluir dentro del agua.

La temperatura a la que se aplicara la mezcla varia de 180 a 230 grados centígrados, según el clima y la profundidad de colocación.

Un proporcionamiento de esta mezcla asfáltica puede ser como sigue:

- 1- 75% de arena fina.
- 2- 8% de gravilla con TMA de 6mm.
- 3- 17% de asfalto del No. 7.

**6 bien:**

- 1- 48% de arena para concreto hidráulico.
- 2- 33% de grava triturada.
- 3- 10% de gravilla menor de 6mm.
- 4- 9% de asfalto del No. 7.

Debido a que este método es sencillo y económico, se emplea también para reparar escolleras ó rompeolas deteriorados.

## 7.- CONCLUSIONES.

Nuestro país cuenta teóricamente con 11,000 kms. de litorales, pero a pesar de esto el desarrollo marítimo se encuentra, a nivel mundial, muy escaso. Además el potencial de aprovechamiento de los recursos del mar sólo podrá desarrollarse cuando contemos con la infraestructura necesaria en cantidad y calidad. En la tabla 7.1 se muestra la relación Recursos-Obras que nos ofrece el mar.

En cuanto a la alimentación, podemos mencionar que el volúmen de captura de diversas especies acuáticas a nivel mundial, es del orden de 100 millones de toneladas al año, de las cuáles México aporta 1.5 millones ocupando el lugar número 17 del mundo y superado por países como Perú, Corea del sur y la India, los cuales en conjunto obtienen 9.2 millones de Ton/año; apesar de que la suma de los litorales de estos 3 países apenas alcanza al litoral Mexicano.

RECURSOS	OBRAS DE INFRAESTRUCTURA
1- Elementos Básicos de subsistencia:	
a) Oxígeno	
b) Agua	- Desaladoras
c) Alimentación	- Acuicultura, Puertos Pesqueros.
2- Medio de Transporte	- Puerto - Rompeolas - Dragado - Muelles - Escolleras.
3- Usos recreativos	- Desarrollos turísticos: Puertos, Marinas, Playas.
4- Fuente de Energía	- Mareomotrices - Oleomotrices - Termoeléctricas.
5- Purificador del Planeta	- Emisores Sunmarinos.
6- Albergue de Yacimientos	- Plataformas - Ductos Submarinos - Industrias Minerales

**TABLA 7.1 RELACION RECURSOS-OBRAS DE INFRAESTRUCTURA MARITIMA.**

Una de las especies de mayor importancia económica en la Pesca de nuestro país, es el camarón, ya que con una captura de tan sólo 73,000 Ton/año, el valor de la producción representa el 36% del total Nacional. Sin embargo, es muy

difícil aumentar considerablemente éste volúmen de captura ya que no contamos con una infraestructura Marítimo-Portuaria adecuada. (En 1985 contábamos sólemante con 25,000 m de Muelles).

En lo que se refiere al Sector Turismo, su crecimiento pudiera originar una evolución muy importante en la economía nacional, debido a que existen potencialmente 16 millones de embarcaciones turísticas extranjeras, que en un momento determinado pudieran solicitar infraestructura y servicios para trasladarse a los mares y costas mexicanas; sin embargo, la capacidad instalada con la que contamos sólomente puede dar servicio a 65,000 embarcaciones.

La construcción de Marinas y Puertos Exteriores són un eslabón más en la cadena de la actividad Náutica. Pero para dar atención a las embarcaciones se deben ofrecer servicios como: desembarque, avituallamiento, agua, combustible y reparaciones. Además, en tierra se debe contar con servicios de migración, auxilio a la navegación, teléfonos, telégrafos, etc.

Los puertos deportivos a veces cuentan con desarrollo inmobiliario, por lo que deben existir instalaciones cómo: Club de yates, hoteles, y además su desarrollo residencial.

Debido a ésto, este sector puede ser una fuente muy importante de captación de divisas, siempre y cuando contemos con una infraestructura bien planeada.

Por otra parte, un Sistema Portuario, es un conjunto de elementos interrelacionados, cada uno con una ó varias funciones, y cuyos objetivos son, participar en el desarrollo y aprovechamiento del litotal del país, vinculando los transportes Marítimo y Terrestre; es decir un Puerto cumple una función de enlace y regulación entre el transporte Terrestre y Marítimo.

Es importante considerar que para nuestro país es de fundamental importancia lograr un Desarrollo Portuario de primera línea, si queremos alcanzar niveles de vida y de capacidad industrial semejante a la de los países desarrollados, con los que, además, será ineludible la competencia. En la actualidad el Transporte Marítimo está dejando de ser un eslabón más, para convertirse en el pivote del comercio mundial. Por lo tanto, la economía de nuestro país dependerá considerablemente de la eficiencia, productividad y autosuficiencia de los puertos.

Si tomamos cómo parámetro comparativo, para medir la eficiencia de un puerto, la capacidad de movimiento de contenedores, podemos decir que para 1987 algunos de los

puertos del mundo tuvieron la siguiente actividad:

PUERTO	PAIS	MOVIMIENTO DE CONTENEDORES DE 8' x 8' x 20'
Rotterdam	Inglaterra	1'420,000
Singapur	India	1'225,000
New York	E.U.A.	1'050,000
Santos	Brasil	63,000
Veracruz	México	30,000

TABLA 7.2 COMPARATIVA DE CAPACIDAD DE MOVIMIENTO DE CONTENEDORES EN DIVERSOS PUERTOS EN 1987.

De esto podemos deducir que la construcción de Puertos es prioritario para lograr un desarrollo económico en nuestro país. Sin embargo, la operación eficaz de los mismos exige un gran esfuerzo, por lo que en un futuro inmediato deberá pensarse en otorgar la concesión de los servicios principales a empresas privadas, pero el estado debe regular las operaciones; y a mediano plazo deberá buscarse la coinversión entre la Iniciativa Privada y el Gobierno del país para la construcción de nuevos Puertos.

Con todo lo planteado hasta aquí, podemos decir que sin llegar a analizar todas y cada una de las relaciones que existen entre los recursos del mar y las obras de infraestructura marítima, gran parte del desarrollo económico de México va a depender en los próximos años de la prioridad que se le dé al crecimiento de éste sector.

Para lograr éste objetivo se debe tener especial cuidado en promover la investigación Oceanográfica, que a la fecha se encuentra desarrollandose a pasos demasiados lentos.

## 8.- BIBLIOGRAFIA

- 1- INGENIERIA DE COSTAS.- ARMANDO FRIAS VALDEZ Y GONZALO MORENO CERVANTES, ASOCIACION MEXICANA DE INGENIERIA PORTUARIA A.C. 1986.
- 2- MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES.- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD A.2.13 HIDRAULICA MARITIMA 1983.
- 3- INGENIERIA MARITIMA.- ROBERTO BUSTAMANTE AHUMADA Y OTROS. EDICIONES TEMAS MARITIMOS S. DE R. L. 1976.
- 4- MANUAL PARA RESIDENTES DE OBRAS MARITIMAS Y PORTUARIAS.- CENTRO DE ACTUALIZACION PROFESIONAL. COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE MEXICO.
- 5- PROGRAMA NACIONAL DE PESCA Y RECURSOS DEL MAR. 1984-1988. SECRETARIA DE PESCA. PLAN NACIONAL DE DESAROLLO.
- 6- III CURSO INTERNACIONAL DE DESARROLLO MARITIMO PORTUARIO Y COSTERO.- MODULO I: PLANEACION COSTERA Y PORTUARIA . DIVISION DE EDUCACION CONTINUA, F.I. UNAM. 1991.
- 7- ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE LA BOCA DE FRONTERA TABASCO.- SISTEMAS HIDRAULICOS Y AMBIENTALES, S.A. DE C.V. DIRECCION GENERAL DE OBRAS MARITIMAS. S.C.T. 1985.
- 8- SEMINARIO DE OBRAS MARITIMAS.- ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA. IPN. 1982.
- 9- ESTUDIO Y PROYECTO PARA ESTABILIZAR LA BARRA DE SONTECO-MAPAN, VER.- ING. ROBERTO BUSTAMANETE AHUMADA. DIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURA PESQUERA. SECRETARIA DE PESCA 1979.
- 10- ACTUALIZACION DE ESTUDIOS FISICOS Y PROYECTO DE OBRAS PARA LA COMUNICACION DE LA LAGUNA INFERIOR EN EL MAR, EN BOCA DE SAN FRANCISCO, OAX.- CIFSA. DIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURA PESQUERA. SECRETARIA DE PESCA. 1986.

- 11- III CURSO INTERNACIONAL DE DESARROLLO MARITIMO PORTUARIO Y COSTERO.- MODULO III: CONSTRUCCION. DIVISION DE EDUCACION CONTINUA, F.I. UNAM. 1991.
- 12- CONCURSO DE OBRA PUBLICA PARA LA PROLONGACION DE LA ESCOLLERA NORTE EN TUXPAN, VER. ADMINISTRACION DE PROYECTOS, S.A. DE C.V. DIRECCION GENERAL DE OBRAS MARITIMAS. S.C.T. 1988.
- 13- CONCURSO DE OBRA PUBLICA PARA LA PROLONGACION DE LA ESCOLLERA NORTE EN TUXPAN, VER. CYTECSA CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V. DIRECCION GENERAL DE OBRAS MARITIMAS. SCT. 1987.
- 14- CONCURSO DE OBRA PUBLICA PARA LA PROTECCION MARGINAL DE ESCOLLERA EN LAZARO CARDENAS, MICH.- CYTECSA CONSTRUCCIONES, S.A. DE C.V. FERTIMEX. 1987.
- 15- CONCURSO DE OBRA PUBLICA PARA LA CONSTRUCCION DE ESPIGONES Y PROTECCION MARGINAL EN PUERTO MADERO, CHIS.- ADMINISTRACION DE PROYECTOS, S.A. DE C.V.
- 16- CONCURSO DE OBRA PARA LA CONSTRUCCION DE DOS ESCOLLERAS PARA EL DESARROLLO TURISTICO "MARINA IXTAPA".- ADMINISTRACION DE PROYECTOS, S.A DE C.V. IMPULSORA TURISTICA DE VALLARTA. GRUPO SIDEK 1990.
- 17- CONCURSO DE OBRA PUBLICA PARA LA CONSTRUCCION DE ESCOLLERAS, PROTECCION MARGINAL, DRAGADO Y CONSTRUCCION DE UNA MARINA, EN BAHIAS DE HUATULCO, OAX.- ADMINISTRACION DE PROYECTOS, S.A DE C.V. FONATUR. SECRETARIA DE TURISMO. 1991.
- 18- EXPLOSIVOS Y VOLADURAS APLICADOS A LAS OBRAS DE INGENIERIA CIVIL- FRANCISCO RICCI CHACON. INSTITUTO TECNOLOGICO DE LA CONSTRUCCION.1987.