

300615

16

2eg.



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

ESCUELA DE INGENIERIA

INCORPORADA A LA U. N. A. M.

# SISTEMA PORTUARIO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A  
MARIO RESENDIZ ALPIZAR



## **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

INTRODUCCION	1
CAPITULO I) FACTORES QUE DETERMINAN EL PROYECTO Y CONSTRUCCION DE UN PUERTO	4
FACTORES CLIMATOLOGICOS	5
2.1 VIENTO	5
2.2 MAREAS	6
2.3 OLAS	7
FACTORES TECNICOS	9
3.1 INTRODUCCION	9
3.2 LAS CARACTERISTICAS DEL BARCO, COMO INTERVIENEN EN EL DISEÑO DE UN PUERTO	12
3.3 RADA Y CANAL DE ACCESO	14
3.4 PLANEACION DE UN PUERTO	15
3.5 INVESTIGACION DE EL LUGAR	39
3.6 RADAS DE ALGUNOS PUERTOS	45
CAPITULO II) OBRAS DE DEFENSA	51
ESCOLLERAS	52
4.1 TIPO DE ESCOLLERAS Y FACTORES QUE DETERMINAN SU ELECCION	52
4.2 ESCOLLERAS DE ENROCAMIENTO	53
4.3 ESCOLLERAS DE BLOCKS DE CONCRETO Y ENROCAMIENTO	61
4.4 ESCOLLERAS DE FORMAS IRREGULARES DE CONCRETO	66
4.5 ESCOLLERAS DE MURO VERTICAL	71
CAPITULO III) OBRAS DE ATRAQUE	78
MUELLES, ESPIGONES, MALECONES, DUQUES DE ALBA Y AMARRAS	79
5.1 INTRODUCCION	79
5.2 FACTORES QUE CONTROLAN LA SELECCION DE UN MUELLE	81

5.3	TIPO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION	83
5.4	CONSIDERACIONES DE DISEÑO	90
5.5	SISTEMAS DE DEFENSA A MUELLES	94
5.6	DUQUES DE ALBA O DOLFINS	103
5.7	ESPOLONES, PUENTES DE CABALLETE Y PASILLOS	107
5.8	AMARRAS CERCANAS A LA COSTA	110
5.9	ACCESORIOS DE AMARRE	114
5.10	SERVICIOS PUBLICOS EN UNA TERMINAL DE EMBARQUE	115
5.11	PROTECCION CATODICA	122
CAPITULO IV) OBRAS TERRESTRES		126
EDIFICACIONES PORTUARIAS		127
6.1	INTRODUCCION	127
6.2	COBERTIZOS DE PASO Y BODEGAS	127
6.3	EJEMPLOS DE MODERNOS COBERTIZOS	136
6.4	BODEGAS CON SISTEMAS DE REFRIGERACION	142
6.5	EDIFICACIONES ADMINISTRATIVAS	143
EQUIPO PARA EL MANEJO DE CARGA-GENERAL		145
7.1	INTRODUCCION	145
7.2	CARGA Y DESCARGA DE EL BARCO	146
7.3	MANIOBRAS EN TIERRA	149
7.4	MANIOBRAS DENTRO DE LA BODEGA DE EL BARCO	152
7.5	TARIMAS O PALLETS	152
CAPITULO V) TIPO DE TERMINALES MARITIMAS		155
TERMINALES DE EMBARQUE PARA CARGA A GRANEL		156
8.1	INTRODUCCION	156
8.2	INSTALACIONES DE ALAMACENAJE	156
8.3	EQUIPO PARA EL MANEJO DE CARGA A GRANEL	157
8.4	BARCOS CON MECANISMOS PROPIOS DE DESCARGA	161
8.5	INSTALACIONES PARA UNA TERMINAL	162
8.6	TERMINALES PETROLERAS	163
TERMINALES DE EMBARQUE PARA CONTENEDORES		166

9.1	INTRODUCCION	166
9.2	PLANEACION DE UNA TERMINAL PARA CONTENEDORES	166
9.3	TIPO DE MANIOBRAS CON CONTENEDORES	171
9.4	TERMINAL DE CONTENEDORES CON SISTEMAS DE MANEJO POR ELEVACION	172
9.5	CAJONES CONTENEDORES	174
9.6	EQUIPO PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES	174
9.7	EJEMPLOS DE DOS TERMINALES PARA CONTENEDORES Y DE UN BARCO PORTA BARCAZAS	178
	CONCLUSIONES	180
	BIBLIOGRAFIA	189

## INTRODUCCION

La finalidad de este trabajo, ha sido la de poder encontrar toda la información necesaria, para el diseño y construcción de un puerto y de sus instalaciones, en un solo texto.

Por tal motivo he realizado la investigación y recopilación de varios libros que cuentan con dicha información, pero en forma aislada.

El principal enfoque que muestra este trabajo, esta orientado hacia la planeación de una terminal marítima, abarcando así desde el concepto general de lo que es un Sistema Portuario, hasta llegar a todos aquellos factores que intervienen en el diseño, construcción, operación, manejo, mantenimiento, mejoramiento y administración, de todo el conjunto de instalaciones, estructuras marítimas, equipo y personal, que conforman un puerto, en sus distintas modalidades.

Teniendo en cuenta que tanto el diseño como la construcción, pueden sufrir ciertos cambios, debido a los constantes avances que se estan realizando en la actualidad, tanto a nivel estructural como en procedimientos constructivos, -- aunque si en menor grado, a aquellos cambios que se van dando en el manejo y operación de las terminales portuarias, ya que en este campo son mayores los progresos que se estan logrando en el perfeccionamiento no solo de equipos, -- sino en los sistemas de distribución, almacenamiento, manejo de la carga, etc.

Otro aspecto que también se hace notar, es la gran importancia que se ha venido dando, a la construcción de este tipo de obras, ya que en las ultimas décadas, el progreso de las grandes naciones industrializadas, ha estado ligado en gran parte, no solo a su extensa gama de productos que en ellas son manufacturados, sino a que cuentan con los adecuados medios de transportación que permiten la rapida distribución de sus productos a cualquier parte del mundo.

Es por esto, que cada día se hace indispensable, que todo país que cuente -- ya sea con vastos recursos naturales, como pueden ser los agricolas, ganaderos, pesqueros, mineros y de materias primas en general, o con un amplia industria diversificada, proporcione los medios apropiados que le permitan un mayor intercambio comercial, dandole la oportunidad de lograr un mayor progreso economico.

De aqui la importancia del sistema portuario, el cual es uno de los que más se han desarrollado, debido a su gran capacidad de transportación, por medio -- logicamente de embarcaciones marítimas, las cuales también se han visto afectadas por las enormes demandas de productos requeridos en todo el mundo.

Respecto a los barcos se puede decir, que han sido un factor que interviene directamente en el diseño y construcción de un puerto. Especialmente por los grandes buques que hoy en día estan siendo construidos, con la finalidad de -- transportar grandes volúmenes de petróleo y de sus derivados, así como de aquellas materias primas que son transportadas a granel en enormes cargueros.

Así también se tocan aquellos puntos que se refieren a las instalaciones, - al equipo, a las estructuras marítimas y al manejo, que se requieren para terminales especializadas como podrían ser una terminal petrolera, una terminal - de carga a granel, o una terminal para contenedores de carga-general.

Todo esto y otros aspectos más, son los que en sí he considerado como los - de mayor importancia, para la integración de este trabajo, del cual creo firmemente que ha de servir para aclarar las dudas y reforzar los conocimientos de aquellos compañeros que en algún momento tuviesen la necesidad de consultar -- alguno de los temas aquí tratados.

Agradesco la ayuda de varios de mis profesores que con su orientación y --- apoyo técnico, me facilitaron la realización de este trabajo. En especial --- agradezco la colaboración del ING. RAUL ABURTO S. quien como mi Director de -- Tesis, me brindó asesoramiento y parte de su tiempo.



**CAPITULO I**

**FACTORES QUE DETERMINAN EL PROYECTO  
Y CONSTRUCCION DE UN PUERTO**

## FACTORES CLIMATOLÓGICOS

## 2.1 VIENTO

La circulación de masa de aire mas o menos paralela a la superficie de la tierra, es conocida como "viento". Este movimiento es provocado por cambios de temperatura en la atmosfera. Cuando el aire esta caliente, su densidad comienza a disminuir y como resultado este asciende y es reemplazado por aire frio que fluye debajo del aire caliente. Los cambios de temperatura en la atmosfera son provocados por la absorción de calor, que no es igual en toda la superficie, teniendo cierta absorción en tierra y diferente en mar, así como la absorción en las montañas es diferente a la de los valles; y los cambios originados por el día y la noche dan por resultado vientos locales y brizas. El enfriamiento de las brizas en los litorales durante el día o el reemplazo de aire caliente de los valles a las montañas en la noche, son ejemplos de este fenomeno. Al lado de los vientos locales y de las brizas, existe una corriente general de aire que es originada por el aire caliente del ecuador, que es reemplazado por aire frio que fluye de norte a sur y que son desviados por la rotación de la tierra.

Casi todas las regiones están sujetas a los vientos reinantes, o a un viento que sopla en una sola dirección durante la mayor parte del año. Los vientos "monzonicos", son vientos reinantes de estación, que soplan en una sola dirección, sólo parte del año y en dirección opuesta el resto del año. Los vientos monzones predominan en el pacifico occidental. Los vientos reinantes no son necesariamente los vientos más fuertes. Hay vientos dominantes, llamados así por que son los de mayor intensidad, pero que ocurren con menor frecuencia y vienen en otras direcciones. La dirección del viento está dada por el punto de observación. El lado de una estructura de cara a la dirección del viento, que se dirige a está, se le conoce como barlovento y el lado de la estructura, hacia donde se aleja el viento, se le conoce como sotavento.

La dirección, frecuencia e intensidad del viento en una region en particular, por un cierto periodo de tiempo, son representados graficamente por un diagrama de vientos reinantes, el cual se ilustra en la fig. 2.1.

La fuerza del viento esta clasificada de acuerdo con una escala establecida, por Admiral Beaufort, conocida como "escala de Beaufort", en la cual el rango de intensidad está dado por 13 números del 0 al 12, cada número representa una velocidad aproximada y una descripción general de intensidad. Ver la tabla 2.1.

La presión del viento varía con el cuadrado de la velocidad, y está dada por la fórmula  $p = cv^2$ , donde  $c$  es una constante que por lo general toma el valor - de 0.00256, cuando  $v$  está en millas por hora y  $p$  está en libras por pie cuadrado. La presión total del viento sobre una estructura, varía con su forma y por lo tanto la presión es multiplicada por un factor que varía entre 1.3 y 1.6, el valor pequeño se aplica usualmente para obtener la presión en la parte inferior de la estructura, en el plano de la superficie de un barco o de un muelle.

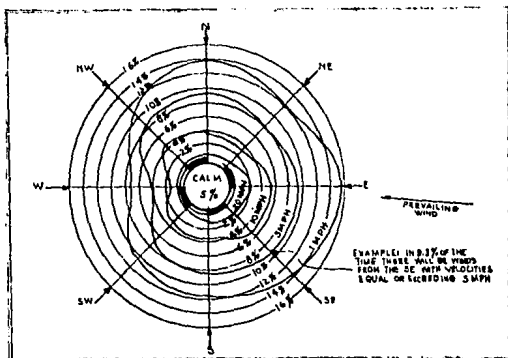


FIG. 2.1

TABLE 2.1 Beaufort Wind Scale

Beaufort number	Description	Velocity, miles per hour
0	Calm	0-1
1	Light air	1-3
2	Slight breeze	4-7
3	Gentle breeze	8-12
4	Moderate breeze	13-18
5	Fresh breeze	19-24
6	Strong breeze	25-31
7	Moderate gale	32-38
8	Fresh gale	39-46
9	Strong gale	47-54
10	Whole gale	55-63
11	Storm	64-75
12	Hurricane	Above 75

La marea es el periodico subir y bajar de las aguas oceanicas, producido por la atracción de la luna y el sol. El movimiento es más notable en la orilla, la cual se arrincona gradualmente y ocupa una amplia extensión de la playa entre los niveles de marea alta y marea baja. Generalmente el promedio entre intervalos sucesivos de mareas altas es de 12hr 25min, la mitad del tiempo entre el paso sucesivo de la luna a través de un meridiano dado. La luna ejerce un mayor grado de influencia en las mareas, que el sol. Esta influencia varia directamente con la masa e inversamente con el cubo de la distancia, y por esto la relación es de 7:3.

Cuando la marea se acerca a la costa, se produce un ascenso en el nivel del mar, llamado "flujo" y cuando la marea se aleja de la costa, tiene lugar un descenso en el nivel del mar llamado "reflujo". La primera de estas etapas de la marea, se denomina pleamar y la segunda etapa recibe el nombre de bajamar.

Las mareas más altas que ocurren en intervalos de casi un mes lunar son llamadas mareas vivas y esto ocurre cuando se tiene luna llena o nueva, y además el sol, la luna y la tierra están en línea recta. Cuando la línea que une la tierra con el sol y la luna, forma un ángulo recto; estando la luna ya sea en cuarto menguante o en cuarto creciente, entonces la acción de la luna y el sol se anulan parcialmente, teniendo así las mareas más bajas del mes, conocidas como mareas muertas.

### 2.3 OLAS

Las olas son movimientos de oscilación y traslación, debidos a la acción del viento, terremotos, mareas y de otros factores sobre una superficie líquida. En ingeniería las olas son uno de los fenómenos de mayor interés para el diseño de las estructuras marítimas. Generalmente las mareas debido a su lento subir y bajar, tienen poco efecto en la formación de olas, excepto en el caso de un maremoto. Los maremotos ocurren regularmente en ciertas regiones y son sólo de una gran cresta o de un sólo tipo de ola, causado por el ímpetu creciente de la marea sobre un río.

Las olas de oscilación son producidas por la acción del viento, en estas, las partículas de agua se mueven de la siguiente forma: suben, avanzan, bajan y retroceden, pero además se mueven en la dirección en que se propaga la ola, es decir, en la dirección del viento. Como la presión ejercida por el aire en movimiento, sobre la superficie del mar, es desigual e irregular; debido a la distinta velocidad del viento, las masas líquidas sufren deformaciones desiguales, ondulándose. En las olas de oscilación, el viento ejerce gran presión en

en los flancos de la cresta y menor presión en las depressiones.

Las olas de traslación se producen por un subido aumento en la cantidad de -- agua existente en determinado lugar, por la inmersión brusca de un gran cuerpo solido o por otras causas. En las olas de traslación, las particulas del agua sufren el siguiente movimiento: avanzan pero no retroceden, tienen cresta prominente.

Las olas de oscilación son muy frecuentes en, alta mar y las olas de trasla-- ción, en aguas proximas a la costa. Los terremotos y las erupciones volcanicas submarinas, producen grandes olas, a las que se les a dado el nombre de "Tsunamis".

La ingenieria, en el diseño de puertos y estructuras marinas se ha confrontado en general, con los siguientes problemas que involucran la acción de las olas:

- Predicción de la altura y longitud de la ola.
- Acción de la ola sobre la escollera de defensa.
- Embalamiento de la ola sobre taludes.
- Acción de la ola sobre pilotes, cilindros y campanas neumaticas.

Los siguientes factores tienen sus influencia en la generación y decaimiento de las olas:

- Longitud expuesta a la acción del viento.
- Velocidad y dirección del viento.
- Duración del viento.
- Profundidad del agua.

Hay otro número de factores que influyen en las características de las olas, especialmente en radas o en areas proximas a la costa, como son:

- Difracción.
- Refracción.
- Reflección.
- Maremoto.
- Ondulación periodica del espejo de agua.
- Marejada.

## FACTORES TECNICOS

## 3.1 INTRODUCCION

Una rada es un area de agua parcialmente encerrada y así protegida de tormentas y que cuenta con la adecuada seguridad y comodidad para los barcos que buscan refugio, provisiones, reabastecerse de combustible, hacerle algunas reparaciones a su embarcación o transferir su cargamento.

Las radas se pueden clasificar como: (1) natural, seminatural, o artificial, y (2) de refugio, militar, o comercial.

Las radas comerciales pueden ser tanto (a) municipales o (b) de propiedad privada.

Una rada natural es una ensenada o un area de agua protegida de las tormentas y de las olas, por la configuración natural del terreno. Su entrada está formada y localizada, de tal modo, que facilite la navegación al mismo tiempo que garantiza la tranquilidad dentro del puerto. Las radas naturales están localizadas en bahías, rias y en la desembocadura de un río.

Una rada seminatural podría ser una ensenada o un río protegido en dos lados por promontorios y que requiere de una protección artificial, unicamente a la entrada.

Una rada artificial es aquella que está protegida de los efectos de las olas por medio de escolleras o que aun cuando cuente con cierta protección, tenga que ser dragado el fondo, debido a su poca profundidad.

Una rada de refugio puede ser usada solamente como un fondeadero, para barcos que en alguna tormenta, desidan atracar, o también puede ser parte de una rada comercial. Algunas veces es construida a las afueras de los límites comprendidos por el puerto, sirviendo como un fondeadero, mientras que la darsena del interior de la escollera, constituye una rada comercial. Lo esencial en la rada, es que provea de un buen fondeadero, seguro y de facil acceso desde el mar, en cualquier condición de clima y estado del viento.

Una rada militar o base naval es aquella en donde se da mantenimiento y todo tipo de servicios, a los barcos militares, así como también sirve de resguardo y de estancia a los barcos y como deposito de provisiones y suministros militares. Su localización es estrategicamente militar.

Una rada comercial es aquella en la que los muelles están provistos de todos los servicios necesarios, para la carga y descarga, del cargamento de los bu--

ques. Algunas veces cuenta con diques secos o de carena. Muchas radas comerciales son de propiedad privada y manejadas por representantes de compañías de acero, aluminio, carbon, petroleo, cobre, madera, fertilizantes, azúcar, frutas productos quimicos, y otras industrias. Las radas controladas por el municipio o por el gobierno federal, frecuentemente son manejadas por autoridades portuarias; existen este tipo de radas en muchas ciudades y paises, y son por lo general una parte de las tantas funciones que se realizan en el puerto.

Un puerto es una rada protegida en donde son proporcionados todos los servicios e instalaciones para la terminal maritima, las cuales consisten de espigones o muelles; en los cuales los barcos atracan, mientras que son cargados o descargados, las mercancías y todo tipo de articulos, cobertizos y otras areas de almacenamiento; en donde los barcos pueden descargar su cargamento, por un lapso corto de tiempo, y bodegas en donde las mercancías pueden ser almacenadas por periodos de tiempo más grandes, mientras que estas aguardan para ser distribuidas o embarcadas a otros sitios. Así la terminal debiera de contar con otros medios de transporte, complementarios del sistema portuario, tales como: vías ferreas, carreteras, o conexiones fluviales internas. Con lo cual el area de influencia del puerto se extiende a una distancia considerablemente más alla de la rada. El area tributaria de un puerto consite de aquella porción de area adyacente, para la cual el costo del flete por transportación es más bajo que el de los demas puertos, de la competencia. La rada entonces, es una parte muy importante, del amplio sistema de trabajos y servicios que abarca un puerto.

De acuerdo al servicio que preste y a la actividad que realice un puerto, este se puede clasificar como:

Puerto industrial, pesquero, turistico, petrolero, minero, granelero. Puerto de sólo puerto abarcar varias de las actividades anteriores.

De acuerdo a la profundidad de la rada y del canal de acceso de un puerto, este puede ser de:

- Cabotaje. Con profundidad menor a 10 mts.
- Altura. Con profundidad mayor a 10 mts.

Un puerto de entrada es un sitio designado en donde las mercancías de importación, así como los ciudadanos extranjeros, pueden ser despachados a través de la aduana.

Los puertos maritimos están por lo general localizados en radas naturales en bahías, estuarias maritimas y en desembocaduras de rios (conocidos más comúnmente como puertos fluiomaritimos), o también pueden ser formados sobre una línea costera desprotegida, con la construcción de escolleras. En un amplio sentido y desde el punto de vista del comercio e industria de exportación, dichos puertos, son cualquier puerto de escala, al que se pueda llegar directa-

mente, por medio debarcos trasatlánticos. A este respecto, dichos barcos pueden estar localizados a varios cientos de millas de distancia, tierra adentro, en ríos y lagos, aún cuando desde el punto de vista ingenieril tales puertos son considerados como puertos fluviales.

Algunos puertos marítimos aún cuando están localizados en radas naturales o seminaturales, requieren de varias obras de protección, para reducir las grandes olas y corrientes, a lo largo de los muelles, hasta un punto donde no corran peligro los barcos que estén anclados o se interfiriera en las maniobras de carga o descarga.

Los puertos fluviales son establecidos en ríos navegables, canales y lagos. Dichos puertos son generalmente abastecidos por embarcaciones fluviales, las cuales pueden también transbordar mercancías de y hacia puertos marítimos.

Un puerto franco o zona libre es un área aislada, encerrada y vigilada, en o adyacente a un puerto de entrada, sin una población residente. Equipado con las instalaciones necesarias para cargar y descargar, para abastecer de combustible y de víveres a los barcos, para almacenar mercancías y reembarcarlas por tierra y agua; está es un área en la cual las mercancías pueden ser desembarcadas, almacenadas, mezcladas, dosificadas, reempaquetadas, manufacturadas y reembarcadas sin el pago de impuestos y sin la intervención de autoridades aduanales. La finalidad de la zona libre, es la de alentar y facilitar el comercio con el exterior y librar de las restricciones exigidas por el pago aduanal. Uno de los puertos más importantes con dichas características es el puerto de Hamburgo.

Una terminal marítima es aquella parte de un puerto o rada en la cual se proveen obras tales como los muelles e instalaciones como bodegas y equipo para las maniobras de carga y descarga. Cuando dicha terminal sólo sirve para el embarque y desembarque de pasajeros junto con su equipaje, así como pequeños artículos de carga-general; de barcos dedicados principalmente a la transportación de pasajeros, está es llamada "terminal de pasajeros". Cuando el tráfico es primordialmente de carga ~~tráida~~ en buques de carga, aún cuando muchos de estos barcos pueden traer también un poco de pasajeros, la terminal es comúnmente conocida como una "terminal de porte o carga". En muchos casos está es conocida como una "terminal de carga a granel", en donde productos tales como: petróleo, cemento, y granos son almacenados y manejados. Por ejemplo, una refinería generalmente puede tener un tanque almacenador, oleoductos para transportar el petróleo crudo y conductos para los productos refinados, así como muelles para que atraquen los buques tanque, mientras que están siendo cargados y descargados, todo esto comprendería la terminal marítima de una refinería.

Una amarra de puerto próxima a la costa, es proporcionada por lo general en -



donde no es factible o economico construir un muelle o proporcionarle proteccion a la rada. Dicha amarra consistira de un cierto número de anclajes, cada uno de los cuales contara con una o más anclas, cadenas, plumadas, y boyas para que el barco pueda atar sus cuerdas de amarre. Estas estarán reforzadas en muchos casos por las anclas de proa del barco. La carga a granel es por lo general transportada hacia o desde el barco por conductos o puentes de caballete, mientras que otra carga puede ser transportada por embarcaciones más ligeras.

El fondeadero es el area destinada para que los barcos puedan ser retenidos para inspección, por cuarentena, para esperar lugar en el muelle mientras algunos barcos eliminan el lastre preparandose para recibir el cargamento, o para esperar que se mejoren las condiciones del clima. Fondeaderos especiales son algunas veces proporcionados para barcos que transporten carga peligrosa como en el caso de explosivos y están por lo general bien señalados en mapas de radas, por nombre y por la profundidad de sus aguas. Los fondeaderos están generalmente localizados lejos de la terminal maritima y adyacentes al canal principal, a fin de estar cerca de aguas profundas pero fuera del paso de el trafico principal. Los fondeaderos pueden estar en areas protegidas naturalmente o protegidos por escolleras, de los vientos y las olas.

La darsena de maniobras es el area de agua dentro de una rada o de una ampliación de un canal, para permitir el viraje de un barco. Cuando hay espacio disponible, la darsena debera ser de por lo menos dos veces la eslora del barco para permitir cualquier viraje libremente o poder virar con la ayuda de remolcadores, si es requerido por las condiciones del agua o del viento. Cuando dicho espacio es limitado, el barco puede ser virado por un remolque alrededor del extremo de un espigon o de un duque de alba, como con o sin el uso de sus cuerdas, y las darsenas mas pequeñas serán de una forma triangular o rectangular.

### 3.2 LAS CARACTERISTICAS DEL BARCO COMO INTERVIENEN EN EL DISEÑO DE UN PUERTO

La "eslora", "manga", y "calado" de los barcos que usaran el puerto, tendran una influencia directa, en el diseño del canal de acceso, en la rada y en las instalaciones de la terminal maritima, y al ultimo estará afectado también por el tipo de barco y de su capacidad o tonelaje. Estas características son las de mayor influencia.

El tonelaje de desplazamiento es el peso real del buque, o el peso del agua, que el barco desplaza cuando esta a flote, y puede ser tanto con carga o sin --

carga.

El desplazamiento con carga es el peso en toneladas brutas (2240lb=1016.06kg) de el barco y su contenido, cuando el barco está totalmente cargado con carga, hasta la línea de carga maxima o línea de flotación con carga (plimsoll), pintada en el casco del barco. El plimsoll es la designación usada en barcos ingleses, mientras que el termino "línea de carga" es más comun en barcos americanos, y señala el calado mínimo que permite el código marítimo para que el barco pueda ser cargado en diferentes densidades de agua, durante las distintas estaciones del año.

El desplazamiento con carga nula es el peso del barco en toneladas brutas, sin carga, ni combustible, ni viveres.

El tonelaje de la carga-muerta es la capacidad de transportación de carga en un barco, en toneladas brutas y es la diferencia entre el desplazamiento con carga nula y el desplazamiento con carga maxima. Este es el peso del cargamento, el combustible y las provisiones del barco, cuando este está totalmente cargado hasta la línea de carga, a diferencia de estar cargado hasta su capacidad de espacio total. Este tonelaje varia con la latitud y la estación del año así como también varia por la salinidad del agua, a causa de el efecto de la temperatura y de la salinidad sobre su peso específico y en la flotabilidad de el agua en la cual el buque este operando. Un barco en una zona tropical con una carga muerta de 8,800 tons., en verano tendra una carga bruta de 8,600 tons y en invierno sera de 8,300 tons. El tonelaje de carga-muerta es un peso, y el tonelaje bruto sólo se entiende como una medida; pero ambos indican la capacidad de carga de un barco. Los barcos son registrados según el tonelaje bruto neto expresado en unidades de 100 pies cubicos. Así el tonelaje bruto es la capacidad cubica total, interna de un barco y el tonelaje neto es el tonelaje bruto menos el espacio proporcionado para la tripulación, maquinaria, cuarto de maquinas y combustible.

El tonelaje de carga o flete es una expresión comercial y es el principio del cargo por flete. Este puede ser tanto el tonelaje que es pesado como el que es medido. Cuando 40 ft<sup>3</sup> pesan 1 ton o menos, el tonelaje de flete (2,240lb) es de 40 ft<sup>3</sup>. Si por el contrario, el peso de la carga es mayor de 1 ton. en 40 ft<sup>3</sup>, el tonelaje de flete sera el peso real de la carga. Casi todo flete marítimo es aceptado sobre un principio de peso o medida, a elección de las compañías navieras, y por lo general cualquiera nos da los mayores ingresos controlados. Por ejemplo, si la tarifa es de \$0.45 por ft<sup>3</sup> o de \$0.80/100 lb, una tonelada en peso costaria \$17.92 y una tonelada por medida (40 ft<sup>3</sup>) costaria \$18.00. Sin embargo, si el paquete midio 40 ft<sup>3</sup> y peso unicamente 1/2 ton., el cargo por flete con todo y eso seria de \$18.00, aun cuando por tonelada medida

el importe de esto sería sólo de \$8.96 .

Un ordinario buque de altura que puede transportar un tonelaje nominal de --- carga-muerta, de 8,000 tons. de carga, combustible, y provisiones, tendrá un -- desplazamiento de aproximadamente 11,500 tons, un tonelaje bruto de casi 5,200 tons, y un tonelaje neto de aproximadamente 3,200 tons.

El calado de un barco, está expresado en función de el desplazamiento, según se encuentre el barco, cargado o descargado, es la profundidad de la quilla del barco debajo del nivel de agua, para cada condición particular de carga.

El lastre es el peso que se agrega a la bodega o al compartimiento de lastre de un barco, para incrementar su calado, después de haber descargado su carga y para mejorar su estabilidad. El lastre por lo general consiste de agua, y su peso está expresado en toneladas brutas. En un buque tanque petrolero, el lastre de agua salada, reemplaza a el petróleo, cuando el barco está descargado, - mientras que si la carga del barco es carga seca o pasajeros, este contará con un compartimiento aislado, para el lastre.

### 3.3 RADA Y CANAL DE ACCESO

Debido al constante crecimiento del comercio internacional, por vía marítima, - ha afectado a los puertos de casi todo el mundo, ya que los barcos después de algunos años, se ven en la necesidad de aumentar su capacidad de carga, por lo cual sus dimensiones principales como la eslora, manga y calado aumentan influyendo directamente en el diseño de la rada y del canal de acceso.

Para poder definir los límites de los canales y las radas, se han establecido los siguientes términos.

El límite de relleno a lo largo de un puerto es la línea más alejada de la -- costa, en la cual se rellena o se construye una estructura sólida. La construcción de un espigón abierto puede extenderse fuera del límite de relleno hasta - el límite de proyección de los muelles, más allá del cual no está permitida --- ninguna construcción a menos que exista un permiso especial.

Este límite es establecido para evitar que los espigones sean construidos demasiado lejos de aguas internas, ya que tal construcción podría causar interferencia con la navegación. El límite de proyección de los muelles puede o no -- coincidir con los límites del canal de acceso.

Los límites del canal de acceso definen los límites de canales navegables, -- que son dragados y mantenidos a una profundidad establecida por el gobierno federal. Estas profundidades son generalmente referidas a la marea baja. En mar abierto la profundidad de navegación es llamada canalizo.

### 3.4 PLANEACION DE UN PUERTO

La decisión para construir un puerto, y su localización, generalmente estará -- determinada por factores que tienen que ver con (1) su necesidad y justifica-- ción económica, (2) las perspectivas de volumen comercial a transportar por mar y (3) la disponibilidad de vías de comunicación tierra adentro. Estas conside-- raciones deben preceder a los estudios técnicos y a la planeación del puerto, y son brevemente explicadas a continuación.

1. La necesidad de un puerto puede surgir por las siguientes causas:

a) Una base naval o terminal militar puede ser requerida para suministrar de armas, equipo o personal militar a sus bases en tierra.

b) Un puerto marítimo puede ser requerido para proporcionar a una ciudad --- próxima al puerto, de sus servicios, por que el tamaño de está y su desarrollo, tenga que dar salida a sus productos y a su vez recibir aquellos que demande, -- siendo esto una muestra del comercio exterior vía marítima. El desarrollo de -- un puerto es por lo general aunque no necesariamente obligatorio, asociado al -- crecimiento y progreso de la ciudad, del cual el puerto es una parte.

c) La necesidad de un puerto comercial de propiedad privada, surge cuando -- este es requerido como una terminal de embarque, para el artículo o producto -- que este siendo producido o por que no se disponga de instalaciones de embarque o por que estas no sean económicas de usar. En recientes años el desarrollo de recursos de materias primas tales como mineral de hierro, bauxita, petróleo y -- cobre, han dado como resultado, la construcción de nuevos puertos comerciales -- en muchas partes del mundo.

d) Generalmente, la construcción de un puerto municipal requiere del desem-- bolso de una gran cantidad de dinero, la cual en muchos casos tiene que ser --- reunida por la emisión de bonos o por préstamos bancarios, a menos que sea sub-- subsidiado por el gobierno. Por eso el proyecto al ser económicamente factible -- tendra que mostrar un ingreso sobre costos de operación, suficiente para -- cubrir los gastos fijos. Un puerto comercial de propiedad privada no requiere la misma justificación económica, ya que esta es por lo general secundaria al -- plan principal.

2. Antes de lanzarse a la construcción de un puerto municipal, se deben de realizar extensos levantamientos topográficos y estudios, que tendran que ser hechos para determinar el inicio y el futuro comercial por anticipado, de el -- área tributaria, en donde las tarifas por flete serán menores que las de los -- puertos en competencia. Los puertos comerciales de propiedad privada en gene-- ral enfocan sus estudios, al manejo eficiente de sus productos, quedando bien establecido el tonelaje total que manejaran durante la duración del proyecto,

y de acuerdo a esto el puerto puede ser diseñado para satisfacer estos requerimientos.

3. La disponibilidad de comunicaciones tierra adentro, tiene una importante influencia en la determinación del sitio donde deba ser construido el puerto. A menos de que el area tributaria que comprenderia dicho puerto, ya cuente con buenas carreteras, vias ferreas y vias fluviales en algunos casos, pero todas que confluyan a las principales ciudades, o que las condiciones topograficas y las posibilidades socio-economicas sean favorables para la creación o ampliación de dichas comunicaciones, sin las cuales un puerto no podria prosperar. Hay muchas radas naturales con excelente localización, las cuales desde el punto de vista ingenieril serian ideales para la construcción de un puerto, pero debido a que se encuentran malamente situadas con respecto a las comunicaciones tierra adentro, el proyecto para construir un puerto queda descartado. Dando una mirada a los grandes puertos del mundo podemos observar que estos estan servidos por una amplia red de comunicaciones.

En el caso de que los estudios preliminares ya realizados han determinado como buena la localización de la rada, de acuerdo a sus características como tal y con respecto a las demas necesidades que debe de cubrir, en base al uso principal que se le dará y de acuerdo al tipo y tonelaje de trafico que será manejado, entonces y sólo entonces, se proseguira al siguiente paso, que en algunos casos podra iniciarse a la par de dichos estudios y que consiste de los trazos preliminares del puerto, con el fin de tener una investigación completa del lugar, para así poder elaborar el diseño definitivo del puerto.

La información obtenida en la fase del anteproyecto, por lo general puede ser recabada de aquellas dependencias o instituciones que intervengan en la planeación del puerto, así como de los distintos centros de investigación. Teniendo como datos principales la topografia del lugar, la profundidad del agua en el area comprendida por la rada, las condiciones generales del fondo marino, el rango de mareas, datos meteorologicos sobre el viento, la temperatura y la precipitación, así como estudios socio-economicos de la o las ciudades proximas a la rada. Si el puerto a construir, se localizara en alguna parte del país o del mundo, en donde no se disponga de ninguna de la información anterior, será necesario realizar un reconocimiento preliminar del sitio. Para el levantamiento preliminar, la planimetria aerea puede ser un recurso viable para obtener la topografia del lugar, de una forma rapida. Las fotografias aereas serán utiles, especialmente en el reconocimiento de la costa y del terreno adyacente a esta, para poder obtener una adecuada localización al puerto, si está no ha sido fijada ya, por algunas otras razones. La fotogrametria aerea puede mostrarnos frecuentemente, bancos de arena, arrecifes, desembocaduras de rios y --

otros detalles importantes a lo largo de la costa. Los sondeos pueden ser realizados mucho más rápido con una sonda, obteniendo un relieve general del fondo marino, siempre y cuando no sea posible localizar y señalar con exactitud, tanto acotaciones como una línea de base. La profundidad y la presencia de roca, como también la profundidad del material que cubre la roca, pueden ser determinados por medio de una hidrosonda con perfilador sumergible.

Habiendo establecido los requerimientos generales del puerto y la información preliminar del sitio, el próximo paso será realizar los estudios preliminares de la rada y los trazos del puerto, que generalmente serán completados con la estimación del costo aproximado del proyecto, basado en ciertas suposiciones -- que tendrán que ser verificadas cuando se realice la investigación del lugar. Este anteproyecto incluirá lo siguiente:

DETERMINACION DE LA MEJOR LOCALIZACION DE LA RADA. A menos que el sitio haya sido fijado por requerimientos específicos del puerto, diversas localizaciones de la rada tendrán que ser estudiadas, para determinar la localización más protegida y que involucre la menor cantidad de dragado, así como las condiciones de fondo más favorables como también cuente con un área adecuada en la costa -- para el apropiado desarrollo de la terminal y sus servicios.

Es casi seguro que no puedan reunirse todas estas condiciones favorables para una rada en una sola localización, ya que una o más pueden predominar a la exclusión de otras. Por ejemplo las condiciones del terreno en la costa debido a las características del suelo como por su elevación, o por la localización de un río pueden obligar a que la localización de la rada se fije en un sitio específico. También, la existencia de medios de comunicación o su futura construcción pueden determinar la localización, como también se puede ver afectada -- debido a las condiciones desfavorables de la región, de no poder brindar al sitio que reúna las condiciones más favorables para la rada, de un sistema de comunicaciones interconectadas que tengan como punto de reunión al puerto. Puesto que todos los puertos, a menos que sólo sean estaciones marítimas de traslado, deben ser alimentados por comunicaciones en tierra o fluviales internas, -- tendrán una importante relación con la determinación del sitio más propio para la localización del puerto. El terreno adyacente a la costa puede ser de poca altura y pantanoso, el cual requiera de cimientos costoso para las instalaciones de la terminal. Sin embargo, si la rada o el canal requieren de dragado, y el material ~~extraído~~ es arena, este puede ser aprovechado en el área del puerto para aumentar la elevación original de la costa. Por otro lado el terreno adyacente a la costa puede ser escarpado y con una elevación mayor a la del agua, -- haciéndose virtualmente imposible encontrar suficiente área para las instalaciones sobre la costa, excepto para las terminales de carga a granel, las cuales --

utilizan bandas transportadoras y conductos, para la realización de la carga y descarga de los barcos, en donde la bodega de la terminal y otras instalaciones pueden ser localizadas tierra adentro algo distantes de la rada. También, riscos rocosos a lo largo de la costa, pueden ser explotados para proporcionar de roca a la construcción de las escolleras y así el area que se forma sobre la -- costa puede ser usada para la construcción de las instalaciones de la terminal.

Generalmente, el nivel del area del puerto en la costa, se encuentra a nivel de está o un poco mayor, sobre el nivel de los muelles. En areas muy grandes, donde el rango de mareas es sólo de 2 a 3 ft, el nivel ideal para el terreno -- sobre la costa podria ser de 15 a 20 ft, tomando como referencia el nivel de la marea baja. En areas donde se pueden presentar mareas mas altas u olas de ma-- ree, el terreno debere estar sobre estos niveles. En rios con grandes varia--- ciones en su tirante, el terreno debere estar sobre el nivel de aguas maximas, para la localización de las instalaciones portuarias.

La profundidad del agua, al igual que otros factores, son de igual importan-- cia, para la localización de un puerto. Una bahia en aguas profundas, es segu-- ramente ideal, pero en donde el puerto debe ser localizado a lo largo de la --- costa descubierta, un estudio de las cartas hidrograficas generalmente indica-- rá areas en donde el agua es de profundidad estrecha hacia la costa y en otras, areas en donde la profundidad requerida para la rada no podria ser alcanzada -- por varios miles de pies, a poca distancia de la costa. Esto podria requerir de una cantidad de dragado que llegaria a ser incosteable. Sin embargo, al encon-- trar el sitio en donde las aguas profundas están a corta distancia de la costa y estas son tan profundas que la construcción de escolleras de protección se-- ria imposible debido a su altisimo costo. En casos cuando la carga a ser embar-- cada es carga a granel, la unica solución, puede ser la de contar con un fondea-- dero proximo a la costa con tuberias sumergidas, si la carga a manejar es liqui-- da o con un puente de caballete ligeramente construido, o también con un cable-- via ambos pueden ser usados para transportar materiales solidos tales como bau-- xita, mineral de hierro, y sal. Las condiciones del fondo marino son de suma - importancia. La excavación de roca debajo del agua es muy costosa, por lo que esta debere ser evitada en todo lo posible, excepto en casos especiales, en que la roca, producto de dicha explotación pueda ser empleada en la construcción de los muelles. Sin embargo, el fondo marino puede consistir de un lecho muy pro-- fundo de material blando, como pueden ser el limo, acarreo fluviales y arcilla el cual si bien puede ser extraido facilmente por medio de una draga de succión también puede ser causante de que la construcción de escolleras y muelles sean muy costoso, si no es que hasta imposibles de construir, debido a las condicio-- nes tan malas del suelo, en cuanto a los requerimientos de los cimientos.

REQUERIMIENTOS EN TIERRA PARA EL DESARROLLO DEL PUERTO. La imposición de los requerimientos en tierra para un puerto, deben tomarse dentro de la consideración del area de agua necesaria para el canal de acceso, la darsena de operación, el fondeadero, los atracaderos, y la disposición de un area destinada a los desechos, en el caso dado de que se tenga que dragar, fuera de el area requerida en la costa para el manejo de la carga, bodegas y de todas aquellas instalaciones relacionadas con el puerto.

La profundidad y el ancho del canal dependeran principalmente de las dimensiones de los barcos más grandes que empleen el canal, de si el canal está en mar abierto o se encuentra limitado por bancos de arena, de la cantidad de tráfico esperado que determine si el canal será de una sola via o de multiples vias de tráfico, y de si el costo admisible permitira el diseño optimo. Además hay un número de factores secundarios a ser considerados tales como la velocidad del barco, las mareas, el viento, las olas y las corrientes y el alineamiento del canal.

Hasta los años cincuentas el calado maximo de carga fue de 39ft 7in en un barco de pasajeros (el Queen Elizabeth). Desde entonces se incio un importante incremento en el tonelaje y dimensiones de los barcos, excediendo la profundidad maxima establecida en radas y canales de 40 a 42ft, con calados superiores a estas profundidades. Los buques cargueros como los buques tanque son los que más han incrementado sus dimensiones y aun cuando en el restridor son proyectados cargueros más grandes es difícil pensar que ellos excedieran un calado que les permita entrar a radas de 60ft de profundidad, puesto que los cargueros no pueden ser facilmente descargados, cerca a la costa se emplean barcos más pequeños, como se esta haciendo con los gigantescos buques tanque, para descargar su carga.

El calado de los barcos de pasajeros ha tomado una dirección opuesta, ya que ahora se proyectan barcos que no excedan un calado de 36ft.

Los barcos militares han mantenido un calado que les permita pasar a traves de los principales canales, y es improbable que en el futuro el calado de nuevas embarcaciones militares sea incrementado.

En cuanto a los demás tipos de embarcaciones, no ha surgido una pronunciada tendencia en incrementar sus dimensiones, como en el caso de los barcos que transportan carga-general de acuerdo con aquellos de carga a granel, excepto por los barcos de containers y barcos de soporte (LASH), que han empezado a incrementar sus dimensiones, siguiendo la tendencia de los cargueros. Un barco lash puede cargar y descargar en aguas profundas por medio de su propia grua que trae abordo.

Los gigantescos buques tanque estan siendo descargados en pequeñas embarca---



ciones, en aguas profundas pero cercanas a la costa, permitiendo la segura navegación de las grandes embarcaciones. Es difícil pensar que estos enormes --- barcos puedan entrar a cualquiera de los principales puertos del mundo, no solo por lo incosteable del dragado que tendría que hacerse en dichas radas, si no también por el alto riesgo de provocarse un accidente, el cual podría causar -- una enorme contaminación en el mar, al quedar expuesto al petroleo, por lo que es conveniente mantener a estos gigantescos buques tanque alejados de las areas congestionadas.

Los barcos cargueros de mineral de hierro requerirán de canales dragados hasta unos 60ft de profundidad, aunque por lo general existen terminales de embarque especiales, por lo que probablemente este tipo de embarcaciones no afectaran el desarrollo de los puertos, en general.

En resumen, con el surgimiento de embarcaciones cada vez mas grandes, se ha -- tenido que recurrir al establecimiento de puertos especializados que puedan dar servicio tanto a los gigantescos buques tanque como a los cargueros. Los canales para estos puertos especiales, serán dragados a 60ft, a menos de que el --- barco atraque cerca de la costa, en aguas profundas, pero los canales no necesariamente tendran que ser más anchos que aquellos de los puertos principales, debido a que la cantidad de tráfico de estos enormes barcos es limitada, además -- de que lo complicado de su economia probablemente de por resultado el control -- del trafico a fin de limitar el canal a una sola vía de trafico.

El ancho conveniente de un canal para el adecuado manejo del barco puede ser determinado en base a unos ensayos publicados, que indican, que el ancho de la -- vía de tráfico, que permita maniobrar, deba estar entre 160 a 200 por ciento -- de la manga de el barco. El espacio libre entre el paso de los barcos será -- del ancho de la manga del barco más grande, pero no inferior a 100ft, medido -- entre las vías de tráfico para los barcos. El espacio libre entre las vías de manejo del barco y los encalladeros, esta determinado por curvas y por el angulo que asume el timon, aunque esta distancia es aproximadamente el ancho de la manga del barco. Si diseñamos el canal para el paso de dos barcos, con una --- manga de 120ft, que podría comprender uno de los barcos más grandes de pasajeros y buques tanque o cargueros de mineral, que puedan operar en un canal con una -- profundidad de 42ft, llegaremos a un ancho de aproximadamente 800ft. Los taludes laterales podrían obligar a aumentar 100ft en ambos lados. Esto podría indicar -- que un ancho de 1,000ft, es una dimensión adecuada, de acuerdo a los requeri--- mientos en tierra, para el canal de un puerto comun.

Un canal normalmente conducira a una darsena de maniobras en la entrada hacia el atracadero del barco. Si este es un puerto fluvial, el río puede proporcionar la darsena de maniobras o el canal puede tener que ser ensanchado de el la-

do opuesto a los espigones, su proyección fuera de la costa estara limitada por la línea del canal establecido.

La darsena de maniobras puede ser de varias formas, dependiendo principalmente de la dimensión de el puerto y de el número y colocación de los atracaderos para los barcos. La dimensión mínima debera no ser menor a dos veces la eslora del barco más grande, que haga uso del puerto, e idealmente debera ser cuatro veces esta longitud, la cual permitira entonces que el barco pueda hacer un giro de 360° sin la ayuda de remolcadores. La darsena de maniobras más pequeña puede ser usada, si en el extremo superior de el espigon, es proporcionada una guirnalda (duque de alba), de viraje y el barco este espiado alrededor de esta guirnalda.

Si la rada está cercada por escolleras, las cuales limitan su ensanchamiento en lo futuro, la darsena de maniobras debera ser de amplias dimensiones para -- permitir acomodo a los barcos más grandes del futuro. Si la rada es esperada -- para el manejo de embarques de carga a granel, una rada exterior a esta podria ser proporcionada, la cual en lo futuro puede ser dragada para dar una profundidad mayor a la anterior, y los atracaderos pueden ser proporcionados a lo --- largo de los costados para que atraquen los cargueros más grandes. Ya que el -- manejo de este tipo de carga se hace por lo general con el uso de ductos especiales o transportadores, para lo cual es requerida un area pequeña en tierra, y la distancia fuera del continente no es tan importante.

Asumiendo que la rada sera construida en el interior de la rada principal, -- podria ser diseñada con espigones para atracaderos de 700ft nominales en cada -- lado y de una profundidad de 36ft, y la rada exterior con muelles de 1,200ft o con duques de alba tipo atracaderos, con una profundidad final de 60 ft. Si el ancho de la darsena de maniobras en el interior de la rada secundaria es hecha de cuatro veces un barco de carga tipo C4 o de 2,288ft, la darsena de maniobras exterior o sea la de la rada principal podria tener entonces una dimensión de -- casi dos veces la eslora de el barco más grande, esperado en hacer uso de esta.

Por lo tanto la disposición de un area para la darsena de maniobras debera -- estar dentro de los 240 acres o 2,288 x 4,576ft. Esto podria representar un -- puerto de mediano tamaño y podria ser desarrollado en etapas. Puertos secundarios pueden tener darsena de maniobras con un area de 10 a 20 acres.

Si es economicamente factible, la rada debera contar con espacio suficiente -- para un fondeadero para pequeños barcos costeros mientras esperan su turno para atracar, y para protegerse del mal tiempo. Los grandes barcos pueden anclar en mar abierto o hacerle frente al mal tiempo.

Asumiendo que los barcos costeros andan sobre las 3,000 o 4,000 tons., con -- una eslora maxima de 300ft necesitara resguardarse en el fondeadero, el area de

agua requerida para cada barco en donde esté pueda bornear ~~libremente~~ entre --- otros barcos, mientras se encuentran anclados en aguas con una profundidad de - 35ft, está dada en el principio de que un barco borneara formando un círculo en torno a su ancla de proa con una longitud de sogas igual a cuatro veces la profundidad del agua, más su bordo libre, más el espacio libre de seguridad entre un barco y otro. El radio del círculo sera entonces de  $4 \times 35 + 20 + 300 + 50 = 510\text{ft}$ , lo cual significa que cada barco requerira un area de agua de casi 20 -- acres.

El espacio requerido para que atraquen los barcos, dependera principalmente - de las dimensiones de los barcos más grandes y de el número de barcos que hagan uso de el puerto. Los espigones fuera de la costa proporcionaran la mayor cantidad de espacio para atraque por pie lineal frente a la costa, el cual es por lo general de limitada extensión. Si los espigones proporcionaran dos atraques en cada lado, los espigones deberan tener un espacio libre o canal entre uno y otro, igual a tres veces la manga de el barco, más 150ft. Por lo que el canal o espacio libre entre espigones de atraque sencillo debera ser igual a dos veces la manga de el barco más grande, más 100ft de espacio entre barcos, para -- permitir la operación del remolcador. La longitud de el espigón de un solo atraque, debe ser igual a la eslora del barco más 150ft, mientras que la longitud de un espigón de doble atraque en cada lado será igual a dos veces la eslora más 200ft. El ancho mínimo de espigón dependera principalmente del ancho de piso fuera del cobertizo y del area del cobertizo. Suponiendo que el cobertizo deba retener el contenido de un barco de carga promedio, 90,000 ft<sup>3</sup> deberan ser proporcionados para cada atraque. Para un espigon de 1,400ft de longitud (dos atraques de 700ft en un lado) y un ancho de piso fuera del cobertizo de 60ft, - el ancho del espigon sera de  $120 + 4 \times 90,000 / 1,340 = 388$  o 400ft nominales. Esto permitira que un barco más pequeño pueda atracar al lado de la cara exterior. Una darsena de maniobras con un ancho de 2,288ft, podria por consiguiente proporcionar tres espacios libres entre espigones, de 375ft de ancho y de 1,400ft de longitud, para el atraque de 12 barcos, mas dos barcos mas pequeños en el -- extremo final de los espigones.

El canal, la darsena de maniobras y los espacios libres entre espigones para que atraquen los barcos, requeriran por lo general de dragado. A menos de que un area pueda ser proporcionada para el deposito de los desechos sin tener que bombear los desechos del dragado lejos de ahí, los desechos tendran que ser --- llevados fuera del mar y depositados en aguas profundas, un procedimiento que - resulta costoso. Por lo regular el area donde el puerto sera construido es de poca altura y el puerto se necesita construir a una altura superior a la del -- nivel del agua. En este caso todo el material dragado disponible se podra em--

plear para rellenar dicha area, y puede ser conservado en el caso que sea necesario para el relleno de el malecon o de diques. Frecuentemente el material a ser dragado es limo blando, por lo que hay que procurar el encontrar un area -- destinada para el deposito de los desechos y no verse en la necesidad de bombear este material a una distancia fuera del area de el puerto. Esta area puede ser improvisada con monticulos de arena y con una superficie de un buen material, con el fin de que puedan ser usados para una expansión de las instalaciones del puerto. En el diseño de el puerto el malecon debe estar localizado, si es posible, de tal forma que la cantidad de material dragado equilibrara el relleno requerido por el area en tierra.

Los requerimientos de terreno en la costa para el desarrollo del puerto normalmente cubrirán el espacio requerido para el manejo y almacenamiento de carga-general, y el tráfico de pasajeros; pero ello puede también incluir el espacio para la carga especializada contenida en containers, para carga a granel -- seca y liquida, y hasta para articulos de consumo especiales. El espacio para estacionamiento y para las industrias relacionadas con el puerto debera ser -- también ser tomado en cuenta.

La carga-general sera manejada sobre los espigones o los muelles, tanto por los dispositivos propios del barco, como por el equipo dispuesto a la orilla de los muelles, o por la combinación de ambos. Ocasionalmente el levantar carga pesada se puede realizar con una grua flotante. La carga puede ser transportada directamente desde vagones de ferrocarril o por trailers hacia y desde el -- barco, o esta puede ser temporalmente almacenada en cobertizos o en areas abiertas adyacentes a los atracaderos en donde pueda ser movida la carga por el equipo de carga y descarga que se encuentra dentro de estas areas.

Para proporcionar un espacio para la carga y descarga del cargamento, es necesario tener un patio fuera del cobertizo de un ancho adecuado, adyacente a el barco y respaldado por un almacen cubierto, conocido como "cobertizo de transito". Para algunos articulos tales como maquinaria, acero, madera, etc. un area abierta de almacenamiento puede ser suficiente, para su almacenaje temporal.

El ancho del patio fuera del cobertizo, puede variar de 30 a 70ft, dependiendo principalmente de si contara con vias de ferrocarril y con caminos para camión, así como también con gruas de portico o semiportico. A el ancho principal de 30ft se le deberan añadir 13ft para dos vias de ferrocarril y un carril para camiones, 6ft pueden ser añadidos para una grua de semiportico y 10ft para una grua de portico completo. Por lo tanto, para dos vias de ferrocarril, un carril para camiones y una grua de portico, el ancho no debera ser menor de 49 ft. La localización de las vias y el carril debera ser dentro del cobertizo -- o entre dos cobertizos que esten en un espigón, o en la parte trasera del co---

bertizo, si un muelle, permitira un patio despejado para el manejo de la carga por medio de camiones montacargas, gruas moviles o con vagones jalados por tractor.

Un cobertizo requerira de casi 90,000 ft<sup>3</sup> de area por atracadero. Esto esta basado en las dimensiones promedio de un barco de carga que transporte 6,250 -- ton. cabidas en 40ft<sup>3</sup>, de carga, el cual cuando es doblemente cargado y descargado y multiplicado por 40ft<sup>3</sup> por ton, ocupará un espacio de 500,000ft<sup>3</sup>. Un -- apilamiento de una altura de 15ft, 25% es el espacio desaprovechado entre las - paletas de apilamiento, y 50% del area en piso, es ocupada en pasillos, sumada al area total de 90,000ft<sup>3</sup> del area requerida de cobertizo por atracadero.

El espacio para bodegas de almacenaje a largo plazo debe estar proporcionado dentro del area de el puerto. La cantidad de espacio que sera proporcionado es menos determinable, que el del cobertizo, el cual tiene una relación determinada por el número de atraques. Los requerimientos para el espacio en bodega, -- diferirá en cada puerto. La observación de varios puertos, nos muestra que la cantidad de area abierta para almacenaje, varia entre 2.5 a 5.0 acres por atracadero.

En cualquier puerto grande, un area considerable es utilizada como espacio para maniobras con equipo y camiones para el manejo de la carga. Ya anteriormente ha sido explicada el area de 50% para pasillos, aparte del area para cobertizo, y que debe ser concedida para este proposito. Esta area, junto con la de - los patios alrededor de los cobertizos, la calle marginal a lo largo de la ribera para el acceso a los espigones, el cual deberá ser de 200ft de ancho y las vías de acceso al area abierta de acopio de carga, designan casi el 65 o 75% -- del area total de terreno en la ribera, como area para maniobras. El resto del terreno elevado del area en el puerto, sera servida con caminos de acceso y --- vías ferroviarias hacia las distintas instalaciones, tales como bodegas, oficinas portuarias, almacenes de carga a granel, tanques de almacenamiento, plan--- tas industriales y estacionamiento. La cantidad de area requerida para servir a estas instalaciones variara enormemente de un puerto a otro, pero emplearan - probablemente no menos del 25% del total de terreno elevado del area de el ---- puerto colocado al lado de estas instalaciones.

El container de carga es por lo general manejado y almacenado en terminales - diseñadas exclusivamente para este fin, pero algunas veces es parte de una terminal de embarque. Este tema se ampliara más adelante.

La carga seca a granel, normalmente sera transportada por transportadores localizados entre el equipo del muelle de carga y descarga de barcos y el almacen abierto, silos o depositos en tierra. Por lo general el almacenaje y el envio de la carga a granel, sera confinado a un area aislada de el puerto. Los car--

gadores o descargadores de barcos, junto con los transportadores que les sirven ocuparan un espacio de casi 60ft de ancho, adyacente a la cara de el muelle y - con una longitud mayor a la longitud de atraque del barco para que puedan ser - servidas todas las escotillas.

La cantidad de espacio requerida en la costa dependera principalmente del tipo y cantidad de material que sera manejado, pero no debe ser menor a la de un barco cargado. La cantidad de carga que sera colocada en almacenes abiertos, - puede ser tanto como 5,000,000 ton de mineral de hierro, la cual requerira de - un area de casi 75 acres, y de acuerdo a sus dimensiones sera situada algo distante tierra adentro, de el atracadero de carga. Entre este almacen abierto y el angosto atracadero, se encontrará un almacen intermedio, generalmente igual o un poco menor que la carga de un barco, con el fin de que la longitud de los -- largos transportadores, para una rapida carga del barco, pueda ser mantenida al mínimo. Estos transportadores, junto con un camino de servicio puede ocupar un area de casi 50ft de ancho. El area directamente en la parte posterior de el - atracadero de carga es frecuentemente utilizada como almacen abierto. Está es generalmente servida por una grúa de portico, y el ancho del portico puede ser hasta de 250ft.

Materiales tales como el azúcar, la alúmina y la bauxita seran almacenados en silos o tolvas y manejados por transportadores. Un promedio de area de almace-- naje puede ser del orden de 100 por 500ft o un poco más de un acre.

La carga a granel liquida o pulverizada y granos, abarcan materiales tales como petroleo, cemento y trigo, los cuales pueden ser transportados a travez de -- tuberías colocadas entre el muelle y los tanques o silos de almacenamiento. Li-- quidos tales como el petroleo, normalmente seran manejados desde los atracade-- ros tipo duque de alba o en algunos casos por lineas sumergidas desde los bar-- cos en fondeadero, lo cual significa que el espacio frente a la costa para la - carga o descarga no es tan importante en el diseño del puerto, a como si lo es para el manejo de carga-general.

Los patios para tanques de petroleo, los cuales estan aislados del area del - puerto general, pueden ocupar hasta 100 acres y estan confinados dentro de di-- ques y provistos con un sistema especial contra incendios.

Los silos para cemento y granos seran localizados en un muelle lo más angosto que sea posible y el material sera manejado neumaticamente o en el caso de gra-- nos pueden también ser movidos por elevadores con cangilones y transportadores de cangilones. Por cada atracadero de carga de 600 a 800ft habran brazos mari-- timos a lo largo de la superficie del muelle, manejados neumaticamente o por -- sistemas mecanicos, y silos o tolvas en la parte posterior con una vía ferrovia-- ria y un vagón con hoyos de vaciado a lo largo de su fondo, requiriendo un espa--

cio de casi 125ft de ancho de la superficie de el muelle. Si los granos son -- cargados o descargados en un espigón, el espigón solo necesitara el ancho suficiente para tener estabilidad y para el brazo marino de descarga y un transportador que llegue a la costa en donde estaran localizados los silos de almacenaje: Dicho espigón puede ser de 50 a 60ft de ancho.

La tendencia hoy en dia es la de proporcionar de mejores y más confortables - comodidades para los pasajeros, uniendo las instalaciones dentro de una terminal grande que atracara varios barcos a la vez. Dicha terminal podria proveer de 9 atracaderos con 3 espigones y con un almacen principal. Los dos espigones a los extremos podrian ser de 1,100 por 162ft, el espigón de enmedio de 925 por 162ft, y el almacen principal de 1,200 por 162ft. Los espigones podrian tener cinco niveles. El más bajo o a nivel de la calle podria estar dedicado a el -- almacenamiento de la carga del barco, el segundo nivel podria ser utilizado solamente por vehiculos recolectores o de descarga de pasajeros y carga, el tercer nivel podria ser para el manejo de equipaje y operaciones aduanales, el --- cuarto nivel podria contener salas de espera y el ultimo piso podria proporcionar de estacionamiento a los visitantes. En el almacen principal, el primer -- nivel podria contener oficinas, un espacio para almacenar equipo, una cafeteria y rampas de acceso; y todos los demas niveles podrian ser utilizados como estacionamiento.

Articulos especiales pueden consistir de pescado, madera, explosivos, nitratos, etc. Ellos seran manejados y almacenados tanto en areas aisladas del --- resto de el puerto o en puertos especiales, tal como un puerto pesquero, por ejemplo. Barcos que manejan estos articulos son relativamente pequeños, con calados de 20ft o menos, y las instalaciones del muelle generalmente seran embarcaderos o pequeños espigones en relativamente aguas poco profundas.

Un puerto pesquero incluye una rada protegida para la flota pesquera, muelles para la descarga del pescado y para la carga de este en grandes barcos despues de haber sido enlatados o procesados en harina de pescado, y llevado a una region tierra adentro en donde se encuentren fabricas de conservas o procesadoras de - harina de pescado, un muelle para dar servicio a la flota y servicios en general. Un puerto tipico pesquero podria tener un area de rada de 90 acres y un - area industrial en la costa de 37 acres.

La madera requiere de que exista un area en la costa tierra adentro de un tamaño adecuado para almacenamiento, la cual puede contar hasta con 50 acres. --- Para evitar de congestionamientos en el patio fuera del cobertizo en la carga y descarga del barco, la madera puede ser manejada por embarcaciones ligeras o -- barcasas y el area de almacenaje en la costa tierra adentro puede, por lo tanto estar algo distante alejada de el atracadero del barco.

Los nitratos seran manejados en sacos, y los explosivos en cajas de madera; y un espacio muy pequeño de terreno en la costa es requerido, como estos artículos son traídos directamente al muelle y cargados en el barco, así es como -- ellos llegan.

Un puerto por lo general asigna el terreno para las industrias, el cual puede colindar en la ribera y tienen sus propios muelles, o puede estar cerca a los -- muelles generales y ahí manejar sus productos. Las industrias que se han asentado en parte en las areas principales del puerto, comprenden refineries de petróleo, plantas petroquímicas, plantas químicas de fertilizantes, refineries de azúcar, fabricas de harina y plantas de productos químicos. Todas estas requieren de la importación y/o exportación de grandes cantidades de materiales a granel, y el envío por mar es indispensable. La cantidad de terreno a ser establecida a un lado para este proposito variará enormemente, pero cuando sea disponible debe abarcar varios cientos de acres, como esta es una fuente de futuros ingresos y un medio de promoción para el desarrollo del puerto.

Un espacio considerable en o muy cerca a la ribera debe ser proporcionado en terminales de pasajeros para estacionar los carros de los viajeros o los visitantes. Ya que el espacio en la costa es valioso y frecuentemente limitado, -- recientes proyectos se han realizado para la construcción de espigones de cobertizo de varios niveles y almacenes principales con azoteas que sirvan como garage de estacionamiento. Las oficinas portuarias requeriran de un espacio para estacionamiento adyacente a estas, pero este no debe representar un problema, -- como el edificio esta generalmente localizado terreno adentro de la ribera en -- donde se puede disponer de más espacio. Los espigones de manejo de carga, las bodegas, y las industrias relacionadas con el puerto necesitaran de un espacio de estacionamiento para los vehiculos de sus trabajadores y los visitantes. En un puerto grande, en donde el espacio en la ribera es limitado, un area general de estacionamiento puede ser situada tierra adentro y un servicio de autobus -- conducira a las distintas instalaciones.

DIMENSIONES Y FORMA DE LA RADA Y LA DARSENA DE MANIOBRAS. El número y dimensión de los barcos que haran uso de la rada determinara su dimensión a una gran extensión, pero las condiciones existentes del sitio también tendran una importante influencia. Generalmente hablando, a menos que la rada sea natural, su -- dimensión sera mantenida tan pequeña como permita dar seguridad y un razonablemente confort en las operaciones hechas en el lugar. El uso de remolcadores -- que asistan en las maniobras de los barcos que esten atracados puede también -- influir en el tamaño de la rada. De la sección anterior, Requerimientos en -- tierra para el Desarrollo del Puerto, notamos que el area mínima de rada es el espacio requerido para los muelles más la darsena de maniobras en frente de --



ellos, y en algunos lugares, en donde el barco tiene que ser virado por remolques, esto alrededor del extremo final del espigón o de la guirnalda de giro, la rada puede estar más allá del área restringida. Por ejemplo, una rada con un solo espigón y darsena de maniobras y un largo canal de acceso desde el mar --- abierto, como se muestra en la fig. 3.1, requerira la mínima cantidad de espacio y podrá dar acomodo a dos barcos de 500ft. Esta rada artificial esta formada por el dragado del canal que desde su inicio hasta su otro extremo es de poca profundidad, protegida por arrecifes e islas a los extremos de la costa y alargada en su interior hacia el extremo opuesto a la orilla para proporcionar el area mínima de rada la cual se adecuara a los requerimientos de embarque especificados por el proyecto. Durante la partida del barco de su atraque, debera ser remolcado por si mismo alrededor del extremo del espigón, para que no tenga que retroceder atraves del largo canal de acceso.

La fig. 3.2 nos muestra un segundo tipo de area de rada restringida. Aqui los vientos reinantes y las olas estan en una sola dirección y absolutamente el agua es detenida en la rada por una escollera curva paralela y conectada a la costa por uno de sus extremos. A causa del rapido incremento de la profundidad del agua a los extremos de la costa, es necesario restringir el ancho de la rada y utilizar una escollera como espigón o muelle que acomode dos barcos de 600 ft con guirnaldas de giro.

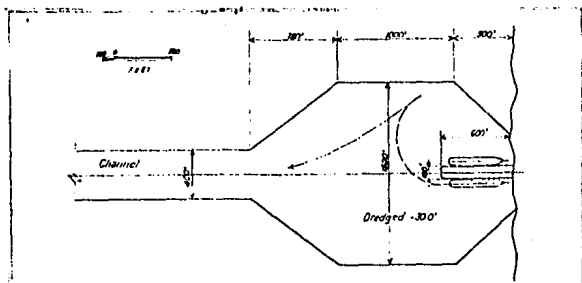


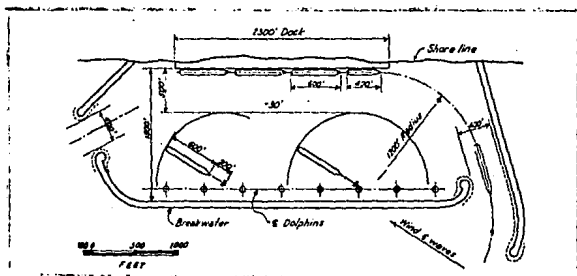
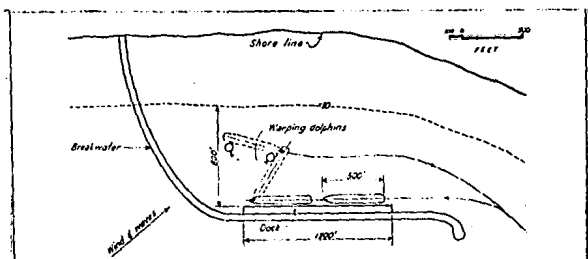
FIG. 3.1

Un tipo de rada menos restringida es larga y angosta con una entrada en uno de sus extremos y una salida en el extremo opuesto, como se muestra en la fig. 3.3. El atracadero permite dar acomodo a tres barcos de 600ft y a uno más de 400ft, a lo largo de un muelle de 2,500ft. Los 1,500ft de ancho de la rada esta adecuado para que dos barcos puedan fondear en esperar de su turno al muelle.

Otra rada menos restringida es la más o el tipo de rada menos cuadrada, protegida con dos escolleras en forma de brazos, con una abertura, varios muelles, y una darsena de maniobras grande que tiene un area suficiente como para inscribir un viraje circular con un radio igual a dos veces la eslora del barco más grande. La fig. 3.4 nos muestra dicha rada. Sin embargo, hay aún un pequeño espacio para que puedan fondear los barcos que esperan su turno al muelle o para refugiarse de las tormentas, sin que interfiera con el tráfico hacia y desde los muelles. El mínimo tamaño de la darsena de maniobras es una con un radio igual a la eslora del barco, pero esto requiere de un cuidadoso manejo en las maniobras de giro del barco.

Cuando el area adyacente a la costa es de poca altura y requiere de relleno para elevar su nivel sobre el nivel de la marea alta, con el fin de que está no sea inundada cuando la pleamar sea extrema o por las olas durante una tormenta, y la existencia de tierra vegetal podría proporcionar un adecuado relleno, esto puede ser encontrado apropiado para localizar a la rada integramente en la parte posterior de la linea costera. La economia de hacer esto dependera principalmente de la longitud y la profundidad del canal el cual debe ser dragado hasta llegar a la linea costera y del grado de area frente a la costa que este expuesto a la severa acción de las olas. Esto puede no ser un problema si la rada esta protegida del lado de una isla, o si hay arrecifes proximos a la costa, lo cual puede frenar la fuerza de las olas. Si el frente de la costa esta expuesto en menor grado, un corto rompeolas fuera de la costa a lo largo de uno de los lados a la entrada del canal puede proporcionar suficiente protección, o si la exposición es más severa, una escollera más grande y curva puede ser requerida para la adecuada protección de la entrada. Esto puede necesitar de que una curva o doblez sean hechos en el canal de acceso. La fig. 3.6 nos muestra una rada en su etapa de construcción, cuando esta siendo dragada. Una de las ventajas de dicha rada es que puede ser expandida en un futuro dado, sin tener que incurrir al costo adicional de escolleras. La localización inicial de las areas de relleno provisionales debiera ser hecha para su expansión futura.

La fig. 3.7 es una de las radas naturales más excelentes, en donde los barcos trasatlanticos pueden solicitar refugio en tiempo de tormenta. La fig. 3.8 nos muestra una rada artificial suficientemente grande para proveer de espacio para atraque para 14 trasatlanticos y un cierto número de pequeños barcos costeros,



**ACUSE DE RECIBIDO DE EJEMPLARES DE TESIS EN LA BIBLIOTECA CENTRAL**

NOMBRE DEL ALUMNO:

MARIO RESENDIZ ALPIZAR

NOMBRE DE LA TESIS O SEMINARIO

SISTEMA PORTUARIO

ACUSE DE RECIBO  
SELLO Y FIRMA DE  
LA BIBLIOTECA

ESCUELA O UNIVERSIDAD

CARRERA

UNIVERSIDAD LA SALLE

INGENIERIA CIVIL

FECHA

DIA

MES

AÑO

15

octubre

1986

- \* Favor de llenar por triplicado con letra de molde
- \* Entregar dos ejemplares de la tesis en la biblioteca central-UNAM
- \* Exigir que le sellen y le firmen las dos copias

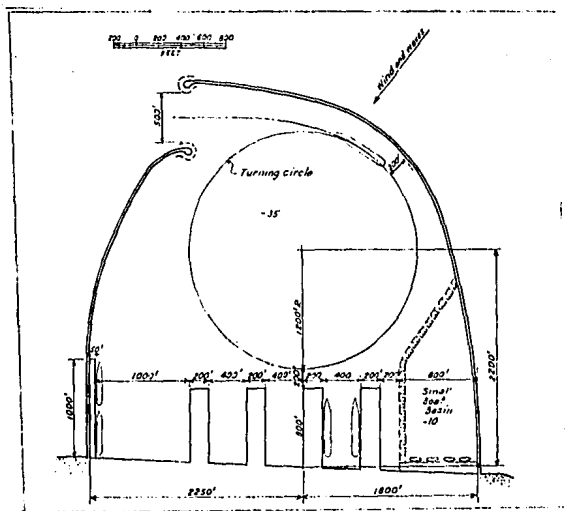


FIG. 3.4

una darsena de maniobras, y un espacio adicional para los barcos de menor calado para fondear y protegerse de las tormentas o para esperar su turno al muelle. El area de la rada abarca casi una y media millas cuadradas. La relativamente poca profundidad del agua permite la construcción de escolleras de protección, lo cual proporciona un area para fondeadero para barcos costeros y reforzado -- por el dragado, un area linitada dentro de la rada, capaz de permitir que el ---

puerto también pueda ser usado por barcos trasatlánticos. Es importante tener en mente que estos grandes barcos generalmente pueden enfrentar una tormenta lo que normalmente podría ser requerido por barcos costeros al buscar protección, y por lo tanto, esto no es tan importante de proporcionar un fondeadero en aguas profundas como dentro de la rada, en lo que respecta a los barcos más pequeños.

Lo anterior fueron típicos ejemplos de radas ya diseñadas, pero cada rada debe ser estudiada de acuerdo a las condiciones existentes y a los requerimientos específicos para cada proyecto en particular.



Fig. 3.6

**TIPO, UBICACION, Y ALTURA DE LAS ESCOLLERAS.** Las escolleras son requeridas para la protección de radas artificiales o seminaturales. Su ubicación y extensión dependiera principalmente de la dirección de las olas máximas, de la configuración de la línea costera y del tamaño mínimo de la rada requerido para el tráfico anticipado en el puerto. Ellas pueden consistir de dos brazos que se extienden hacia fuera de la costa, mas una sola escollera, más o menos paralela a la costa, con lo cual se provee de dos aberturas a la rada, como se muestra en la fig. 3.3, o con una abertura cuando esta conectada a uno de los brazos que generalmente da como resultado un alineamiento curvo, como se indica en la fig. 3.2; o la rada puede estar protegida con un solo brazo que salga fuera de la costa; o esta puede ser protegida por dos brazos que converjan cerca de sus extremos fuera de la costa y se traslapen para formar una entrada protegida hacia la rada, tal como se muestra en la fig. 3.4. La selección de la colocación más adecuada dependiera principalmente de la dirección de las máximas olas, y de su efectividad en la rada calmada puede ser checado por modelos de prueba.

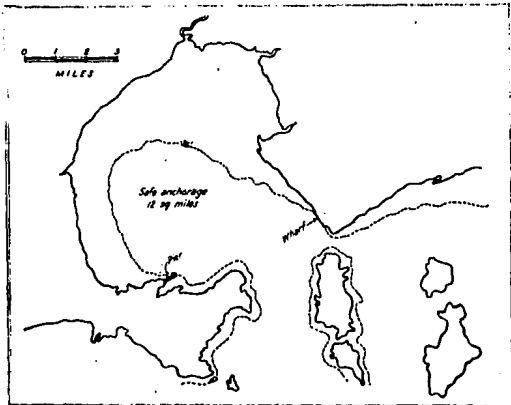


FIG. 3.7

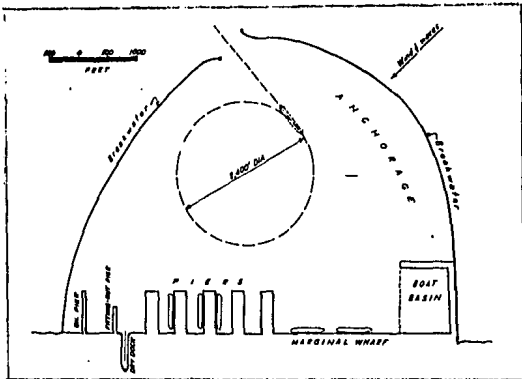


FIG. 3.8

Raramente, puede una ubicación ser encontrada en donde las olas son de una -- sola dirección, y generalmente esta puede ser la mejor en una rada que tenga -- dos aberturas para los barcos, una de entrada en la dirección del mínimo viento y olas, y la otra de salida hacia la dirección del máximo viento y olas. Esto -- es por que en principio la salida de la rada del barco generalmente tiene la -- libertad de mar abierto en el cual puede maniobrar, puesto que en la entrada a la rada, esta está inmediatamente en un área restringida y el acceso a los muelles debe ser a una reducida velocidad y con una cierta inclinación a su cara.

Una escollera de un solo ramal puede ser usada en donde las olas predominan -- en una sola dirección, o en donde la configuración de la línea costera puede -- reducir la longitud expuesta a la acción del viento en la dirección opuesta a -- una extensión en que el área que se generan las olas no es lo suficiente para -- permitir la formación de olas molestas dentro de la rada.

UBICACION Y ANCHO DE LA ENTRADA A LA RADA. A fin de reducir las olas altas -- dentro de la rada, las entradas no deben ser más anchas de lo necesario, que --- proporcione una navegación segura y que evite las corrientes peligrosas cuando la marea esta entrando y saliendo. El ancho de la entrada debe ser en propor-- ción del tamaño de la rada y de los barcos que la usaran. En general los si--- guientes anchos son encontrados satisfactorios: pequeñas radas, 300ft; radas me-- dianas, 400 a 500ft; y radas grandes, 500 a 800ft. Cuando la entrada esta en-- tre escolleras con pendiente en sus caras, el ancho es medido en la rada reque-- rida o canal, bajo el fondo de marea baja, la entrada es apreciablemente más an-- cha que dichas cifras cuando es medida al nivel de la marea baja. Por ejemplo, si el ancho requerido en la entrada es de 500ft y la entrada esta entre dos es-- colleras que tienen una pendiente de 1:3, entonces para una rada con una pro--- fundidad de 30ft el ancho al nivel de la marea baja podría ser de 680ft. En -- tal caso es aconsejable marcar la profundidad total de la rada a la entrada por medio de boyas, una o más que esten colocadas en cada lado a la entrada del -- canal.

La entrada debiera estar del lado del sotavento de la rada, en donde sea posi-- ble; si esta debe ser colocada en el extremo del barlovento de la rada las esco-- lleras deberan recubrirse con el proposito de que los barcos que tengan que pa-- sar atraves de la restringida entrada y estar libres para virar con el viento -- antes de que este golpee de costado por las olas. De esta manera el interior -- de la rada estara protegido de las olas. Esto es generalmente imposible, sin -- embargo, excepto por los grandes sacrificios que tiene que hacer un barco en -- sus maniobras, la rada queda protegida de los efectos de las olas.

Cuando la entrada a la rada esta despejada, o sea sin obstaculos, las olas -- del mar provocadas por las tormentas, pasaran atraves de la abertura hacia el



interior de la rada, y a menos que ellas sean reflejadas por una superficie vertical ellas decreseran gradualmente de altura como ellas se desarrollan a lo lejos de la entrada y como la rada se ensancha con respecto al ancho de la entrada.

En radas de grandes mareas en donde hay fuertes corrientes, el ancho de la entrada debiera ser suficiente para evitar que por la velocidad de la corriente corra esta a través de la abertura en marea menguante que exceda 4 ft/sec; de lo contrario esto puede afectar la navegación de los barcos y posiblemente crear socavación en la base adyacente a la escollera.

Si las olas pasan a través de la entrada y golpean una superficie vertical del lado opuesto de la rada ellas se reflejaran, lo cual incrementara la altura de las olas dentro de la rada. Esto puede ser corregido con la construcción de orillas de absorción de olas, las cuales son taludes completamente de roca o de material granular colocado en frente de la superficie vertical. Sin embargo, cuando esta superficie vertical es un muelle o un malecon usado para el atraque de los barcos, es imposible usar una orilla. Otro medio puede ser el recurrir a la instalación de cortos deflectores de olas, tales como muros escalonados o trampas de onda a lo largo del canal de acceso hasta el muelle.

Cuando la entrada esta formada o ahondada por dragado, y en donde el fondo es de arena fina o sedimentos, el efecto de la saliente de las escolleras en el litoral por las corrientes necesitará ser cuidadosamente checado, como la saliente de la escollera puede actuar como un arista de encuentro, tendiendo a provocar la acumulación de arena a la entrada de la rada, a menos que las corrientes marinas sean suficientes para dispersar el material que esta depositado. Si este no es el caso, sera necesario mantener un continuo dragado, si es requerido para conservar la entrada y la rada a la profundidad requerida para la navegación. Algunas veces la entrada y la parte externa de la rada o del canal son dragados varios pies más de profundidad que lo requerido, a fin de proveer de un espacio para la depositación de material así como para limitar el constante dragado a solo cada dos o tres veces al año o más.

**PROFUNDIDAD DEL CANAL DE ACCESO Y DE LA RADA.** Para que las condiciones de operación sean las ideales, el agua en el canal de acceso, en la entrada, y en la rada debiera tener suficiente profundidad para permitir la navegación aun cuando se presente el nivel más bajo de agua y cuando el barco este completamente cargado. Esta profundidad debiera incluir una tolerancia para el oleaje de el barco, la cual es de casi una y media veces la altura de la ola, al iniciar su marcha el barco, y de 2 a 4ft abajo del espacio libre de la quilla, la cifra más grande es usada cuando el fondo es de material duro tal como la roca. En un fondo muy blando de limo la quilla puede en ocasiones tocar el fondo, de-

bido al oleaje y al asentamiento, pero sin hacerle daño alguno al barco, lo que si sería desastroso, es que el barco este cargado a su capacidad maxima y chocara en el fondo con una roca dura. Por eso una tolerancia más grande debe ser hecha en el fondo cuando el lecho es duro y la rada y el canal de acceso, o el acceso a las vias marítimas deben ser recorridos cuidadosamente para asegurarse de que no hay obstaculos, tales como arrecifes o cimas rocosas, pedruzcos o barcos hundidos, superior a la profundidad requerida para una segura navegación. Puesto que un buen diseño esta basado en la altura maxima de la ola en la rada de no más de 2ft, dejando 1 ft para la orientación de el barco, la mínima profundidad de la rada debajo del nivel mínimo de marea baja convendra que sea el calado del barco cargado más 4ft, cuando el lecho es blando, o de más de 6ft cuando el lecho es roca. La cantidad y profundidad promedio en cualquier rada debera estar basada en un estudio de todas las condiciones, incluyendo la altura de las olas, que es determinada por modelos de ensayo. Ya que la excavación en roca es muy costosa aun más, si esta se presenta arriba de la profundidad requerida en la rada, es importante para el proyectista examinar cuidadosamente las necesidades para obtener la profundidad completa en la rada. En algunas -- radas comerciales los barcos llegan sin carga y parten cargados, como, por ejemplo, una terminal de embarque de mineral de hierro. Si hay canales separados para entrar y salir de la rada, la profundidad en la entrada puede ser algo reducida. Además esta puede ser suficiente para excavar hasta la profundidad total solo a lo largo de los muelles y esperar por la pleamar para los barcos --- cargados que partan del puerto, con lo cual se logra una profundidad reducida en el resto de la rada.

Algunas soluciones para el problema de la profundidad en la rada se dan a continuación:

1. El uso de líneas submarinas y un fondeadero proximo a la costa en aguas de suficiente profundidad para la segura navegación de los super y gigantes --- barcos petroleros.
2. El transportar parte de la carga en barcos más pequeños en aguas profundas, así como reducir el calado debajo de los 40ft el cual por lo general permite a un barco seguir adelante hasta llegar al puerto.
3. La construcción de una terminal especial de descarga en aguas profundas.
4. Aumentar la profundidad de la rada y del canal de acceso, a la ya existente, en aquellos casos que sea posible.

Las mareas tienen una influencia muy importante en la profundidad de la rada. En la mayoría de los casos existe una gran fluctuación en el nivel del agua, lo cual a dado como resultado, el empleo de la darsena de flote que permite el acodo de los barcos, de tal forma que estos puedan quedar a flote en todas las -

etapas de las mareas. Estos sistemas de muelle, requiere a la entrada, de esclusas con compuertas macizas, con puente giratorio o levadizo y con la maquinaria para operarlos, con equipo de bombeo y otros accesorios. Puesto que todo esto resulta de un gran costo, además de una continua operación y mantenimiento, que también resultan costosos, en algunos casos resulta incosteable. Generalmente entre los 10 a 15ft es considerado como el punto de partida. Esto por supuesto dependera del costo de dragado y del area disponible para las instalaciones de la terminal maritima. Mientras que la darsena de flote tiene ciertas ventajas en cuanto a que se eliminan las corrientes marinas y la necesidad de sogas corredizas de amarre del barco, esta tiene la desventaja de que se restringen las salidas de los barcos, algunas veces por varias horas, hasta que sube la marea.

**NUMERO, UBICACION, Y TIPO DE MUELLES.** Los servicios de muelle varian ampliamente de un puerto a otro. Ellos pueden consistir desde un espigón sencillo -- hasta mil espigones. El número de atraques dependera del número anticipado de barcos que usaran el puerto y del tiempo que les tomará descargar y recibir a bordo el cargamento o los pasajeros. Este variará para las diferentes clases de carga, pero en promedio un barco no estara en el puerto más de 48 hrs., y -- muchos barcos de carga a granel son cargados en 24 hrs. o menos.

La selección del tipo de muelle y el material empleado para su construcción -- dependera de un cierto número de factores, tales como:

Requerimientos especiales o práctica de procedimientos de construcción locales: Tal puede ser el caso de que en algunos lugares predominen los muelles de mamposteria y concreto, mientras que en otros sitios sean relativamente más ligeros, concistiendo de estructuras formadas por pilotes y una losa reticulada.

Condiciones del sitio: ESpecialmente las condiciones del lecho donde se asentaran las cimentaciones de las diferentes estructuras y la corrosividad del agua.

Disponibilidad de materiales: Madera, acero, concreto, roca, etc.

Durabilidad de la construcción: Si bien los puertos municipales son considerados por lo general de montajes permanentes, muchos puertos comerciales son -- construidos para ser utilizados solo por un periodo limitado de tiempo.

Economia en la construcción: Varias alternativas en el tipo de muelles, que emplean diferentes clases de materiales, pueden requerir ser estudiadas para determinar la construcción más economica.

Dimensión y peso de los barcos que haran uso del puerto: Los más grandes y pesados barco hoy en día limitan, en muchos casos, el uso de construcciones de -- madera. Además los barcos de mayor calado, requieren de una profundidad de agua a lo largo del muelle hasta de 50ft, puede excluirse el uso de malecones de tablaestaca o muelles.

Metodo de construcción: Este puede ejercer una importante influencia en el tipo de construcción seleccionado finalmente. Los macizos muros de muelle requieren de enormes gruas flotantes para levantar la pesada mampostería o los blocks de concreto. Las condiciones del agua pueden ser tan adversas que el equipo flotante marítimo no pueda ser utilizado en el lugar, que necesite la construcción, ser realizada por métodos más avanzados.

El dragado puede no ser hecho si no hasta después de haber sido construidos los muelles. Como una regla general, esto puede evitar el uso de pilotes y de construcción tipo espigón descubierto, ya que esto puede dificultar la remoción del material que se encuentra debajo del muelle para dar un talud seguro después de que el dragado ha sido completado.

El tiempo del programa de construcción puede controlar, ya que algunos procedimientos de construcción son más rápidos que otros. El tiempo de movilización para ciertos tipos de equipo y los largos tiempos de entrega de algunos materiales tendrá su influencia en el tipo de construcción adoptada.

Los muelles y los espigones deberán ser situados en la parte más protegida de la rada o a lo largo del lado del sotavento de las escolleras. En donde sea posible, el espigón deberá ser orientado de tal forma, a fin de tener el barco de costado, dirigido tan cerca de el viento y las olas como sea posible. Esto es particularmente importante si la rada no está bien protegida.

INSTALACIONES EN LA COSTA PARA LA TERMINAL MARITIMA. Las instalaciones de la terminal marítima en la costa pueden consistir de una o más de las siguientes dependiendo del tamaño de el puerto y de los servicios que este presta.

Los cobertizos o galpónes de paso están colocados inmediatamente atrás de el patio de tránsito en el espigón o muelle. Su función es la de almacenar por un periodo corto de tiempo el cargamento que aguarda ser embarcado o distribuido después de haber sido descargado de los barcos.

Las bodegas o almacenes pueden reemplazar a los cobertizos en algunas terminales marítimas, pero cuando son empleados para reforzar a estos, ellos son generalmente ubicados tierra adentro y no sobre la estructura de un espigón. Un buen diseño sitúa a las bodegas a lo largo de los muelles o malecones, a una distancia corta atrás de los cobertizos, las dos estructuras están separadas por una distancia suficiente que les permita dar acomodo a los camiones o a los vagones de ferrocarril en plataformas de carga. Las bodegas proporcionan tanto almacenaje por corto tiempo como a largo plazo, y su uso puede ser para el almacenamiento de carga-general, para mercancías en depósito sujetas a derechos de aduana, o para artículos que requieran de frigoríficos.

Las instalaciones para el manejo y almacenamiento de containers incluyen la clasificación y el reempaquetamiento en barracas para transbordar la carga.

El almacenamiento de carga a granel puede ser en montones al descubierto sobre tuneles transportadores, los cuales pueden ser protegidos con galpones ---- cuando la protección de los elementos es requerida; en tolvas o silos o en elevadores, son los medios más comunes para el almacenamiento de granos; o en tanques de almacenaje, si la carga es líquida. Estos pueden ser colocados tan cerca como sea posible a la ribera, y en algunas veces directamente a lo largo del muelle o del espigón, para permitir la carga directa a la bodega de el barco. Sin embargo, en donde el terreno adyacente a la rada no es apropiado o el área es inadecuada, las instalaciones para los almacenes de carga a granel pueden -- ser colocadas a una distancia algo alejada, y el material ha de ser transportado de los barcos por transportadores o tuberías, como se describirá más adelante.

El edificio de la terminal puede albergar al personal administrativo del ---- puerto y a los oficiales de aduana si una aduana no es proporcionada aparte. -- Este debe ser ubicado en una prominente y conveniente posición con respecto a -- los muelles.

Los puestos de vigilancia son situados en puntos estratégicos en el área del puerto, a la entrada de caminos de carretera y de ferrocarril, en las entradas a los espigones o en terminales aéreas, en almacenes aduanales, etc.

Los almacenes de estivadores pueden albergar los dispositivos para el manejo de la carga, regaderas y cuartos con casilleros en donde los estivadores guarden sus objetos personales, y otros servicios para los estivadores.

Las obras diversas y estructuras pueden consistir de un departamento de bomberos y equipo contra incendios, planta de luz, talleres mecánicos, diques de - carena, vías de carena, espigones pesqueros, o arsenas para yates.

El área comprendida por un puerto o que esta dentro de su jurisdicción variara con la naturaleza y tonelaje de la carga a ser manejada y con los servicios a - ser proporcionados en el puerto. El área puede variar de menos de 1 a más de - 1,400 millas cuadradas.

### 3.5 INVESTIGACION DE EL LUGAR

Después de que el anteproyecto o estudio preliminar de el puerto ha sido completado y antes de empezar el proyecto definitivo, será necesario, en la mayoría - de los casos, obtener información adicional del sitio. No solo esto es necesario para llegar a un proyecto completo y económico para el puerto, que incluye una estimación de el costo bastante exacta, pero los contratistas que estarán - obligados a presentar sus propuestas para el -

condiciones del subsuelo y otras condiciones que afecten su trabajo.

Las investigaciones del sitio generalmente consistiran de los siguientes detalles de trabajo: (1) un levantamiento hidrografico del area de la rada y del canal, que incluye el rastreo de el fondo, si es requerido, (2) un levantamiento topografico del area de la terminal maritima en la costa, (3) la investigación del suelo por medio de perforaciones de reconocimiento y/o de sondeos en el agua, y de sondeos y/o pozos de exploración en tierra, reforzado por pruebas y analisis del suelo, si es requerido, (4) observaciones de la marea y las corrientes, (5) obtención de la información del viento, olas y sismos si en el area de un sismografo se registran disturbios, la disponibilidad y costo de los materiales y mano de obra especializada, la disponibilidad de alojamiento, y las leyes locales y el reglamento de construcción.

**LEVANTAMIENTO HIDROGRAFICO.** Este es hecho para determinar las elevaciones de el fondo de la masa del agua y debiera extenderse a un area un poco más grande que la propuesta para el canal y la rada. En suma, este debiera ubicar la franja costera por la marea baja y la marea alta y todas las estructuras u obstaculos en el agua y a lo largo de la costa, tales como barcos hundidos, arrecifes, o grandes rocas. Algunas veces sera conveniente tener un buzo que examine el estado del fondo, determinando el tamaño de los pedruzcos o rocas, de los barcos hundidos, etc., a lo cual se requerirá sean removidos si estan apoyados en el fondo, en donde arriba de ellos o a corta distancia se encontrará el area requerida para la rada. Asi es que todas las perforaciones y sondeos de reconocimiento deberan ser bien determinados.

Puesto que, tanto los levantamientos hidrograficos como topograficos son generalmente requeridos, una sola linea basica es la que regirá, la cual consiste de una serie de trazos de conexión que son de longitudes y rumbos determinados, esta ubicada sobre la costa para poder realizar tanto los sondeos como los detalles de la costa. Las intersecciones de los trazos deberan ser acotadas a fin de que ellas no se pierdan y puedan ser usadas posteriormente cuando el puerto es construido. Para el control vertical, uno o más bancos de nivel deberan ser establecidos cerca de la franja costera para que un mareografo pueda ser colocado muy cerca.

La determinación del relieve del fondo de la masa de agua es hecho por medio de sondeos o con el uso de una sonda diseñada para levantamientos hidrograficos. Este metodo esta siendo usado para el levantamiento de la costa y geodesico y ha reemplazado a los sondeos con sondaleza para una extensión grande. Las colocaciones de los sondeos estan determinadas por uno de los siguientes metodos:

1. Realizar los sondeos en una extensión de trazo conocida y hacer la lectura de un angulo desde un punto determinado en la costa.

2. Realizar los sondeos desde una embarcación y hacer la lectura de dos ángulos simultáneamente desde dos puntos determinados en la costa.

3. Hacer la lectura de dos ángulos desde una embarcación hacia tres puntos determinados en la costa, por medio de un sextante.

4. Hacer la lectura en un sentido y a un ángulo vertical simultáneamente desde un punto elevado en la costa.

5. Realizar los sondeos con una distancia conocida a lo largo de un cable -- calibrado extendido entre una estación en la costa y una estación determinada -- en el agua, en una extensión de trazo establecida.

Una sonda o instrumento medidor de profundidad es por lo general instalado en una lancha de motor que es mantenida dentro de una extensión de trazo ya establecida, ya que el registro en la carta hidrográfica genera una horizontal, un perfil natural de el fondo marino. La sonda, es diseñada para realizar levantamientos hidrográficos, cuando es manejada por personal experimentado y es --- ajustada correctamente y calibrada diariamente, es considerada hoy día superior a los sondeos con sondaleza, tanto por su exactitud como por la velocidad con -- que el levantamiento puede ser realizado. La exactitud es definitivamente superior en donde las corrientes tienen la altura suficiente como para afectar a la sondaleza y provocar desviaciones importantes en el registro vertical; los -- errores de manejo en la lectura de las profundidades son eliminados; y en donde el fondo es muy blando la sonda nos da una mayor exactitud en la profundidad indicada, ya que el peso de la sonda puede penetrar la capa blanda del fondo hasta cierta profundidad desconocida que no puede ser detectada por el observador.

La profundidad de el sondeo es referida al nivel de agua en el momento que es hecha, y posteriormente es corregido el dato del nivel del agua por medio de un graficador de mareas o de una tabla de mareas. Por lo tanto, es importante --- guardar un registro de la hora y el día en que son realizados los sondeos. ---- Cuando el mareógrafo no tiene un dispositivo autoregistrador, las frecuentes -- lecturas tendran que ser tomadas durante todo el levantamiento. Los sondeos, -- en donde son trazados en el plano, estan por lo general referidos a la marea -- baja como nivel de comparación.

Los sondeos deberan ser hechos a intervalos de aproximadamente 25ft a lo largo de líneas espaciadas desde 50 a 100ft de centro a centro, dependiendo de la irregularidad de el fondo. El espaciamiento más estrecho puede ser requerido -- en donde es necesario tener mayor detalle para determinar los cambios de elevación en el perfil de el fondo o para detallar el contorno de los obstaculos.

Los sondeos son trazados en un plano generalmente referido tanto a un mapa -- hidrografico que debere mostrar el nivel de comparación, las líneas de marca -- alta y baja, las curvas de nivel de igual profundidad interpoladas de los --

sondeos como a la principal fisionomía del terreno y del mar. Las profundidades del perfil pueden estar dadas en pies, metros o brazas, aunque esta última no es usada generalmente para hacer los trazos y los estudios de la rada o la terminal marítima. Puesto que el fondo del mar es por lo general menos escarpado y los taludes son más suaves y uniformes que aquellos en tierra, la escala de la carta hidrográfica puede ser un poco más pequeña que la que podrá ser normalmente usada para hacer el trazo de la topografía en tierra. A menos que el área de la rada sea muy grande, una escala de 1 in = 200 ft o 1:2,000, o una proporcional a esta, será una escala adecuada. Es aconsejable tener toda la hidrografía en una hoja, si es posible, ya que esto nos da una mejor imagen de la rada y sus alrededores. Sin embargo, esto puede no ser posible si la rada es muy grande, o si hay un canal de acceso largo. En general la escala debe ser lo suficientemente grande de modo que no más de diez curvas de nivel, en intervalos de 2ft, se encuentren en 1 in.

Si en la rada o en el canal es requerido el dragado, el material es por lo general medido in situ para determinar la cantidad por pagar. Para determinar esta cantidad, los sondeos en determinadas partes son realizados antes y después del dragado, y el cambio en el corte transversal es determinado por computación o por planimetro. El pago es por regla general, de los conceptos a realizar, como serían el dragado, el cual puede estipular que la remoción del material debe ser de 2ft de profundidad mayor al dragado requerido en el fondo, pero si no existe tal especificación, todo el material deberá ser removido a por lo menos la profundidad mínima especificada.

**LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.** La topografía del terreno de el área de la terminal marítima deberá ser obtenida con el fin de trazar los perfiles de el terreno con intervalos de 2 a 5ft, esta forma es usada en regiones donde el terreno es escabroso y en áreas donde hay pocas o ninguna construcción de importancia. En áreas de construcción, las elevaciones a 25ft centradas en ambas direcciones, con elevaciones adicionales tomadas de cambios bruscos en el terreno, proporcionarán información satisfactoria. Donde hay un terreno densamente cubierto bajo tierra, el método de perfil transversal será el más adecuado. Estos perfiles pueden ser hechos con un nivel y un longimetro o una estadia, en centros de casi 100ft, por veredas libres de maleza y arbustos para permitir una línea de vista sin obstáculos. El terreno entre los perfiles de 100ft deberá ser explorado, tan lejos como sea posible, y cualquier irregularidad prominente en la altura de el terreno deberá ser valuada y anotada, a fin de que los contornos que son interpolados de las elevaciones a lo largo de los perfiles, pueden ser valuadas las áreas de en medio.

Los mapas topográficos, en suma nos muestran las curvas de nivel de el terreno



no, deberan ubicar todas las perforaciones de reconocimiento y pozos de exploración, construcciones, servicios publicos y cualesquiera señales prominentes. Las curvas de nivel generalmente estan referidas a la marea alta como plano de cota cero. La escala del mapa debera ser tal que las curvas de nivel no esten espaciadas más de 30 por pulgada. En donde el detalle es notable, esto implica que la escala debera ser 1 in = 100ft o 1:1,000 o menos.

**ESTUDIOS DEL SUELO.** Para las areas de la rada y el canal, las perforaciones y los sondeos de exploración deberan ser hechos en puntos estrategicos para determinar la información sobre las condiciones del subsuelo en las ubicaciones de las escolleras, espigones, muelles, malecones, y otras estructuras maritimas.

Cuando el dragado esta implicado las perforaciones o los sondeos deberan ser realizados aproximadamente en centros de 250 a 500ft sobre el area que sera dragada.

Las perforaciones que son hechas en la ubicación de estructuras maritimas deberan ser colocadas a lo largo de lineas definidas tal como la linea central de un espigón o malecon, y en centros lo suficientemente estrechos que permitan una exactitud razonable en el perfil de los estratos del suelo que sera trazada.

La profundidad de las perforaciones dependeran de el suelo encontrado y de la profundidad a la que se encuentre la capa dura o lecho de roca. En la mayoría de sitios una penetración de 150ft debajo del nivel de marea baja se encontrará ya sea roca o suelo de apropiado valor de apoyo para soportar los pilotes o cimentaciones en cajon neumatico. Generalmente hablando, una penetración de 40ft dentro del material firme garantizara un soporte adecuado para las estructuras maritimas. Para determinar la información de el suelo que sera dragado, las perforaciones o sondeos requeriran ser llevados solo hasta una profundidad de 2 ft debajo del fondo de dragado, pero si es encontrada roca sobre este nivel una o más de las perforaciones deberan ser barrenadas hasta una profundidad de 5ft debajo del fondo de dragado y recobrar el testigo de perforación tanto como sea posible para determinar la caracteristica de la roca, ya que esta tendra una influencia en el costo de su remoción. Para determinar la elevación de el vertice de la roca, los sondeos a chorro pueden ser usados in situ de las perforaciones, ya que estos son más rapidos y baratos de ejecución.

Excepto para el suelo debajo de las escolleras, la carga adicional obligada en espigones abiertos y otras estructuras maritimas similares en el suelo subyacente no es grande. Por lo tanto, el testigo seco obtenido de las perforaciones con inyección de agua hecho con tubo de ademe de 2 1/2 in proporcionará generalmente una información adecuada. Sin embargo, en algunos sitios en donde el suelo es plastico, sera conveniente tomar muestras inalteradas del suelo de las

perforaciones y hacer ensayos del suelo para determinar las profundidades a las que los pilotes o cilindros deberan ser hincados. También, en donde hay una -- apreciable carga adicional en el suelo plastico subyacente, tal como seria en -- el suelo debajo de las escolleras o de un muelle de gravedad y en muros de muelle, o en donde los malecones de tablaestaca o los muros de muelle deben ser -- diseñados para soportar las presiones laterales de el relleno y la sobrecarga -- en los de atras, sera conveniente hacer pruebas con muestras de suelo inalterado, para determinar su resistencia al corte y el coeficiente de consolidación -- de el suelo.

Para hacer las perforaciones y los sondeos de exploración sobre el agua, sera necesario tener lanchón de cubierta plana o pontón sobre el cual se apoyaran el equipo de perforación. La cantidad y tipo de equipo dependera de la informa--- ción que se desee obtener.

**OBSERVACIONES DE LA CORRIENTE.** Cuando las investigaciones del sitio estan -- enfocadas hacia la construcción de un posible puerto o rada, es por lo general conveniente obtener la información concerniente a la dirección más frecuente y a la velocidad de las corrientes en el area. Por medio de un dispositivo especial se realizan dichas observaciones, dicho instrumento es conocido como "au--- perficie flotante de emisión". En las observaciones de la corriente es usual -- emplear una linea de base o líneas sobre la costa, con un transito colocado en cada extremo. El instrumento es entonces dejado en el agua más alla del area -- de las escolleras y libre de moverse en dirección de la corriente. Los encar-- gados del manejo del transito deberan alinearse con respecto al poste del ins-- trumento, en detrimnados intervalos de tiempo, y el curso y velocidad de este -- seran obtenidos por medio del trazo de dichas observaciones. Por lo general -- una docena o más de estas pruebas son realizadas durante el flujo y reflujó de la marea. Estas pruebas, forzosamente deberan ser realizadas durante periodos de relativa calma. Si las observaciones son cuidadosamente hechas, los resul-- tados nos daran una muy buena idea de cual es la diercción principal y la velo-- cidad de las corrientes en el area que es investigada.

**OBSERVACIONES DE LA MAREA.** En algunos sitios puede haber establecidas esta-- ciones de registro de mareas y tablas de mareas pueden estar disponibles. Pero para aquellos sitios en donde esta información no esta disponible sera necesaa-- rio instalar un mareografo a fin de determinar los niveles medios de la marea -- alta y la marea baja y establecer un nivel de comparación que sirva de referen-- cia al nivel del agua en el momento en que se realicen los sondeos.

El mareografo, en su forma más sencilla, consiste de un poste vertical, hin-- cado hacia el interior de la orilla debajo del nivel más bajo de la marea baja, y graduado en pies o en metros. Donde hay un rango de variación de marea muy --

amplio, más de un mareografo puede ser requerido, colocados transversalmente a la orilla en niveles ascendentes, a fin de cubrir la variación completa de la marea.

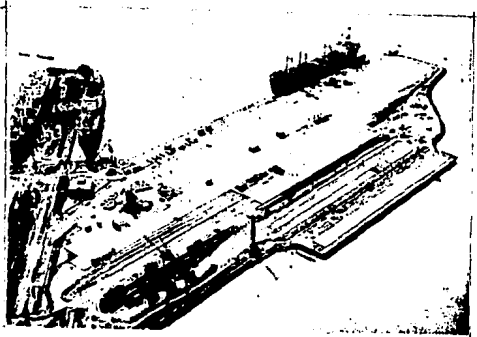
En sitios donde hay marejadas, el marcador puede consistir de una varilla, -- con un flotador en su extremo inferior y con un apuntador sobre su extremo superior, encerrado en un tubo para protegerlo de las olas. Sobre el tubo hay -- una escala graduada a lo largo de la cual el puntero la recorre, registrando -- los diferentes niveles del agua. El fondo de el tubo debera tener un pequeño -- agujero para permitir al agua buscar su verdadero nivel dentro del tubo. Dicho dispositivo para medir la marea es por lo general montado a lo largo de un es-- pigon o de un muelle.

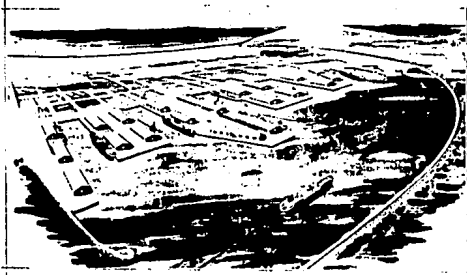
En sitios importantes en donde es conveniente tener un continuo registro de -- los niveles de la marea durante un largo periodo de tiempo, un aparato autore-- gistrador debera ser instalado.

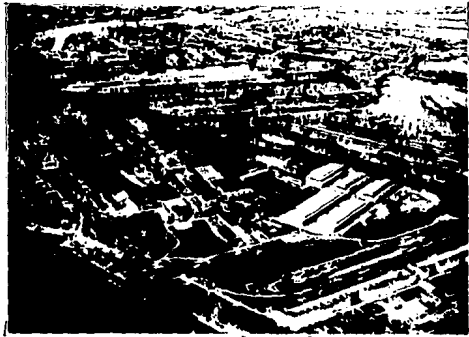
### 3.6 RADAS DE ALGUNOS PUERTOS

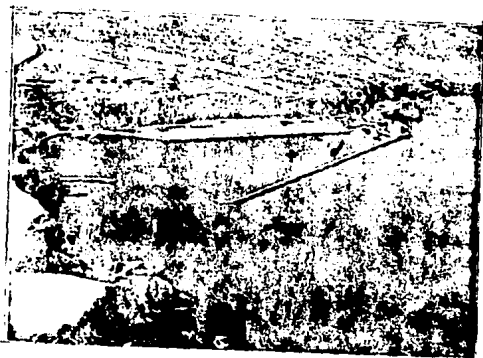
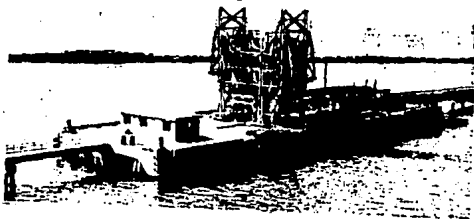














## **CAPITULO II**

### **OBRAS DE DEFENSA**

## ESCOLLERAS

## 4.1 TIPO-DE ESCOLLERAS Y FACTORES QUE DETERMINAN SU ELECCION

Una escollera es una estructura construida con el proposito de formar una rada artificial con un area de agua así protegida de el efecto de las olas del mar - a la vez que provee de una segura acomodación para los barcos. Hay dos clases de escolleras: aquellas que dan protección a las radas comerciales o a sus entradas y aquellas que resguardan un fondeadero o una rada, que sea usada por -- barcos que eluden la violencia de las tormentas o mientras estan en espera de -- recibir ordenes o de su turno hacia el muelle. Dicho fondeadero puede ser una rada exterior en donde no hay muelles.

Hay muchos tipos diferentes de escolleras las cuales han sido construidas en todas partes de el mundo. La roca natural o el concreto o una combinación de -- ambos son los materiales que constituyen el 95% o más de todas las escolleras -- construidas. El acero, la madera y hasta el aire comprimido ha servido en menor grado para romper con la fuerza de las olas del mar.

La mayoría de las escolleras funcionan solo para proporcionar protección, pero ocasionalmente cumplen un doble proposito formando parte de un espigon o que sustenten un camino.

Hay dos tipos principales de escolleras, la del tipo montículo y la del tipo muro. Las que estan comprendidas en la primera clasificación e identificadas -- más comunmente por los materiales externos de los cuales ellas son construidas son los siguientes: (1) roca natural, (2) block de concreto, (3) una combina--- ción de roca y block de concreto, (4) formas de concreto tales como tetrapodos, cuadrípodos, hexapodos, tribars, cubos modificados, dolosse, y otras. Estos -- tipos de escolleras pueden ser reforzadas en cada caso por monolitos de concreto o por murallones de defensa para romper la fuerza de las olas y para impedir el salpique y el rocío de quien pase sobre la corona de la escollera. En la -- segunda clasificación principal de escolleras hay tipos tales como: (1) muros -- de contención a gravedad de block de concreto, (2) cajones de concreto, (3) tablaestaca de celulas rellenas con roca, (4) huacales de madera rellenos con roca, y (5) tablaestaca de muros de acero o de concreto.

El tipo de escollera que sera usada es por lo general determinado por la disponibilidad de materiales en o cerca del lugar, por la profundidad del agua, -- por la condición del fondo del mar, por su función en la rada, y, por ultimo en

orden pero no en importancia, el equipo adecuado y disponible para su construcción.

Puesto que el principal propósito de la escollera es proporcionar protección a causa de las olas, observando que el entendimiento de la acción de la ola y de su fuerza es uno de los elementos más importantes en su diseño. Otro elemento importante es la característica de el fondo marino el cual debe tomar la reacción final de la fuerza de las olas en contraste con la estructura que ha sido colocada para disipar la energía de las olas. A este respecto, en vista de que la mayoría de escolleras son estructuras de gravedad, ellas dependerán de su peso para estabilidad.

Por lo tanto, la profundidad del agua y la característica de el fondo son factores importantes en su diseño. Las consideraciones reales por lo general limitan la altura de las escolleras de tipo vertical a una profundidad de agua no mayor a 60ft debajo del nivel medio del mar, y en donde son usadas en aguas más profundas ellas son generalmente cimentadas sobre un relleno de roca debajo de este nivel; de lo contrario el ancho de la estructura será difícil de manejar. La característica de el fondo puede también ser el factor que determine el tipo de escollera a seleccionar, ya que es por lo general difícil, si no es que imposible y costoso preparar una base de cimentación sólida sobre material blando para el soporte de una estructura de gravedad tipo muro.

Puesto que la roca es uno de los principales materiales utilizado en la construcción de escolleras, su disponibilidad tendrá que ser investigada. A este respecto no solo será necesario determinar que esta es económicamente factible de producir y entregar al lugar una cantidad suficiente de roca, sino su densidad, resistencia, y disposición para fracturarse en piezas grandes cuando es sacada de una cantera, serán factores importantes para determinar su uso.

La abundancia de roca durable y el conocimiento de métodos para sacar roca de una cantera que produzca grandes cantidades de roca a un costo económico, llevara a la adopción de escolleras de enrocamiento a un grado mayor que cualquier otro tipo para la protección de las radas.

#### 4.2 ESCOLLERAS DE ENROCAMIENTO

Aunque hay muchas variaciones en las clases de relleno y en los sitios y tamaño de estos materiales al alcance de una escollera de montículo, los siguientes dos diferentes tipos de construcción aparecen destacando sobre otros y por ser dignos de comentar: (1) un montículo de roca en el que el material del núcleo se extiende sobre el nivel de agua y es cubierto con una envoltura de coraza de

roca algunas veces separada de el material del nucleo por una o más capas intermedias, y (2) aquella en la cual el relleno del nucleo esta deteniendo una considerable profundidad debajo del nivel de agua y está cubierta por una capa de roca de mediano peso, la cual forma la base para la sobrecapa de la coraza de roca pesada.

El primer procedimiento constructivo o tipo (1), ilustrado en la fig. 4.1, -- consiste de un nucleo de roca pequeña comúnmente conocida como el material tal como sale de la cantera (sin cribar), colocado como relleno en el fondo del mar y que se extiende sobre el nivel de agua. Este material es protegido con una capa superior, o envolvente, de roca grande, seleccionada según su tamaño y forma y colocada en taludes bien definidos. Una o más capas intermedias de roca de dimensiones más pequeñas, conocidas como "capas inferiores" o "capa filtrante", pueden separar el nucleo interior y la envolvente superficial de coraza de roca grande. Abreviando, dicha escollera consiste de tres distintas partes: el nucleo, la capa filtrante, y la capa acorazada. Aun cuando esta puede tener -- algunas modificaciones en el empleo de los tres componentes, tales como la eliminación de la capa filtrante o la omisión de el material del nucleo por el empleo de un monticulo de acorazamiento de roca en toda la escollera, generalmente las escolleras más utilizadas y las más grandes son las que incluyen los --- tres componentes.

En este tipo de construcción el nucleo es comunmente extendido hacia fuera de la costa para el vaciado por el extremo o lateral de los camiones los cuales -- son manejados sobre la corona del nucleo, ya que esta se encuentra sobre el nivel de agua. Esto requiere que la corona del nucleo este sobre el nivel de agua más alto y el material superficial del que es construida que sera roca fracturada sea de tamaño suficiente y con una mínima cantidad de finos, para que no sean deslavados por las olas durante el periodo de construcción. Hay desventajas en este procedimiento: (1) La corona puede ser hecha un poco más ancha que lo requerido en el diseño de la escollera, de acuerdo al espacio que debe proveer para los camiones. (2) La superficie encima de el nucleo, forma un camino, que contiene una considerable cantidad de finos, los cuales tendran que ser compactados para el recorrido de los camiones. Antes de la colocación de la coraza de roca, la corona superficial del nucleo tendra que ser removida, o los finos deslavados, para hacer una capa más permeable debajo de la coraza de roca. En lugar de esto, una capa filtrante de varios pies de espesor, que consista de material grueso y limpio, tendra que ser colocado en la corona de el camino. -- Esto puede incrementar la altura de la escollera un poco más que lo requerido - por el diseño. (3) A menos que la colocación de la coraza de roca siga inmediatamente despues de el nucleo, una considerable cantidad de tormentas dañinas --

pueden ocurrir y la corona del recientemente colocado material del nucleo puede ser deslavada a varios pies bajo el nivel de agua. Sin embargo, las ventajas - en economia de construcción y en el porcentaje más pequeño de rocas pesadas requeridas, por lo general supera las desventajas.

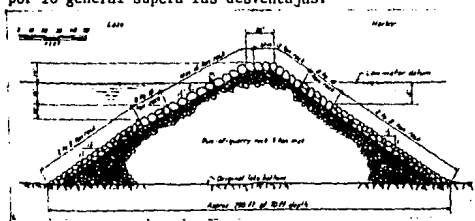


FIG.  
4.1

El segundo procedimiento de construcción como se muestra en la fig. 4.2, esta basado en el nucleo que es colocado con material de dragado o que es vaciado de chalanas o de un puente de caballetes. La corona del nucleo esta a una distancia considerable bajo el nivel de agua y el nucleo es cubierto con una capa de roca de mediano peso a un nivel aproximadamente igual a la altura de la ola debajo del nivel medio del mar, donde forma una base en la cual se colocara la --coraza de roca más pesada que se extiende hasta la corona de la escollera. --- Las conclusiones generales de acuerdo a los materiales que la constituyen, son las siguientes:

1. El material clase C puede ser colocado antes que cualquier otro material con la elevación de su corona que no exceda los siguientes valores:

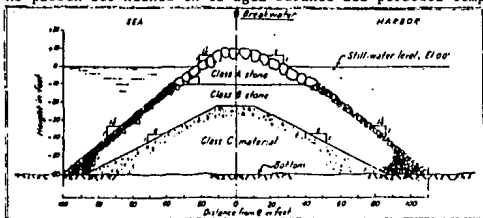
Wave height, ft	Top elevation below still-water level, ft
7-8	20
10-11	30
15-16	40
20-21	50

2. Si durante la construcción la altura de las olas esperadas corresponde o se aproxima a los valores de la tabla anterior, el material clase B puede ser colocado a ambos lados tanto de la rada como hacia mar abierto con cierta pendiente, simultaneamente con la colocación del material clase C. La colocación del material clase B a ambos lados requiere que se haga con cierta inclinación ya que durante una tormenta fuerte el material clase C podría ser depositado en sitios donde el diseño lo requiera para la colocación de el material clase B.

3. Para olas de 21ft la elevación de la corona del material clase B no debiera ser colocado sobre los -15ft, esto claro debajo del nivel fijo del agua. --- En este caso una capa bituminosa de material clase B de casi 8ft de espesor puede ser suficiente. La profundidad de la corona del material bituminoso clase B es más critica que su espesor.

4. La roca de cubierta clase A debe ser colocada cuanto antes, de lo contrario una fuerte tormenta puede deslavar la capa de cubierta clase B.

Este tipo de construcción permite el uso de más material fino de los desperdicios de la cantera que pueden ser adecuados para el suministro requerido de material sin cribar para el procedimiento tipo (1) anteriormente descrito, y permite el uso de otros materiales que salen de la extracción de roca en una cantera, tales como arena, coral, y material producto del dragado, obtenido este puede ser colocado bajo el agua sin que exceda una pendiente de casi 1:3. Sin embargo, la cantidad de material de clase B o roca de mediano peso es considerablemente elevada por más de lo requerido para la construcción de la escollera por cualquiera de los dos tipos anteriores, pero esto puede no ser un problema a menos que la cantera sea deficiente en el tamaño de la roca. Otra desventaja es que la corona de la coraza de roca tendrá que ser colocada por un puente de caballete o por el uso de gruas flotantes. Esto la hace menos susceptible a las tormentas durante la construcción, pero la instalación con equipo flotante frecuentemente resulta en una considerable pérdida de tiempo debido a que los trabajos no pueden ser hechos en el agua durante los periodos tempestuosos.



Una escollera de enrocamiento, a causa de su superficie inclinada, la cual puede provocar el rompimiento de la ola, no necesitara ser tan alta como una escollera de muro vertical. También la irregularidad y rugosidad de la superficie inclinada de la coraza de roca fragmentara las olas y provocara una considerable disipación de la energía de la ola y la formación de rocío, el cual es un signo comun en muchas escolleras. Por lo tanto, a diferencia de una escollera de muro vertical, es generalmente seguro asumir que una escollera de enrocamiento proporcionara una adecuada protección si su corona es colocada a la altura máxima de la ola antes de que se produzca el rompimiento y sobre la marea más alta. Para taludes muy planos, esta altura puede ser reducida un poco.

Por lo general el paso del rocío sobre la corona de la escollera no sera inconveniente, pero en el caso de una escollera espigon o muelle, tendrá que ser hecha una obra para que obstaculice completamente a la ola. Esta puede consistir de la colocación de un murallon de defensa en la corona del monticulo de --

roca. Este generalmente tendra su base sobre la corona de el material del nucleo, para que este firmemente empotrado bajo la coraza de roca y el apoyo de su basamento no sea socavado por la accion de la ola. Este muro puede tener una superficie curva del lado hacia mar abierto a fin de que las olas y el roccio sean desviados.

El ancho mínimo de la corona de la escollera debera ser aproximadamente igual a la altura de la maxima ola, aun cuando el tamaño de la capa de roca y el mínimo ancho de la corona de el nucleo tenga espacio para el equipo de construcción tal como camiones y gruas.

La estabilidad de una escollera de enrocamiento depende principalmente de el peso y la forma de cada roca de la coraza y del talud sobre el cual sean colocadas, con tal que sean propiamente colocadas sobre el talud y con respecto a las demas para que formen una estable envoltura lo bastante cohesionada alrededor del nucleo.

Los taludes pueden ser modificados hasta un cierto grado, si es necesario, -- gracias a los metodos de explotación de una cantera que permitiran obtener los tamaños deseados de roca. Sin embargo, se debe tener en mente que mientras los taludes planos son adecuados desde el punto de vista de estabilidad, no se debe olvidar el hecho de que el volumen de material en el nucleo y en el relleno se incrementan considerablemente y que la colocacion de estos puede estar restringida por metodos más dificiles y costosos. Por ejemplo, es bien sabido que uno de los metodos más baratos de colocación del material del nucleo es por medio del vaciado directo de los camiones, que usan el material del nucleo como una base sobre la cual son manejados.

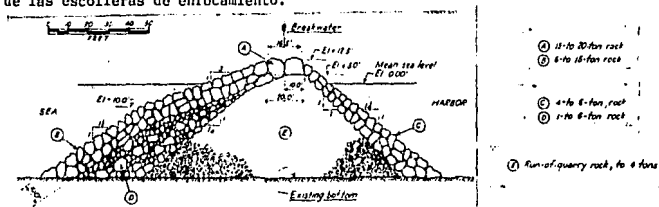
Las condiciones para la cimentación son un factor importante en la selección de el tipo de escollera que sera usada. En donde las condiciones del suelo del fondo marino son desfavorables, la escollera tipo enrocamiento debera ser empleada, a menos que el fondo sea tan blando y este a gran profundidad que una excesiva cantidad de roca podría ser requerida para llegar hasta un medio satisfactorio de apoyo de lo contrario el monticulo podría ser inestable y llegar a fallar. En aquellos casos en que la altura de la ola no es grande, un malecón puede funcionar como escollera. En ningun caso debe ser usada una escollera de muro a gravedad en donde la resistencia de el fondo no es la suficiente para soportar la carga sin que presente excesivos asentamientos, ya que esto resultaria eventualmente en la falla de la escollera debido a los asentamientos desiguales o diferenciales. Sin embargo, puede ser posible consolidar el material blando del fondo por medio del vaciado de roca sobre el, hasta que se tenga una base estabilizada y que se ha asentado despues de un cierto tiempo, previo a la construcción de la parte superior de la escollera. En lugar de

esto, una zanja puede ser excavada hasta material firme y rellena con roca o algun otro buen material para cimentación.

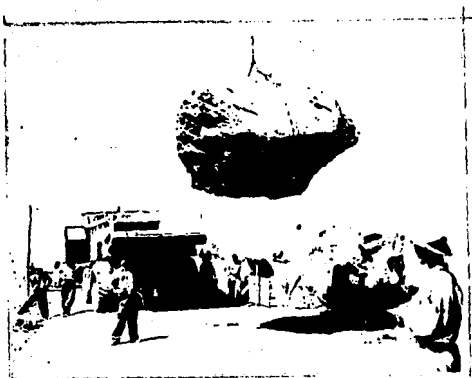
Una escollera de enrocamiento soportara una considerable cantidad de asentamientos ya que la naturaleza de su construcción permite ajustes internos en -- donde el reacomodo de las rocas no afecta la resistencia total de la escollera. La cantidad de asentamientos debiera ser estimada, tomando en cuenta la altura a la cual la escollera sera construida; de lo contrario la corona puede eventualmente tener que ser aumentada. Es dificil y costoso incrementar la altura de una escollera despues de algun tiempo de haber sido construida, ya que esto puede significar la adición de una envolvente nueva completa, de coraza de roca con el fin de proporsionar la estabilidad necesaria para las nuevas piezas de roca que seran añadidas.

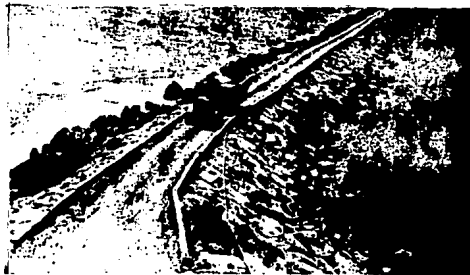
Siempre que una escollera de enrocamiento es construida sobre un fondo blando es importante colocar primero una capa de roca horizontal al fondo para un ancho considerablemente más amplio que el de la base de la escollera. El proposito de esto no solo es distribuir la carga sobre la base mas ancha sino --- también evitar la falla por cortante y la erosión de el suelo subyacente al -- pie de el monticulo. Es bien conocido el hecho que cuando la carga colocada -- sobre el suelo excede su valor de apoyo, el suelo fallara por cortante a lo -- largo de una superficie curva, que cortara el fondo a poca distancia fuera de la base de la carga superpuesta y que levantara el suelo en el area. Por lo -- tanto, una base de material más resistente, que se extienda más alla de la base y de la superficie de falla reducira la posibilidad de falla. Esto es debi- do a que su peso, es mas efectivo en resistir el levantamiento de el suelo sub- yacente mas alla de la base, y a su elevada resistencia al cortante. La base debiera tener un espesor y una resistencia al cortante lo que permitira un fac- tor de seguridad de no menos de 1.5 contra una falla por cortante en la base, y debiera alargarse lo suficientemente lejos para que la superficie critica de falla tenga que pasar atraves de su base.

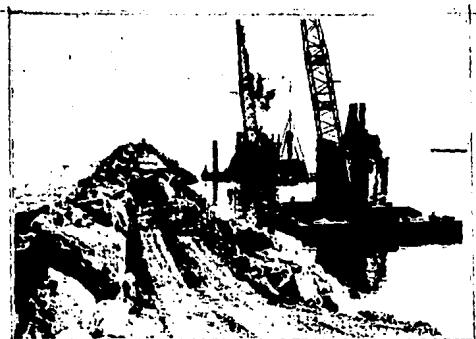
Las siguientes fotos ilustran algunos de los procedimientos en la construcción de las escolleras de enrocamiento.











#### 4.3 ESCOLLERAS DE BLOCK DE CONCRETO Y ENROCAMIENTO

Este tipo de construcción puede consistir de (1) blocks de concreto, cubicos o rectangulares, o (2) una combinación de blocks de concreto y roca, esta por lo general sirve como un basamento o base de soporte para los blocks.

Este tipo de construcción puede ser usada en donde la roca natural no es disponible, o en donde no puede ser producida economicamente o en tamaño suficien-

te de lo requerido para el acorazamiento de la escollera. Esta situación es -- muy frecuente, especialmente cuando la escollera debe ser diseñada para olas de gran altura.

Una roca de 20 ton es casi el tamaño más grande que puede ser económicamente producida en suficiente cantidad para la coraza de roca, bajo las condiciones -- más favorables en la explotación de la cantera. Puesto que una pendiente de 1:3 es casi el límite práctico sobre el cual colocar esta coraza, alguna forma de -- block artificial tendrá que ser empleada cuando la altura de la ola excede los 20 ft.

El peso de los blocks artificiales de concreto está limitado solo por el equi- po capaz de manejarlos. Excepto por esta limitación es posible diseñar escolle- ras para olas de cualquier tamaño, no excediendo los 45ft de altura en cualquier sitio donde una escollera requiera ser construida. Blocks de concreto de 50 a 60 ton son los más comúnmente utilizados, y en raras ocasiones blocks de hasta 400 ton han sido empleados.

Los blocks artificiales son colocados uno sobre otro sin orden, como se mues- tra en la fig. 4.3, o ajustadas a un cierto patrón diseñado como se ilustra en la fig. 4.4. Cuando son colocados en una forma desordenada, ellos gozan de una buena aspereza hidráulica y permeabilidad, dos de las características deseadas en la coraza de una escollera. Sin embargo, para cubrir y proteger la roca de -- el núcleo de una escollera adecuadamente, requiera un volumen mayor de estos -- blocks que de roca natural; esta puede ser colocada por lo general en una capa, que a pesar de eso les da un buen grado de aspereza y permeabilidad por causa -- de su natural, forma irregular. Es por lo tanto, importante tener una buena -- coraza secundaria o capa filtrante de roca natural para proteger al núcleo y -- soportar los blocks de concreto cuando sean colocados en forma desigual. Por -- esta razón una escollera de enrocamiento del procedimiento constructivo tipo (2) en donde la piedra clase A es reemplazada con blocks acomodados desigualmente, es preferible sobre una escollera de construcción tipo (1), el cual en efecto -- es un montículo completo de block de concreto en región superior donde los efec- tos de la ola son más severos. En aguas de poca profundidad, que no excedan -- los 20ft, los blocks de concreto podrían descansar directamente en el fondo ma- rino, a menos que sea demasiado blando para soportar los blocks, y la construc- ción es llamada escollera de block de concreto.

Probablemente la incertidumbre más grande en la coraza de block de concreto -- colocada en forma desordenada está en el deslizamiento y consolidación de los -- blocks que toman su lugar mientras que la escollera está atravesando por su pe- ríodo de reacomodamiento. A diferencia de la roca que es de forma irregular y de tamaños variados, con lo cual se produce una buena cohesión sin mucho movi--

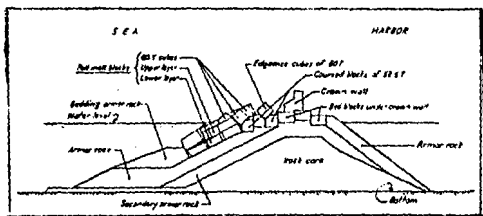


FIG. 4.3

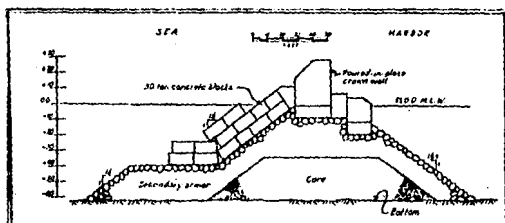


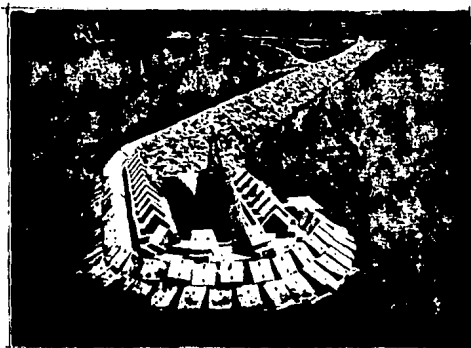
FIG. 4.4

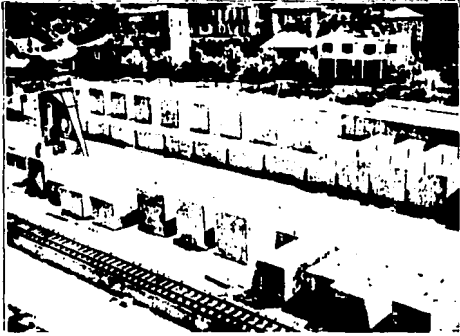
miento de las piezas individuales que forman la capa de coraza, los blocks de concreto con sus lados planos y su limitado número de formas pueden sufrir considerables deslizamientos antes de que alcancen una posición estable. Al hacerlo así se puede descubrir un boquerón en la coraza, dejando el núcleo expuesto a la erosión, a menos que este cubierto con dos capas por lo menos de blocks, siempre y cuando sean colocados en forma desordenada o irregular. Sin embargo, el uso de blocks de concreto colocados en desorden es una solución generalmente aceptada debido a la facilidad con que la estructura puede ser reparada, comparado con los blocks que son acomodados o colocados de acuerdo a un patrón.

La coraza hecha con blocks acomodados da como resultado una estructura que se comporta diferente a aquella hecha por blocks en desorden, la cual se aproxima mucho más al comportamiento de la escollera de enrocamiento. Si los blocks son colocados sobre un talud relativamente plano, la parte principal de la energía de las olas es disipada por rompimiento y en su recorrido ascendente a la superficie de la escollera. De esto resulta que su altura será un poco mayor que en la de formaciones de tipo desordenada y necesita la construcción de un muralón de defensa o monolito sobre la corona de la escollera.

Si el talud es más vertical, requiera el uso de blocks más pesados los cuales son por lo general colocados en capas escalonadas, el efecto que se presenta es más semejante al de una escollera de tipo muro vertical. Su aspereza es defectuosa, y la permeabilidad es baja debido a que los blocks están acomodados relativamente herméticos uno del otro. Por lo tanto, las presiones pueden ser altas particularmente en la base de el talud, y los desplazamientos de los blocks pueden ocurrir, a menos que se tomen las precauciones necesarias, de ver que los blocks estén apoyados sobre una capa de roca basta y permeable. La reparación de este tipo de escollera es costosa y difícil. Porque los blocks acomodados están sujetos a levantarse de la base debido a que carece de permeabilidad entre los blocks, una alternativa y mejor solución es el tipo de construcción que usa los blocks desordenadamente en la parte inferior de el talud y en la mayor parte de la escollera se encuentran acomodados, teniendo en la parte superior blocks más grandes en donde el impacto directo de las olas es el más grande. Aquí la cama de cimentación puede ser más cuidadosamente preparada y nivelada para recibir los blocks, que pueden ser entonces colocados más correctamente acomodados juntos a fin de formar una estructura estable.

A continuación se muestran algunas figuras y fotos que ilustran este tipo de escolleras.





#### 4.4 ESCOLLERAS DE FORMAS IRREGULARES DE CONCRETO

Para mejorar la estabilidad de la coraza de blocks de concreto, varias corazas de piezas de concreto de formas irregulares han sido inventadas y probadas. --- Las más comunes que han sido más extensamente estudiadas son: los tetrapodos, -cuadripodos, hexapodos, tribars, cubos modificados, y tetraedros modificados, -



aun cuando esta ultima no es ~~recomendada~~, ya que las pruebas no resultaron favorables. Otras formas relativamente nuevas de piezas de concreto que han sido desarrolladas, probadas, y usadas para capas de cubierta protectora en escolleras de enrocamiento en los ultimos años son: stabits, akmons, dolosse, blocks - de hexagonales, svee blocks y hollow tetraedros.

Las piezas irregulares de concreto tienen la ventaja sobre los blocks de concreto standars, en permitir taludes más empinados y piezas de peso más ligero. Esto es debido a que su "factor de forma" es mejor y con superior absorción de energía de la ola. Esto es logrado por el alto grado de irregularidad y permeabilidad de la superficie, lo cual provoca la división de la masa de agua en -- trayectorias de flujo turbulento las cuales son opuestas una de otra en los intersticios de el revestimiento.

Como resultado de todas estas propiedades ha sido posible reducir el peso de las piezas comparado con el de los blocks de concreto standars con el mismo grado de estabilidad. Esto esta relacionado con el valor maximo de su relación de vacios que es ligeramente más alto del 50% o más cuando son colocados en dos -- capas, provocando una reducción de la cantidad de concreto requerido. En suma el talud empinado y el más bajo valor de ascenso de las olas, debido al alto -- grado de irregularidad en la superficie, permite una reducción en el volumen de el resto de la estructura de apoyo. Este factor puede ser de considerable importancia a la entrada de la rada, en donde la coraza de protección debe ser in-- cluida alrededor de el extremo de la escollera. El talud de la coraza con mayor pendiente permite una entrada más estrecha y con eso se proporciona una protección mayor al interior de la rada.

Los tetrapodos son cuatro patas con forma de conos truncados, de piezas de concreto precolado, como se muestra en la fig. 4.5.

Los tetrapodos han sido usados en tamaños superiores a las 40 ton por cada -- pieza, aunque las de 25 ton son las de tamaño más comun para escolleras grandes. Las piezas son moldeadas en moldes de metal. Una forma economica y confiable -- para el manejo de estas piezas como se ilustra en la fig. 4.6, consiste de una braga o eslabonamiento diseñado especialmente para que se agarren tres de las -- patas horizontalmente, estando seguros que todo el concreto trabaja a compre--- sión y con eso se eliminan las grietas en este.

Una vez que el tetrapodo esta sobre el terreno y el fondo vegetal ha sido removido, una simple braga puede ser colocada alrededor de la pieza, lo cual permite que sea colocada en la escollera en la posición deseada. La fig. 4.7 nos muestra el metodo de colocación de la primera capa con tres de sus patas descansando sobre la roca del terraplen y la otra pata en angulo recto hacia arriba -- con respecto al terraplen.



FIG. 4,5

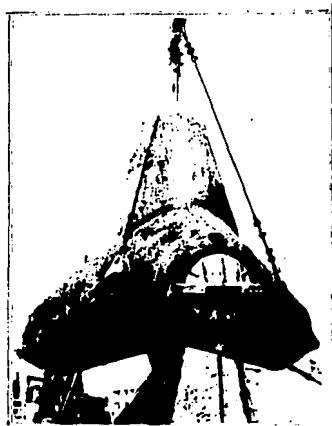


FIG. 4,5

La fig. 4.8 nos muestra la colocación de la segunda capa, con una pata hacia abajo en ángulo recto con respecto al terraplen.



FIG. 4.7



FIG. 4.8

Tribars es el nombre de una pieza especial para coraza, como se ve en la fig. 4.9.

Los hexapodos y los cubos modificados son otro tipo de piezas para coraza. Sin embargo la modificación de los cubos fue un esfuerzo para incrementar la estabilidad de los blocks de concreto normales por el creciente porcentaje de vacíos que posee.

Las piezas dolosse para coraza, tienen un alto porcentaje de vacíos, con una porosidad del 60% cuando son colocados aleatoriamente en una doble capa, como -



FIG. 4.9

se ve en la fig. 4.10.

El akmon, es una pieza precolada de concreto para coraza de escolleras, como el que se muestra en la fig. 4.11.

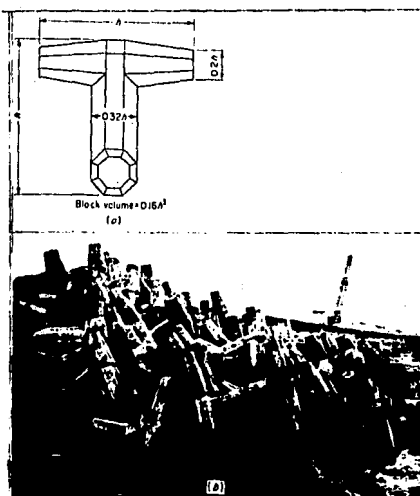


FIG. 4.10

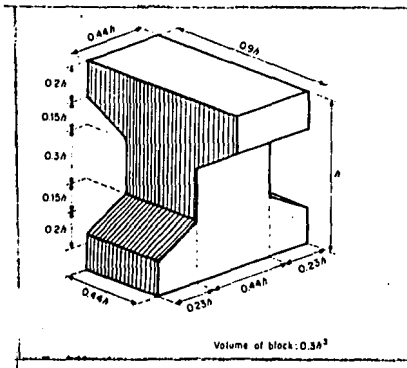


FIG. 4.11

#### 4.5 ESCOLLERAS DE MURO VERTICAL.

Las escolleras de muro vertical difieren de las del tipo montículo de talud, en su forma de resistir la acción de la ola, ya que el muro vertical refleja la ola sin que se libere energía destructiva, produciendo la ondulación estacionaria; mientras que el montículo de talud disipa la energía a través de ascender la ola sobre la superficie inclinada, y la fricción y contraflujos causados por la superficie irregular juegan un papel importante en la destrucción final de la fuerza de la ola.

En la de tipo montículo la ola alcanzara eventualmente un punto sobre la superficie inclinada en donde la profundidad del agua sera menor que la altura de la ola, y se romperá la ola. La escollera de muro vertical, que es generalmente situada en aguas de profundidad mayor que la altura de la ola, reflejara la ola oscilante motivandola a elevarse hacia el muro a una altura aproximadamente igual a dos veces su altura original sobre el nivel fijo del agua. Por lo tanto, la altura de la escollera sobre la marea más alta debiera no ser menor que  $1\frac{1}{3}$  a  $1\frac{1}{2}$  veces la altura de la ola máxima, y la profundidad debajo del nivel de agua más bajo hasta el fondo de el muro, debiera no ser menor que  $1\frac{1}{4}$  a  $1\frac{1}{2}$  y preferiblemente que 2 veces la altura de la ola. Sin embargo, esta profundidad no excede de 50 a 60ft; de lo contrario, el tamaño del muro a gravedad se volveria difícil de manejar, ya que el ancho de el muro por lo general no --

sera menor que tres cuartas partes de su altura, y puede ser igual o más grande que, su altura a fin de proporcionarle una estabilidad adecuada. En profundidades de agua más grandes la estructura del muro de gravedad esta cimentada sobre una base de piedra bruta por lo general, la cual puede extenderse hasta profundidades extremas de 130ft debajo del nivel de agua.

A menos que el fondo sea extremadamente duro y resistente a la socavación, el muro a gravedad siempre debiera ser colocado sobre una losa de cimentación de -- piedra bruta o de material adecuado, la cual sera de espesor suficiente para -- distribuir la carga para una segura presión de apoyo en el suelo subyacente, y que se extendiera más allá de la base a una distancia suficiente para evitar la socavación tanto en el suelo como en la escollera. Como una regla general esta -- distancia no debiera ser menor de una cuarta parte de la longitud de la ola, si se desea eliminar completamente la socavación. Muy pocas escolleras han fallado debido al debilitamiento de la estructura; su vulnerabilidad a las fuerzas -- de la ola ha sido más frecuentemente un resultado de la socavación en el suelo como en la base, o por la sobrecarga y por la falla al cortante de el suelo en la cimentación.

Las escolleras de tipo vertical tienen ciertas ventajas sobre las de tipo inclinado, entre las cuales estan las siguientes:

1. Proporcionan un area de rada más grande y permiten una entrada más angosta a la rada, con lo cual se proporciona una protección mayor al area protegida
2. Permiten que el lado de la escollera que da a la rada sea usado para que -- amarren los barcos.
3. Estan sujetas a un analisis más exacto.
4. El costo de mantenimiento esta practicamente eliminado.
5. Donde hay escasez de roca a una distancia de facil acarreo de la escollera, esta resultara por lo general en un ahorro de tiempo y dinero.

Sin embargo, las escolleras de tipo vertical tienen un número de desventajas, que son enlistadas a continuación:

1. Estas pueden ser construidas seguramente solo en donde las condiciones -- para la cimentación son favorables o se pueden hacer.
2. No tienen la flexibilidad estructural que tiene una escollera de monticulo en sus ajustes internos por asentamientos y por la distribución de las fur-- zas de la ola.
3. Si son dañadas son dificiles de reparar.
4. La corona debe ser llevada a una elevación considerablemente más alta que en una escollera de talud con superficie irregular.
5. Requieren de una instalación de maquinaria mucho más vasta y pesada, que puede ser costosa y difícil de transportar y colocar en lugares remotos.

Las escolleras de tipo muro vertical han sido construidas de (1) blocks de -- concreto, (2) cajones de concreto o de acero, (3) tablaestaca de celulas rellenas con roca, (4) huacales de madera rellenos con roca, (5) huacales perforados de concreto, y (6) tablaestaca de muros de concreto o de acero.

ESCOLLERAS DE MURO DE BLOCKS DE CONCRETO. Su construcción requiere el tomar en cuenta los siguientes puntos:

1. El diseño para la ola de maxima altura debe estar de el lado seguro ya -- que, a diferencia de las escolleras de enrocamiento, la estabilidad a causa de el volcamiento es un factor importante.

2. La altura de el muro o parapeto debe ser suficiente para permitir la obs-- trucción completa de las olas que puedan presentarse.

3. La cimentación de el muro, sea esta un monticulo de roca o una base de -- concreto, debiera extenderse ya sea hacia material firme que no pueda ser desla-- vado, o debiera extenderse a una distancia suficiente bajo el fondo marino a fin de que la erosión no pueda socavar la base, y la base de cimentación debiera ser correspondientemente incrementada de su ancho para mantener la estabilidad contra el volteo de la base de el muro.

La fig. 4.12 ilustra este tipo de escollera.

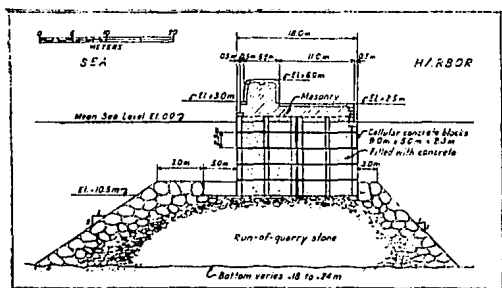


FIG. 4.12

ESCOLLERAS DE CAJON. Este tipo de construcción tiene la ventaja de que redu-- ce considerablemente el tiempo de construcción en las labores sobre el mar. --- Esto es un factor importante en donde el mar es tempestuoso y el tiempo de tra-- bajo de el equipo flotante es limitado. La construcción tipo cajon permite una gran cantidad de trabajos para ser hechos en la costa. UN periodo de relativa-- mente buen tiempo y mar tranquilo puede ser elegido para su instalación, que -- requiera solo de un corto intervalo de tiempo para un cajon sencillo, con lo -- cual se minimiza la posibilidad de daños por tormentas.

La practica comun es hacer estos cajones de unidades de cajon analogos con un

fondo cerrado y con muros diafragma que dividen el cajon en su interior en varios compartimientos. Los muros laterales pueden ser ya sea verticales o inclinados a fin de reducir el ancho de la corona. Las figs. 4.13 y 4.14 nos ilustran este tipo de escolleras.

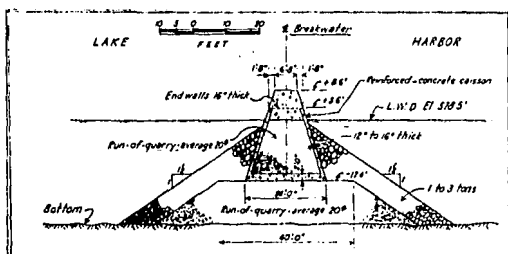


FIG. 4.13

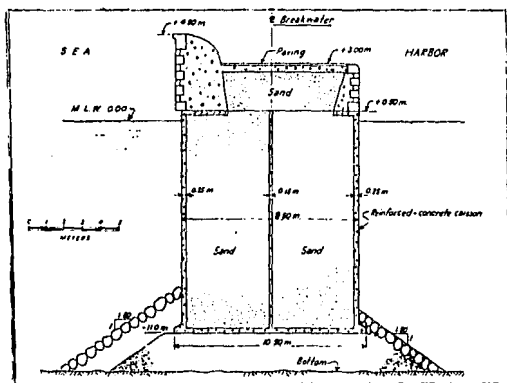


FIG. 4.14

ESCOLLERA DE TABLAESTACA CELULAR. Este tipo de construcción no ha sido muy difundido debido a las siguientes razones:

1. Es difícil, si no es que imposible, construir en sitios descubiertos donde hay una considerable acción de las olas, como la colocación de las tablaestacas y por consiguiente retenerlas in situ en aguas tempestuosas es una operación muy difícil. La mejor medida es hacer cada celula autoestable y trabajar con la celula completada, la cual ha sido rellena con roca, para instalar la celula siguiente, usando una plantilla para colocar las estacadas. Sin embargo,



hasta que el círculo este completamente cerrado, la celula de tablaestaca es -- muy vulnerable al colapso por la acción de la ola. Puesto que la mayoría de -- las escolleras son construidas en donde hay mar tempestuoso, esto significa que muchos lugares no son apropiados para este tipo de construcción, particular--- mente cuando la operación de instalación de una celula es por lo general realizada en un periodo de tiempo de una semana o más. Esto es solo en aquellas --- areas en donde hay periodos de relativamente buen tiempo y agua calmada durante ciertas epocas del año, que el uso de tablaestaca de celulas se hace conveniente.

2. La corrosión es un problema que no se presenta cuando se emplea concreto o roca para la construcción de la escollera. Hay algunos sitios en donde el -- acero desprotegido tendra una vida de solo unos pocos años y en donde la pro--- tección catodica bajo el nivel del agua es de poco valor. Otros lugares pueden requerir protección catodica y cubierta de concreto bajo el nivel de marea baja.

3. Comparada a una escollera de enrocamiento la cual puede ser construida en aguas de gran profundidad, el uso de una escollera de tablaestaca celular es -- limitado por una profundidad de agua de casi 50 a 60ft, excepto en donde sea -- colocada sobre una cimentación de montículo de piedra bruta debajo de ese nivel.

La tablaestaca de celulas ha sido empleada como instalación provisional en -- donde ellas no solo sirven como una atagüa para permitir el desague de la rada sino también como protector en la construcción de las instalaciones de la rada, de las olas.

La tablaestaca de celulas para escolleras son generalmente del tipo autoestable, o sea que cada celula es estable por si misma cuando es rellenada con roca o algun otro material apropiado. Las estacadas deben extenderse hasta una profundidad suficiente debajo de el fondo para evitar la socavación de la celula -- por la erosión de el fondo. La profundidad mínima de penetración por lo gene-- ral no es menor de 10ft, a menos que el fondo sea roca o otro material muy duro. Es habitual colocar un revestimiento junto a la base del talud de las estacadas para proteger al fondo contra la erosión. La corona de las estacadas debere -- extenderse hasta dos veces la altura de la ola maxima sobre el nivel de marea alta, aun cuando pueda terminar en o justo sobre el nivel medio de marea alta y un murallon de defensa construido de concreto vaciado in situ a la altura re--- querida. Cuando el tablaestacado es extendido hasta la altura total puede ser tapado con roca pesada, con blocks de concreto, o con una losa de concreto he-- cho in situ.

Quando el agua esta a relativamente poca profundidad y las olas no son dema-- siado altas, la escollera puede consistir de dos lineas paralelas de tablaesta-- cado con un relleno de roca o material granular en medio de, el tablaestacado

que es soportado por largueros de acero y por tensores colocados en o justo sobre el nivel de marea baja. Las líneas paralelas de tablaestacado de acero o de concreto son colocadas a una distancia separadamente igual a la profundidad del agua, más dos veces la altura de la ola. El tablaestacado de este tipo de construcción es elegido por su esfuerzo de flexión y por lo general uno de los tipos Z de estacada es usado. La corona puede ser tapada con roca pesada o con concreto hecho in situ dependiendo de si la estructura sera también usada como un muelle para que atraquen los barcos. La fig. 4.15 ilustra este tipo de escollera.

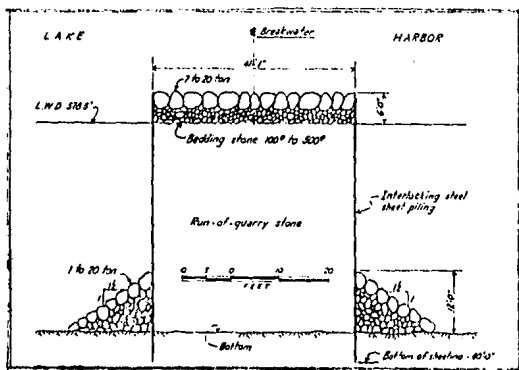


FIG. 4.15

**ESCOLLERAS DE CONCRETO PERFORADO.** La convencional, superficie solida vertical combinación muelle y escollera que consiste de estructuras en forma de huacales o cajones presenta un problema, debido a la reflexión de las olas que golpean la superficie vertical y crean ondulación, lo cual es un sistema de olas estacionarias caracterizado por amplitudes cercanas a dos veces la altura de la ola incidente. El efecto de la ondulación de la ola puede provocar un gran volumen de agua que sobrepase la estructura e inunde la superficie, lo cual puede restringir el uso de el lado del sotavento como un atracadero, a menos que de el lado del mar se construya a un nivel más alto que el normalmente requerido para los trabajos o maniobras a nivel de el muelle.

Los huacales perforados son concebidos como una estructura de multiples propósitos con énfasis principal para el uso de un muelle escollera. La estructura consiste de un huacal de concreto que tiene una camara de depresión de olas separada de la exposición de el mar por un muro perforado. El ancho de la camara, el espesor de el muro perforado, y el diametro y espaciamento de las perfo-

raciones son un parametro relacionado a las características de la ola significativa para el diseño. Dicha estructura produce una disipación de la energía de la ola y provoca la ondulación completa de la ola que es apreciablemente más -- pequeña que la amplitud de la ondulación asociada con una escollera convencional de superficie vertical.

La efectividad de este muelle escollera perforado, depende solamente de la combinación de el radio de area total perforada de el area del muro, de el espesor del muro perforado, y del ancho de la camara para olas. La combinación adecuada de estos factores, depende de las características de la ola significativa, -- proporcionando un medio de absorción de la energía de la ola.

ESCOLLERAS DE TABLAESTACA DE MURO DE ACERO Y CONCRETO. Hay algunos lugares -- en donde el fondo es de material blando que se extiende a una gran profundidad. Puede ser posible conservarlo vaciando roca encima de el fondo hasta que sea -- construida una cimentación que quedara estable, y que permitira la construcción de una escollera de enrocamiento. Sin embargo, esto puede requerir de un volumen muy grande de roca y de un considerable periodo de tiempo que puede trans-- currir antes de que el fondo este estabilizado. En dichos casos, y cuando la -- altura de la ola no exceda los 10ft, se ha encontrado más economico el emplear escolleras del tipo muro de contención, como la que se muestra en la fig. 4.16.

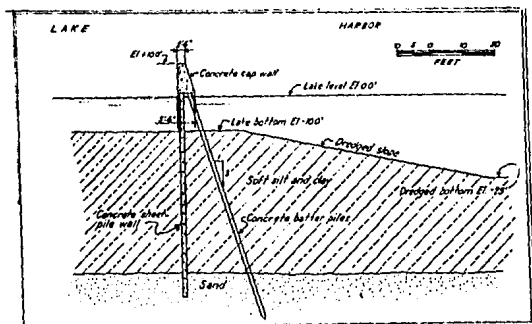


FIG. 4.16.

**CAPITULO III**

**OBRAS DE ATRAQUE**

MUELLES, ESPIGONES, MALECONES, DUQUES DE ALBA, Y AMARRAS FIJAS

## 5.1 INTRODUCCION

Un muelle es un termino general usado para describir una estructura maritima -- para el amarre o aseguramiento de los barcos, para que carguen y descarguen cargamento, o para embarcar y desembarcar pasajeros. Otros terminos que denominan un muelle pero que son más especificos son: espigón, embarcadero, atraque, etc. En lugares donde las variaciones de la marea son grandes, este es comunmente -- conocido como una darsena artificial y es llamado darsena de flote. Cuando la darsena es vaciada por bombeo, este es llamado dique seco o de carena.

Un embarcadero o atraque es un muelle que esta paralelo a la costa. Esta generalmente contiguo a la costa, pero no necesariamente puede ser asi. Por otra parte un malecon o muelle de muro, si bien es semejante a un embarcadero y frecuentemente es mencionado como tal, este se encuentra atras del terreno, ya que este deriva su nombre de la detención o sustentación muy natural de el terreno que se encuentra atras de esté. En muchos lugares en donde las plantas industriales son construidas adyacentes al agua de transportación, el terreno sera -- bajo y cenagoso y es por lo tanto necesario rellenarlo, lo cual es frecuentemente hecho con el material que es dragado de la via maritima, creando un canal -- navegable o a lo largo de la rada. Para conservar el terreno hecho que ahora estara a una elevación mucho más alta a lo largo de la via maritima, un malecon o muro ribereño de contención es por lo general instalado. Este o una parte de su longitud puede ser usada como un atracadero para que los barcos atraquen, -- por el aditamento de accesorios de amarre, pavimentación, y medios para el manejo y almacenamiento del cargamento. Es entonces conocido como malecon de atraque.

Un espigón o muelle saliente es un muelle que sobresale dentro del agua. Algunas veces es mencionado como un espolon y en combinación con una escollera es llamado rompeolas. En contraste con un embarcadero, que puede ser usado para atracar de un solo lado, un espigon puede ser usado en ambos lados, no obstante hay casos en donde solo un lado es usado debido ya sea a las condiciones fisicas de el sitio o a la necesidad de requerir de espacio adicional de los -- atraques. Un espigon puede ser mas o menos paralelo a la costa y esta conectado a esta por un espolon o por un puente de caballete, generalmente en angulo -- recto al espigon. En este caso es comunmente referido como un espigón de cabe-

za en T o como un espigon en L, dependiendo de si el acceso esta al centro o a un extremo.

Los duques de alba o dolphins son estructuras maritimas para que amarren los barcos. Son comunmente usados en combinaci3n con espigones y embarcaderos para acortar la longitud de estas estructuras y son una parte principal de las instalaciones de tipo amarras fijas de atraque que son actualmente usadas en instalaciones de carga y descarga de carga a granel. Tambi3n, son usadas para que amarren los barcos y para que transfieran su cargamento de un barco a otro cuando estan anclados a lo largo a ambos lados de los dolphins. Hay dolphins de dos tipos: de arrostrar y de amarre.

Los dolphins de arrostrar por lo general son los m3s grandes de los dos tipos, ya que son dise1ados para recibir el impacto de el barco cuando esta atracado y para asir al barco contra un viento que le llegue de costado. Por lo tanto, --son provistos con defensas o andullos para absorber o amortiguar el impacto de el barco y para proteger al dolf3n y al barco de da1os. Por lo general tienen bolardos o postes de amarre para tomar las sogas del barco, particularmente sogas flexibles para que el barco pueda moverse a lo largo del muelle y para asegurarlo contra la corriente. Estas sogas no son muy efectivas en una direcci3n normal al muelle, particularmente cuando el barco esta descargado o semidescargado, y, por lo tanto para asir al barco contra un viento que le llega de costado y que fluye en una direcci3n alejandose de el muelle, dolphins adicionales deben ser proporcionados a distancia de la proa y de la popa, situados algo distantes atras de el frente del muelle.

Los dolphins de amarre no estan dise1ados para el impacto de el barco, ya que estan colocados atras de el frente de el muelle en donde no pueden ser golpeados. Los dolphins de amarre, situados a mas o menos 45° frente a la proa y popa, y de modo que las sogas de amarre no puedan ser menores de 200ft ni mayores de 400ft de longitud, son m3s efectivas si solo dos dolphins de amarre son usados. Los barcos m3s grandes pueden requerir de dos dolphins adicionales a corta distancia de la proa y la popa, y son por lo general colocados de modo que las sogas de amarre estaran normales al muelle, lo que las hace m3s eficaces en la detenci3n de el barco contra un viento costanero. Los dolphins de amarre estan provistos con bolardos o postes de amarre y con cabrestantes cuando sean manejadas sogas pesadas. La tensi3n maxima en una soga sencilla por lo general no excedera las 50 tons, o 100 tons en un bolardo sencillo si son usadas dos sogas.

Una amarra fija de atraque es una estructura maritima que consiste de dolphins para atar al barco y de una plataforma para sustentar el equipo que maneja la carga. La plataforma por lo general es colocada a unos 5 a 10ft atras de la superficie de los dolphins de modo que el barco no entrara en contacto con esta

y, por lo tanto no tenga que ser diseñada para recibir el impacto de el barco cuando este atracando.

Las amarras para los barcos consisten de amarraciones colocadas en posiciones fijadas para que se aten las sogas del barco. Cada pieza de amarraciones consista de una o más anclas con cadena, mecanismo de manejo, y balizas para que las sogas del barco esten fijas. Estas unidades de amarre son por lo general colocadas de tal forma que reciban las sogas de proa y popa, si el barco es grande, contara con una o más sogas de resistencia. Para algunas amarras, en donde el viento es de una dirección, el barco puede usar su propia ancla y la amarrazon fija frente a la proa puede ser omitida.

## 5.2 FACTORES QUE CONTROLAN LA SELECCION DE EL TIPO DE MUELLE

Un muelle por lo general es construido para servir un uso definido. Su principal función puede ser para manejar pasajeros o carga-general o una combinación de ambos; o este puede ser requerido para manejar un tipo específico de cargamento, particularmente carga a granel tal como petroleo, mineral, cemento, y granos. La función que esta a servir puede ser de suprema importancia en la selección de el tipo de muelle que sera usado. Sin embargo, hay otros factores que intervendran en la determinación de el tipo de muelle a ser construido, tales como si las instalaciones requeridas seran temporales o permanentes, el tamaño de los barcos que usaran el muelle, la dirección de las olas y el viento, las condiciones del suelo, particularmente si el dragado sera considerado, y por ultimo pero de considerable importancia la determinación de el procedimiento constructivo más economico.

Los muelles minicipales por lo general son espigones o embarcaderos que sobresalen de o van paralelos a la costa, respectivamente. Generalmente se prefieren los espigones ya que proporcionan espacio de atraque a ambos lados, o espacio de doble atraque para la misma longitud del embarcadero. Sin embargo, en algunos sitios el talud de el fondo esta tan empinado que un espigon no puede ser proyectado fuera de la costa sin que tenga que extenderse el extremo de la costa a aguas tan profundas que la cimentación se vuelva impractica o muy costosa. Un embarcadero puede ser encontrado menos costoso bajo estas condiciones. En algunos sitios de aguas poco profundas proximas a la costa, se ha encontrado que es más barato colocar el espigón hacia aguas profundas en donde poco o nada de dragado sera requerido. Para esta condición los espigones en T o L, con puentes de caballete como acceso a la costa, tal como se muestra en la fig. 5.1, se han encontrado apropiados y economicos, particularmente para el

manejo de carga a granel ya que el puente de caballete como acceso sera un tipo de construcción relativamente barato, debido a lo ligero de las cargas, que este por lo general tiene que soportar.

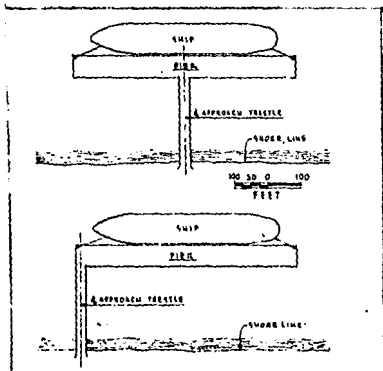


FIG. 5.1

Los muelles petroleros y algunas formas de muelles para el manejo de carga a granel son de construcción más ligera que los muelles para el manejo de carga general, ya que ellos no requieren de almacenes, ni de tener que soportar vías ferroviarias o un vasto equipo para el manejo de la carga. Puesto que los principales productos manejados sobre los muelles petroleros son por lo general --- descargados en sitios definidos y transportados por tuberías, el área requerida de cubierta maciza es muy reducida, según sean el ancho y la longitud de el --- muelle, si es suplementado por dolphins para recibir las sogas de amarre de la proa y la popa. Por esta razón, un espigón de longitud plena o un embarcadero no es económico o indispensable, y esto junto con la tendencia de los últimos años de el uso de buques petroleros más grandes y de mayor calado han dado como resultado la adopción de la amarra fija de atraque. Este tipo de construcción es económico porque las grandes fuerzas de amarre, que los grandes barcos imponen sobre el muelle, pueden estar concentradas en ciertos puntos determinados, a la vez que la tensión de las sogas de amarre puede ser tomada por los --- dolphins cercanos a la proa y a la popa de el barco y por los dolphins de arros--- trar de los lados de la plataforma fija.

Los dolphin de arrosstrar también mantienen al barco lejos de la plataforma y --- toman el impacto de el barco cuando este está atracado.

En algunos sitios es imposible o resulta incosteable el proporcionar un espi---



gón, un embarcadero, o un atraque fijo de amarre debido a las condiciones del lugar o a la profundidad de calado de algunos de los barcos petroleros recientemente construidos así como de los barcos de minerales y granos, etc; en el caso de que un amarre próximo a la costa pueda ser proporcionado y el cargamento sea transportado a la costa ya sea por embarcaciones pequeñas, largos transportadores, o cablevías o por tuberías submarinas, si el producto es un líquido tal como el petróleo, gasolina, y melasa. Con la llegada de los gigantescos barcos petroleros, con un calado cargado hasta de 81ft 6in., un método de descarga al barco, ha sido el construir un atraque de amarre fijo próximo a la costa en aguas lo suficientemente profundas para dar servicio al buque con calado cargado, y transferir el cargamento a un barco petrolero más pequeño que pueda descargar dentro de la rada.

La dirección de las olas y del viento pueden tener una influencia directa en el tipo de muelle seleccionado. En general, el muelle no debiera estar transversal a la ola frontal predominante y, por lo cual, si la terminal esta en un sitio descubierto y la ola frontal es generalmente paralela a la costa, un muelle tipo embarcadero puede tener que ser descartado. También, todas aquellas obras similares, por lo que es mejor tener al barco anclado paralelo a la dirección de los vientos dominantes o, si esto no puede ser realizado, se hará de modo que el viento tenga al barco a distancia del muelle.

Las condiciones del suelo pueden, por supuesto, tener una importante influencia en el tipo de muelle seleccionada. El fondo puede ser más favorable junto a la costa, con lo cual se favorece a la instalación de un embarcadero o de malecon. Sin embargo, la roca puede ser encontrada al paso lo cual podría hacer esto muy costoso para obtener la profundidad requerida en el agua a lo largo de el muelle. En tal caso un espigón con un puente de caballete como acceso o un espolón pueden ser la solución para eliminar la necesidad de una excavación costosa.

### 5.3 TIPOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

La construcción de embarcaderos, espigones, malecones, y atraques de amarre fijo caen generalmente dentro de las dos amplias clasificaciones: (1) muelles de construcción descubierta con sus cubiertas soportadas por pilotes o cilindros, y (2) muelles de construcción sólida y cerrada, tales como tablaestaca de celulas, muros ribereños de contención, muelles de muro a gravedad, etc.

Los muelles de construcción descubierta pueden ser subdivididos más ampliamente dentro de aquellos que son comunmente mencionados como (1) cubiertas a nivel

alto y (2) plataforma de tipo aligerada en la que la estructura principal de la losa esta debajo del acabado de la cubierta y el espacio de enmedio es relleno para proporcionar peso adicional para la estabilidad, tal como se muestra en la fig. 5.2. Las cubiertas a nivel alto por lo general tienen una solida losa de cubierta, pero para espigones petroleros, la losa puede ser de construcción en armazon, siendo omitida en el tendido de la tuberia, como se muestra en la fig. 5.3.

En el tipo de construcción descubierta es mayormente empleada en la construcción de espigones, la cubierta puede ser de madera, que por lo general es creosotada, o de concreto reforzado o una combinación de concreto y acero o madera.

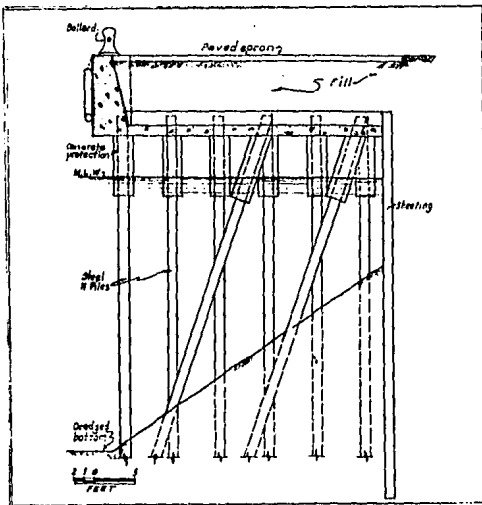


FIG. 5.2

La fig. 5.4 ilustra un tipico tipo de construcción de una cubierta de concreto hecho in situ. Los pilotes estan localizados en hileras transversales o palizadas y son unidos con vigas de concreto las cuales distribuyen la carga a los pilotes de la cubierta de armazon. Esta consiste de la construcción de una losa en forma de viga T la cual es colada monoliticamente con las vigas transversales a los pilotes. Las vigas longitudinales son colocadas en puntos de cargas concentradas, tal como debajo de la vía ferroviaria y de las vías de grúa y de los muros del almacen. En donde no existen cargas concentradas y las palizadas no estan demasiado espaciadas unas de otras, las vigas longitudinales

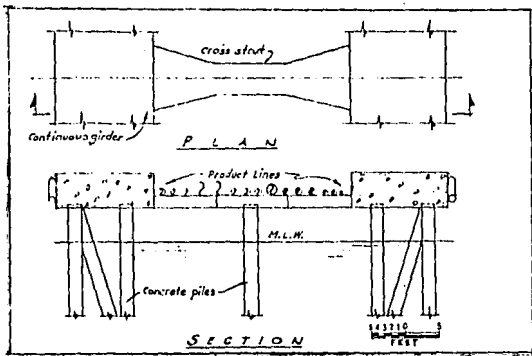


FIG. 5.3

pueden ser omitidas, una losa sin vigas puede ser usada atravesando en medio de las traves de los remates transversales. En algunos diseños en donde los pilotes son espaciados estrechamente juntos y los pilotes de madera y son usados -- con su distribución de cargas más baja, en el remate del pilote podrá colocarse una losa sin vigas. Esto es particularmente conveniente si una plataforma de tipo aligerada es usada y los pilotes son cortados de un tamaño que queden a -- la altura de o sobre una distancia corta del nivel del agua en la marea baja.

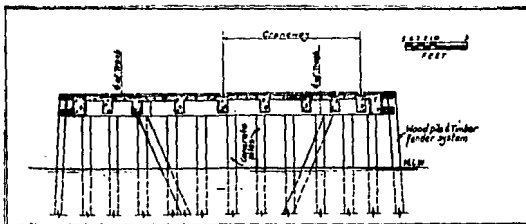


FIG. 5.4

En la actualidad las losas y vigas de concreto prefabricadas han venido usándose proporcionando una forma económica de construcción para aquellos trabajos que son realizados en el agua, debido al gran ahorro por concepto de moldes o cimbra.

Un poco diferente resulta la construcción de una plataforma o cubierta cuando se utilizan elementos prefabricados de largos claros tales como vigas I junto --

con una losa de concreto hecho in situ. Este tipo de construcción es adecuado en donde las armaduras o palizadas pueden ser espaciadas mucho más alejadas --- unas de otras debido al uso de miembros macizos de apoyo.

La cubierta puede ser apoyada sobre pilotes los cuales pueden ser de madera (por lo general creosotada), de acero (de sección H o tubular), o de concreto reforzado; o sobre largos cilindros o cajones los cuales pueden ser de acero o de concreto reforzado. Actualmente, pilotes de concreto pretensados o postensados han sido utilizados con éxito, particularmente en aguas profundas y en donde las condiciones existentes del fondo blando requieren de muy grandes apoyos de cimentación. Lo sencillo del manejo de los largos pilotes pretensados o postensados y lo reducido de las posibles fallas, debido a la compresión en el pilote para pretensarlo esta hecho para soportar los esfuerzos flexionantes de tensión en el manejo del pilote o para reducirlos hasta cierto grado en que no se produzcan fracturas en el concreto.

Los pilotes de madera creosotada y la construcción de la cubierta de madera fue usada con mayor importancia en el pasado. Sin embargo, ha sido gradualmente reemplazada con materiales de construcción más resistentes y durables. El cambio se ha ido dando debido al gran avance que se a logrado en el desarrollo de elementos de concreto prefabricados como en la obtención de concretos y varilla de refuerzo de alta resistencia así como por el uso de pilotes de acero los cuales son ahora más adecuadamente protegidos contra la corrosión; también debido a la necesidad de diseñar estructuras más fuertes que soporten las fuerzas laterales de los barcos más grandes y para mantener la estabilidad en el aumento en la profundidad de agua requerida a lo largo de el muelle. La madera, sin embargo, es todavía un material muy importante en la construcción de muelles siendo usada más extensamente para muelles pequeños, dolphins, defensas, pasillos, etc.

Este es uno de los materiales de construcción más baratos aun cuando carece de durabilidad en comparación con el concreto reforzado.

La protección de los pilotes de acero contra la corrosión puede ser llevada a cabo al recubrirlo con concreto desde la superficie inferior del muelle hasta 2ft abajo del nivel de marea baja, la cual es el area en donde se presentan los efectos más severos de la corrosión.

Los pilotes tubulares de acero los cuales son por lo general rellenos con concreto estan expuestos a la corrosión unicamente en su superficie exterior. En donde es más severa la corrosión, particularmente en aguas saladas, la protección catodica puede ser empleada. Sin embargo, hay aguas, que no son muy salinas y que son muy corrosivas. Bajo estas condiciones la protección catodica y la pintura o algun otro tipo de protección, excepto la del concreto, son de poco valor. El concreto de buena densidad hecho con cemento resistente a --

los sufaltos es probablemente el mejor y más económico material usado contra la corrosión en el agua.

En la construcción de muelles de tipo sólido las células de acero para tabla-estacado son las más comúnmente usadas en donde la profundidad del agua no exceda los 50ft y las condiciones del fondo sean las adecuadas para soportar las -- estructuras de tipo a gravedad. Las células son generalmente cubiertas por una losa de concreto y por un muro de muelle sobre el nivel de agua, como se ve en la fig. 5.5. Las células aprovechan los pilotes planos de alma de acero que -- trabajan a la tensión para retener el relleno interior, con lo cual se forma un muro a gravedad de peso suficiente y con un esfuerzo cortante que resiste el -- volteo o el deslizamiento en la base.

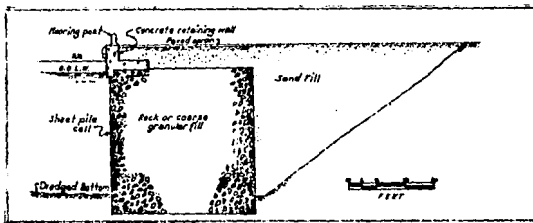


FIG. 5.5

Las células pueden ser de forma circular, o ellas pueden tener extremos circulares y paredes rectas. Las de tipo circular son usadas más frecuentemente -- ya que cada célula individualmente puede ser rellena hasta el tope y estabilizarse por sí misma. Por lo tanto puede ser usada como una base en la cual -- construir la célula siguiente.

Los malecones de tablaestacado pueden ser construidos de tablaestacado de madera, acero o de concreto el cual puede ser soportado por tensores fijados a un muro ancla o a un pilote ancla localizados a una distancia segura en la parte -- posterior de la superficie del malecon, como se ve en la fig. 5.6 o por pilotes inclinados a lo largo de la parte trasera del piloteado, como se ve en la fig. 5.7. En instalaciones en aguas poco profundas y en donde el fondo es de buen -- valor de soporte la estacada puede ser hincada a una profundidad suficiente como para trabajar en cantiliver sin los beneficios de un apoyo adicional.

Los cajones de madera rellenos con roca fueron usados más extensamente en -- la construcción de espigones y embarcaderos, en el pasado. La corona de los -- cajones de madera es por lo general terminada al nivel de la marea baja, y los muros de muelle sobre esta son construidos de mampostería o de concreto para -- retener un relleno sobre el cual es colocado el pavimento de el muelle. La fig.

5.8 muestra una sección típica de un embarcadero de cajones de madera. Una de las principales críticas a este tipo de construcción ha sido la de los asentamientos que han tenido lugar en donde estos cajones pesados han sido cimentados sobre un fondo blando.

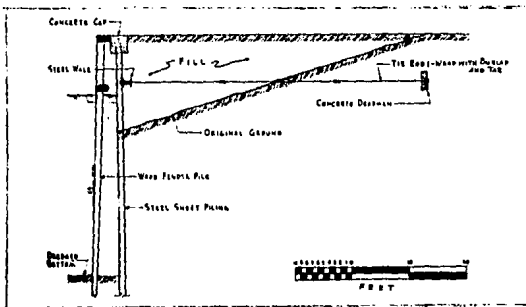


FIG. 5.6

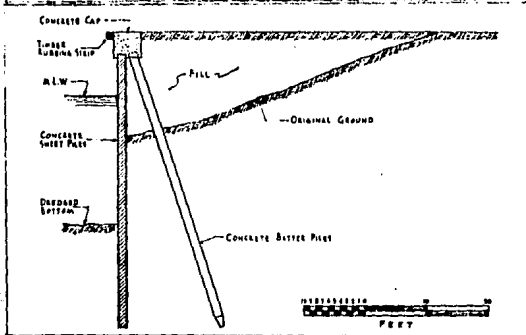


FIG. 5.7

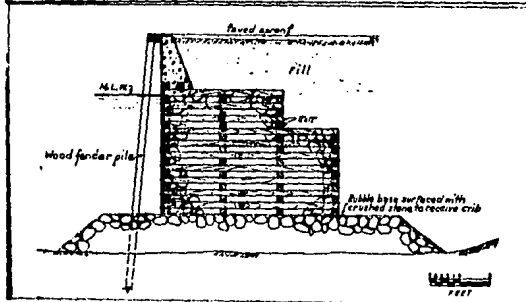


FIG. 5.8

Los cajones de concreto han sido empleados más ampliamente para la construcción de embarcaderos o muelles de muro. Los cajones pueden tener pozos y aristas descubiertas de modo que puedan ser sumergidos debajo del fondo de dragado a fin de obtener un apoyo firme, o ellos pueden tener un fondo cerrado, tal como se muestra en la fig. 5.9, en donde son bajados hacia un fondo preparado que generalmente conciste de una cama de grava o de roca triturada o de una capa de enrase. Este tipo de cajon es por lo general relleno con roca o con material granuloso con el fin de proporcionar peso adicional para darle estabilidad. Los cajones son generalmente construidos de tal altura que sus remates estaran en o un poco arriba del nivel de marea baja y son superados por un muro de muelle a gravedad moldeado in situ de concreto. Esto permite que la parte superior de la superficie del muelle que sera construida este nivelada, alineada y con cierta pendiente, con la finalidad de permitir el aprovisionamiento de los accesorios para el sistema de defensa al muelle y contar con una buena carrera trasera en el espigon ademas de la instalación de la vía ferrea, de las vías para grúa, de los servicios publicos, y de la cimentación, si es requerida en el relleno sobre los cajones y en la parte posterior del muro de muelle o parapeto, antes de realizar el trazo para la pavimentación del patio fuera de los cobertizos.

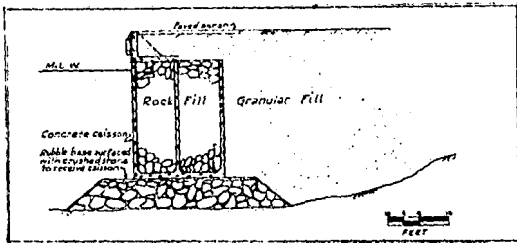


FIG. 5.9

Los muros de muelle a gravedad son por lo general construidos de bloques macizos de concreto precolado. Una sección de muro de muelle del tipo más comúnmente utilizado se ve en la fig. 5.10. Los blocks de concreto individualmente pueden pesar desde 50 hasta 200 tons. y son colocados de tal modo que le den al muro una ligera inclinación hacia atras. La capa de blocks en el fondo es colocada sobre una base de piedra bruta y un relleno de roca es colocado en la parte posterior de el muro a fin de reducir la presión del terreno lateral.

Sobre el nivel de marea baja el muro o parapeto es por lo general construido de concreto precolado.

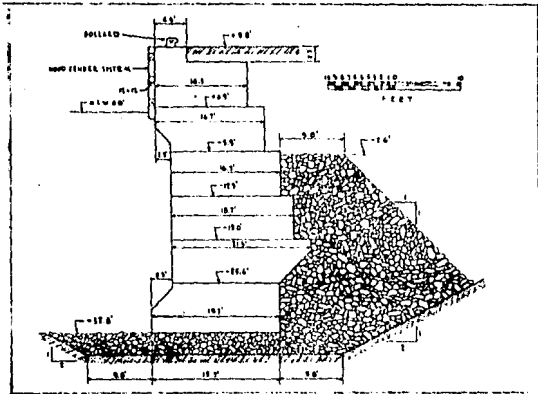


FIG. 5.10

#### 5.4 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Estas consistiran de, primero, la determinación de el tamaño y trazado de el espigon o del embarcadero; segundo, del tipo de diseño general que sera usado; y tercero, de las cargas que seran usadas en el diseño.

**TAMAÑO Y TRAZADO DE TERMINALES DE CARGA-GENERAL.** Las terminales de embarque de carga a granel, incluyen atraques para buques tanque, como se vera más adelante. Estas varian de acuerdo al tipo de material y de maquinaria y de otros servicios requeridos para el manejo de la carga que particularmente sera espedrada. Los puertos que manejan carga en contenedores seran tratados posteriormente, ya que requieren de instalaciones especiales. Por otro lado, las terminales para carga-general son las más convencionales y han cambiado poco a travez de los años, otras que han tenido que ser más amplias y colocadas en relieves más grandes por el manejo de la carga por medio de camiones, han dado como resultado patios fuera de los cobertizos más anchos. Por causa de barcos más grandes y con mayor capacidad de carga, los cobertizos han tenido que ser más grandes y la altura de los almacenes ha tenido que ser mayor debido a que el manejo y el apilamiento del cargamento se hace por medio de tarimas o pallets que utilizan de los montacargas y de otros equipos para el apilamiento de altura.



Todo esto ha dado como resultado espigones y embarcaderos más largos y anchos. Las fig. 5.11 y 5.12 dan las dimensiones de espigones y espacio entre estos, para espigones de dos y cuatro atraques, respectivamente. El espacio entre espigones de cuatro atraques debe ser de un ancho suficiente para permitir las maniobras de un barco en y fuera del interior del atraque. La fig. 5.13 nos muestra las dimensiones de un embarcadero. El área del cobertizo esta basada en la capacidad de almacenaje del cargamento del barco, basada en las toneladas medidas en 40 ft<sup>3</sup>, concediendo 50% para espacios aislados y asumiendo que el cargamento es apilado en el cobertizo a una altura neta promedio de 13ft 6in. Para un embarque típico de carga seca un área de 90,000 ft<sup>3</sup> ha sido encontrada como el área mínima requerida para un atraque. Las plataformas de carga y las áreas de vía ferrea no estan incluidas. El ancho del patio fuera del cobertizo dependera del uso de gruas de portico o semiportico, y del número de vías ferreas y de carriles para camion. La fig. 5.14 da los diferentes anchos de patio para varias condiciones de operación.

Una divergencia de el espigon más convencional y el trazo de un cobertizo sencillo es el diseño de cobertizos dobles, en el cual los dos cobertizos tienen plataformas de carga a lo largo de su parte trasera y estan separados por un área inclinada para el uso de camiones y de vagones de ferrocarril. El acceso al área inclinada entre los cobertizos se hace por medio de una rampa en el extremo interior a la costa de el espigon. El acceso puede también darse hacia el patio del espigon por el extremo exterior a la costa por medio de rampas desde el nivel inferior. Para proporcionar espacio para la carga y descarga en trailers a lo largo de ambas plataformas y para camiones que entren y salgan de dicha area, un ancho despejado de entre 130 a 140ft es requerido. Esto, por supuesto, incrementa el ancho de el espigon considerablemente y resulta incosteable generalmente si el área inclinada estara apoyada sobre pilotes.

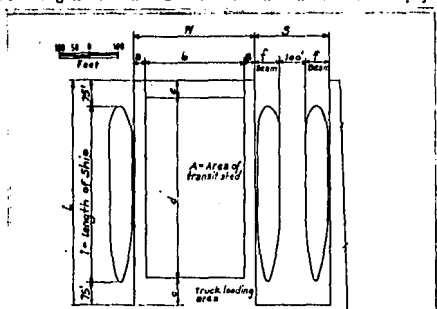
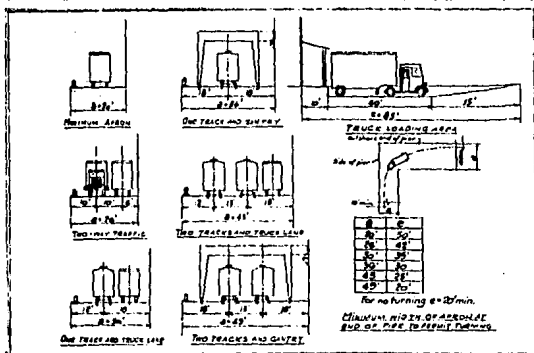
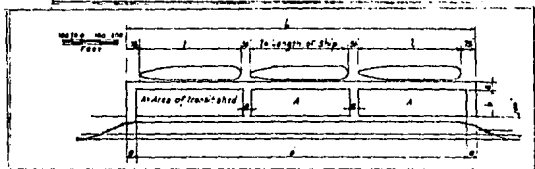
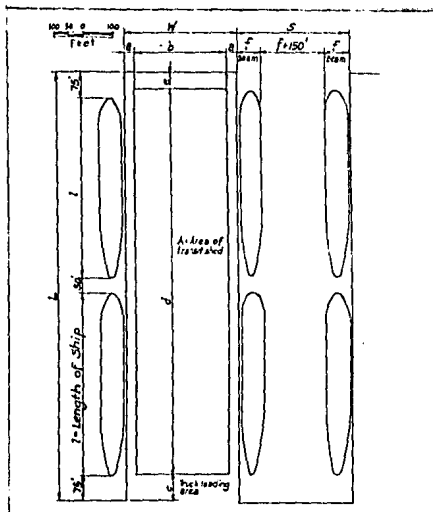


FIG. 5.11



TIPOS DE DISEÑO. Un espigón puede ser diseñado como una estructura rígida en la cual las fuerzas laterales son tomadas por los pilotes inclinados o por la acción del marco rígido. Sin embargo, debido a la deformación elástica y a la flexión, algunos movimientos pueden ocurrir, sin embargo estos por lo general pueden ser ignorados cuando son debidos a la absorción de el impacto de el barco. Algunas instalaciones pueden ser diseñadas para que trabajen a la flexión de modo que absorban el impacto de atraque. Los grupos de pilotes de madera son un ejemplo de este tipo de flexibilidad, ya que ellos absorben la energía de impacto a través de el gran movimiento que ellos son capaces de aguantar sin que ocurra una distorsión permanente. Su uso, sin embargo, esta por lo general confinado a muelles para embarcaciones pequeñas. En donde grandes barcos son los que seran atraidos junto a estructuras flexibles, tendran que ser diseñadas de armaduras y pilotes de acero para proporcionar una resistencia adecuada a las fuerzas a las que estara sometida. La fig. 5.15 nos muestra este tipo de construcción.

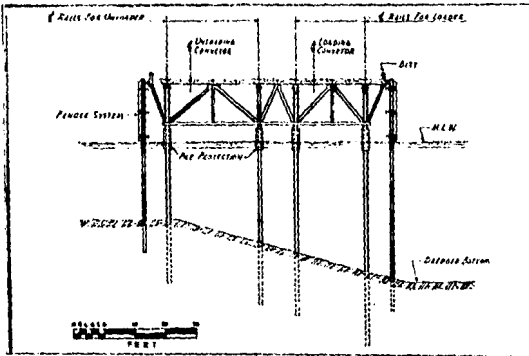


FIG. 5.15

CARGAS A SER USADAS EN EL DISEÑO. Cuando el tipo de muelle y el aspecto de su construcción general ha sido determinado, sera necesario establecer las cargas laterales y verticales para las cuales el muelle sera diseñado. Estas consistiran de las siguientes.

Las cargas laterales se presentan a causa de la tensión de las sogas de amarre de el barco en o a lo largo del muelle como por la detención de el barco junto al muelle contra la fuerza de el viento o de la corriente.

El impacto de atraque es causado por el barco que golpea al muelle cuando esta atracando. Por tal motivo deben ser diseñados sistemas de defensa para absor-

ber la energía de impacto de el atraque, y la fuerza resultante que sera resistida por el muelle dependera de el tipo y construcción de defensa, asi como también resistira la deflexión de el muelle, si este esta diseñado como una estructura flexible.

Las furzas sismicas tendran que ser consideradas si dentro del area de un sismografo existen disturbios.

Las cargas verticales consistiran de el peso muerto de la estructura, definida como carga muerta, y la carga viva la cual consistira por lo general de una carga uniforme y de la carga sobre ruedas de los camiones, vagones de ferrocarril, o locomotoras, de las gruas para el manejo de la carga, y del equipo.

## 5.5 SISTEMAS DE DEFENSA A MUELLES

La principal función de una defensa de muelle es la de prevenir al barco y/o al muelle de ser dañados durante el atraque y las operaciones de amarre. Bajo condiciones idoneas y bajo un perfecto control un barco podria entrar a un muelle sin golpear severamente con la proa, sin embargo aun es esencial es separar al barco de el muelle con alguna forma de franja de fricción de madera o de hule - la cual evitara que la pintura sea dañada a consecuencia del relativo movimiento entre el muelle y el barco, causado por el viento y las olas. Un tronco --- flotante o "flotador de defensa", como se muestra en la fig. 5.16 es algunas veces colocado entre el barco y el sistema de defensa o entre la superficie de el muelle. Este cumple con dos propositos: el mantener al barco a una cierta distancia de la superficie de el muelle, y ayudar para distribuir la carga a lo largo de el sistema de defensa. Esto es de particular importancia cuando un -- barco grande esta atracado a lo largo de un espigón de madera con pilotes de -- defensa de madera.

**TIPOS DE DEFENSAS.** En su forma más simple la defensa puede ser un miembro de madera horizontal o un cierto número de miembros de madera verticales o de franjas de fricción fijadas a la plataforma o a la superficie de el muelle. Para estos miembros verticales, los pilotes de madera pueden ser usados o ellos pueden ser recubiertos con madera a nivel del agua y fijados a la plataforma.

La madera por si misma puede absorber una cierta cantidad de energía debido a que esta comprimida, y, si la defensa es construida con un sustancial espesor la fuerza de impacto sera considerablemente reducida. Los pilotes de defensa de madera, los cuales son colocados retirados de el muelle con una ligera inclinación de 1:24, absorberan la energía debido a la deflexión que ocurre cuando -- son golpeados por el barco. Sin embargo, con el constante desarrollo de barcos

de mayor tonelaje, se han tenido que diseñar sistemas de defensa flexibles que absorban tales impactos.

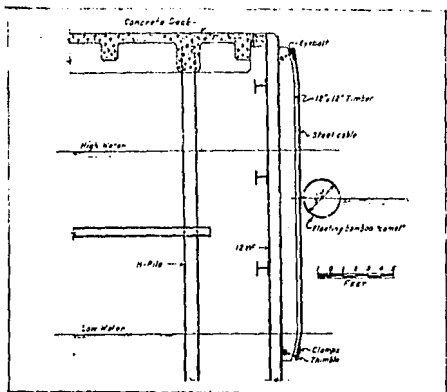


FIG. 5.16

El hule o caucho se ha venido extendiendo en su empleo para sistemas de defensa. Las llantas de hule fijadas sobre el lado de un muelle son un ejemplo de su utilización como una defensa. Un uso singular de la llanta de hule como una defensa se muestra en la fig. 5.17, en la cual llantas de camion estan montadas sobre ruedas colocadas en una posición horizontal a lo largo de la superficie de el muelle y giran sobre sus ejes colocadas en la plataforma de concreto, con lo cual se elimina la fricción longitudinal entre el barco y la superficie de el muelle. Este tipo podria ser apropiado solo en sitios en donde el agua es tranquila y la variación de marea es pequeña.

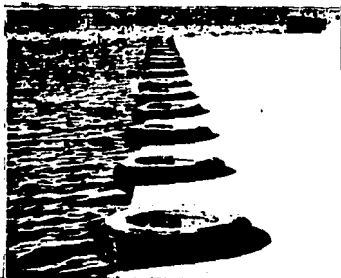
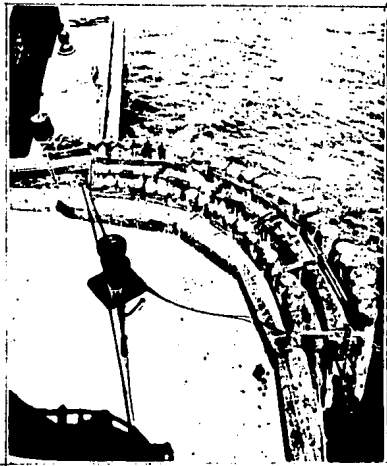
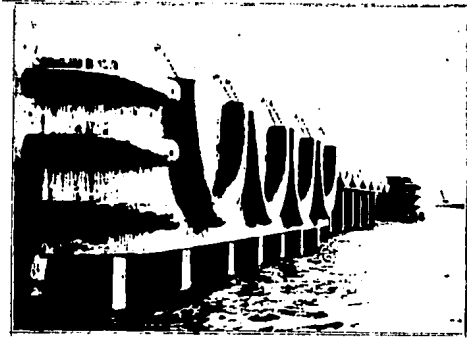
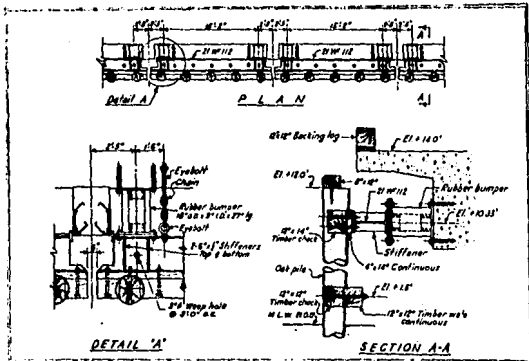
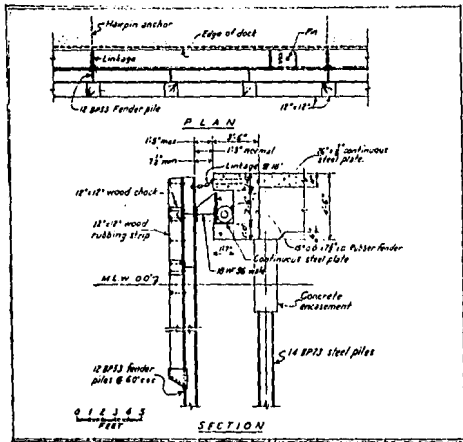
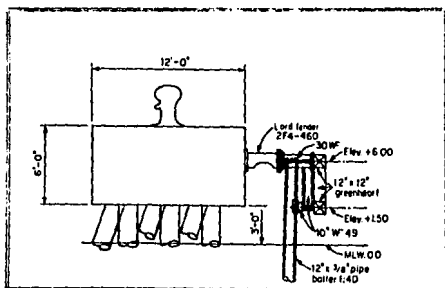
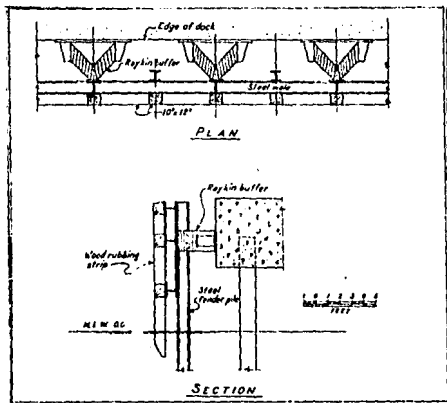


FIG. 5.17

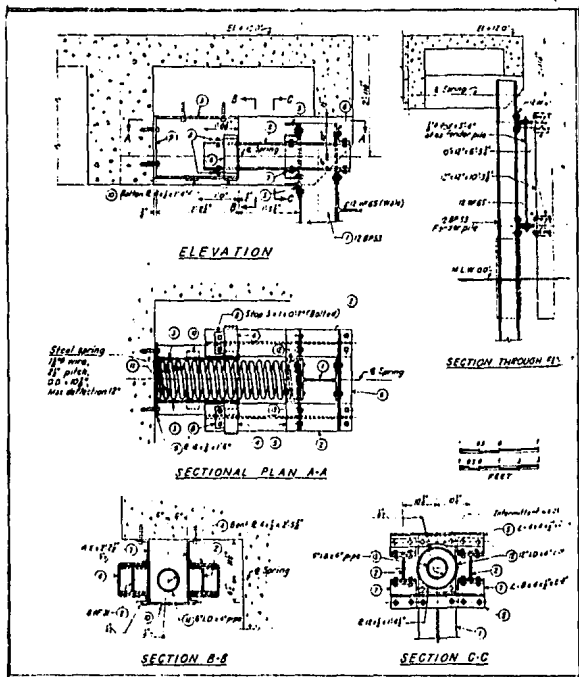
En las siguientes ilustraciones se da una idea más clara de estos sistemas.

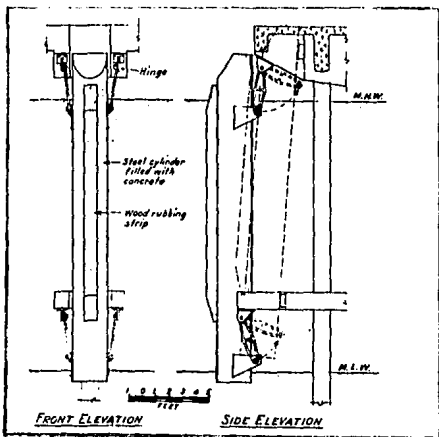
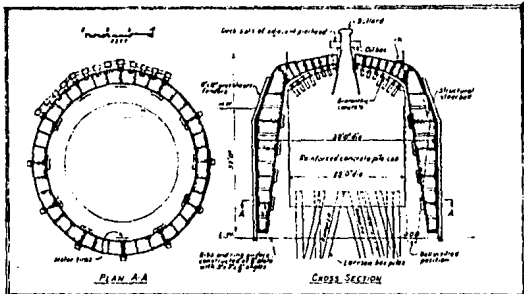


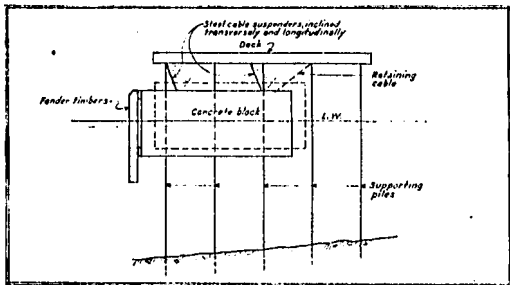
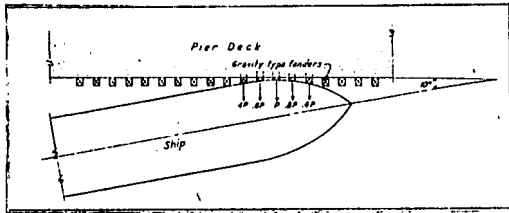


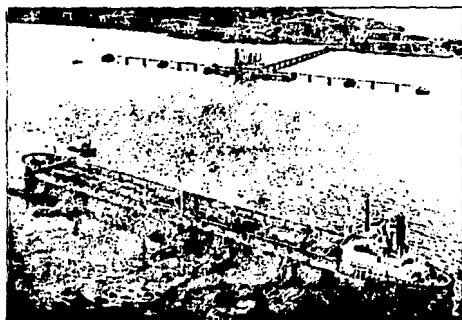












## 5.6 DUQUES DE ALBA O DOLPHINS

Los dolphins son diseñados principalmente para recibir las cargas de impacto horizontales y/o las fuerzas de el viento y la corriente, tal impacto sucede cuando el barco esta atracando y durante el tiempo en que este es amarrado. Estas fuerzas son determinadas de la misma forma que para el diseño de muelles.

Los dolphins pueden ser de tipo flexible o rigido. Los grupos de pilotes de madera son un ejemplo del primer tipo. Estos son hincados en grupos de 3, 7, 19 etc. pilotes, los cuales son enrollados con cable galvanizado, como se muestra en la fig. 5.18. El pilote del centro de cada grupo por lo general es dejado a unos 3ft arriba de los demas pilotes para proporcionar un medio de fijación a las sogas de amarre de el barco.

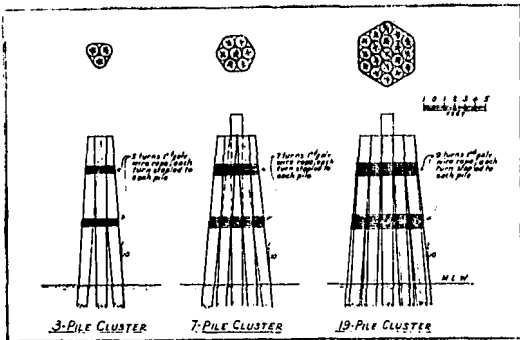


FIG. 5.18

Una modificación de este tipo de dolphins consiste en acomodar los pilotes de acuerdo a un modelo simetricamente, a fin de que ellos esten sobre una ligera inclinación y sean apernados a miembros de madera transversales situados exactamente sobre el nivel de marea baja, y con una armazón de madera en la parte de arriba, como se muestra en la fig. 5.19.

Los cilindros grandes de acero y los grupos de pilotes tubulares de madera -- también han sido utilizados para proporcionar dolphins flexibles, como los que se ven en las fig. 5.20, 5.21 y 5.22. En general, los dolphins de el tipo flexible han sido usados para que amarren pequeños barcos que no exceden de los 5,000 DWT (tonelaje de carga), o como una defensa externa para la protección de muelles o para enfrentar barcos algo grandes enfrente de las plataformas de carga y de estructuras no diseñadas para resistir el impacto de los barcos. Las condiciones del suelo del fondo deben ser las adecuadas para este tipo de ins--

talación; de lo contrario, si el suelo es demasiado blando, los dolphins o grupos de pilotes no retornaran a su posición original despues de haber sido golpeados por el barco, y su capacidad de absorción de energia por deflexión sera gradualmente disipada.

Para barcos cargueros grandes y buques petroleros de la clase T-2 (9,000 a --17,000 DWT) una plataforma de madera del tipo delfin rigido, que utilice pilotes de madera inclinados, pueden ser usados como amarras y para hacer frente al impacto de el barco.

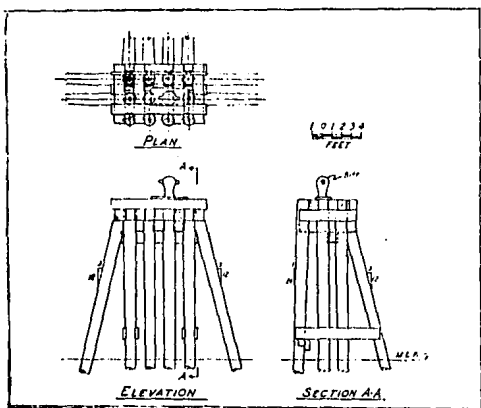


FIG. 5.19

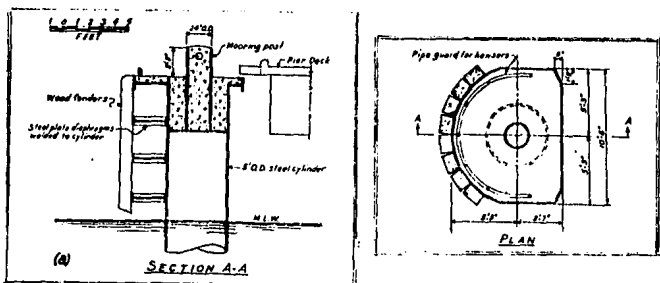


FIG. 5.20

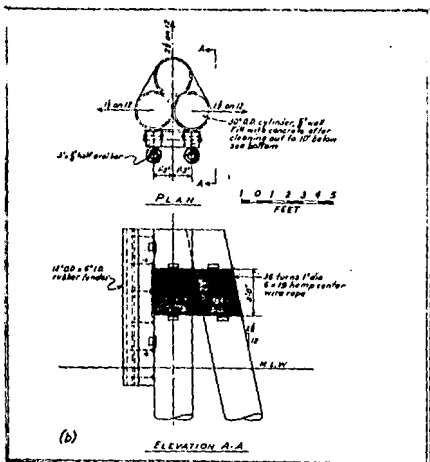


FIG. 5.21



FIG. 5.22

Puesto que la plataforma de madera es de relativamente peso ligero, su estabilidad lateral depende de un amplio limite sobre el valor limite de los pilotes de madera. En general, una fuerza lateral de 40 a 50 tons. es casi lo más que un delfin de este tipo puede resistir sin que sea demasiado grande y difícil de construir.

Si las condiciones del suelo en el fondo son las adecuadas, las celulas para tablaestacado hacen excelentes delfins y pueden ser diseñados para resistir las fuerzas de los barcos más grandes, si es provisto el delfin de defensas adecuadas. Las celulas, debido a su forma circular, son bastante apropiadas para --- delfins de viraje, para el remolque o giro de el barco alrededor de el extremo del muelle. Dicho delfin, con sistema de defensa, se ve en la fig. 5.23.

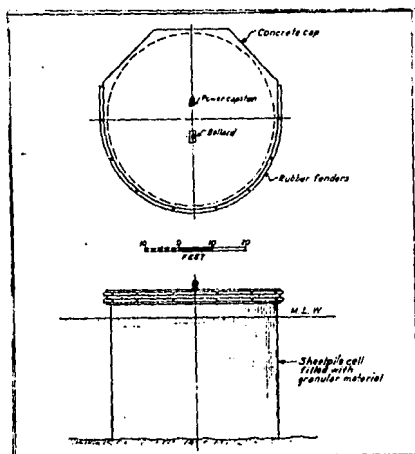


FIG. 5.23

Los delfins celulares son por lo general coronados con una losa maciza de concreto para que el poste de amarre o bolardo sean fijados. Cuando barcos grandes son los que seran manejados, un cabrestante dotado de motor debera ser proporcionado, para atraer las pesadas sogas de amarre de cable de acero.

Como los barcos son construidos cada vez más grandes, el diseño de delfins se ha inclinado al uso de plataformas macizas de concreto de losas soportadas por pilotes verticales e inclinados, generalmente de acero, aun cuando también son utilizados pilotes prefabricados de concreto.



## 5.7 ESPOLONES, PUNTES DE CABALLETE, Y PASILLOS

Muchos espigones estan situados a una distancia considerable de la costa, en -- donde el agua cercana a la orilla del extremo de el espigón es de profundidad -- suficiente para recibir a los barcos más grandes que usaran el espigón, cuando -- estos tienen un calado en plena carga, o en donde no es economico aumentar la -- profundidad del agua junto a la orilla, a la profundidad requerida por medio -- del dragado. En dichos casos, el acceso desde el continente o tierra firme --- hasta el extremo de el espigón cercano a la orilla tendra que ser atraves de un espolon o un puente de caballete o de una combinación de ambos.

Un espolon es un relleno, por lo general de roca, que se extiende hacia fuera de la costa, con sus taludes laterales protegidos contra la erosión por enrocamiento o coraza de roca, y con su superficie superior más ancha de lo requerido y de mayor pendiente para poder instalar las instalaciones y servicios que pueden ser requeridos para servir al espigón, tal como caminos, banquetas, vías ferroviarias, servicios publicos, tuberias, y transportadores. La fig. 5.24 -- muestra una típica sección de un espolon. En general, se ha encontrado que resulta más economico usar un espolon en vez de un puente de caballete que se --- extiende desde la costa hasta donde la profundidad del agua es aproximadamente de 10ft, asumiendo que el material adecuado de relleno es disponible facilmente y que la corona de el espolon no estara arriba de la altura normal de 12 a 15ft sobre el nivel de marea baja, teniendo que la maxima altura de el espolon sera de 25ft. Debe tenerse en mente que de 8 a 10ft es casi la profundidad mínima -- de agua a la que el equipo flotante puede operar con seguridad; por lo tanto, -- si un puente de caballete sera construido en aguas poco profundas, tendra que -- ser hecho por el metodo de arriba. El espolon tendra que ser construido con -- taludes estables, protegidos por una coraza de roca de un tamaño que dependera de el grado de exposición. El relleno interior o nucleo, a menos de que este -- en un area muy protegida, debera ser de roca tal como sale de la cantera para --

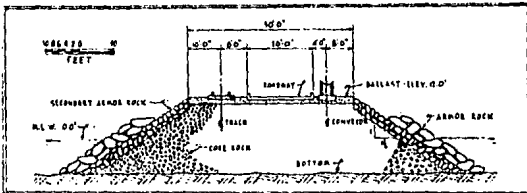


FIG. 5.24

que no sean llevadas por las olas y marejadas antes de que queden debidamente protegidas. En general, los requerimientos para el diseño concordaran con los de escolleras, teniendo presente que como el material del nucleo puede servir de apoyo a un camino o a un lecho de via, etc., este no debera ser erosionado o sufrir futuros asentamientos.

Un puente de caballete sera por lo general de una construcción más ligera que la de un espigon, ya que este no tiene que resistir el atraque de el barco y -- las fuerzas de amarre. Las cargas verticales seran las principales fuerzas a -- ser consideradas, aun cuando tendra que ser proporcionada una estabilidad lateral suficiente para tomar precaución de corrientes, viento, hielo y fuerzas --- sismicas, y del ladoo a causa del equipo, en donde este exista. Generalmente -- se ha encontrado que los pilotes inclinados pueden ser omitidos en donde la altura sobre el fondo firme sea de 25ft o menos y el puente de caballete no este sujeto a fuerzas sismicas o a fuerzas imprevistas causadas por el equipo. En -- aguas de mayor profundidad, los pilotes inclinados seran requeridos en todo el caballete o alternadamente. Las cargas vivas verticales pueden consistir de un o más de las siguientes: camiones de H-10 a H-20, cargas de ferrocarril, auto -- grua o grua mobil (unicamente el peso muerto), tuberias llenadas con liquidos, transportadores cargados, o una carga uniforme de 250 lb/ft<sup>2</sup>.

Las plataformas de losas prefabricadas y pretensadas de concreto se han encontrado economicas para la construcción de puente de caballete con camino. La -- fig. 5.25, nos muestra la sección de un viaducto de concreto.

Una típica sección de un puente de caballete de madera se ve en la fig. 5.26. Este tipo de construcción es muy economica y es particularmente adecuada para -- uso temporal o de corto plazo.

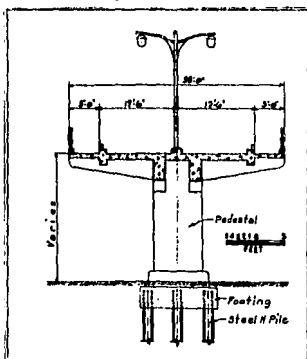


FIG. 5.25

Los pasillos son usados para proporcionar de acceso a y entre los dolphins. -- Estos pasajes proveen un conveniente medio de soltar las sogas de el barco de sus amarras; de lo contrario estas deben ser manejadas por botes. En su forma más sencilla, se muestra en la fig. 5.27, la cual conciste de un ligero pasillo de madera, con barandal, soportado sobre parejas de pilotes de madera. Una carga viva de 100 lb/ft' por lo general es adecuada para el diseño de estos pasajes.

FIG. 5.26

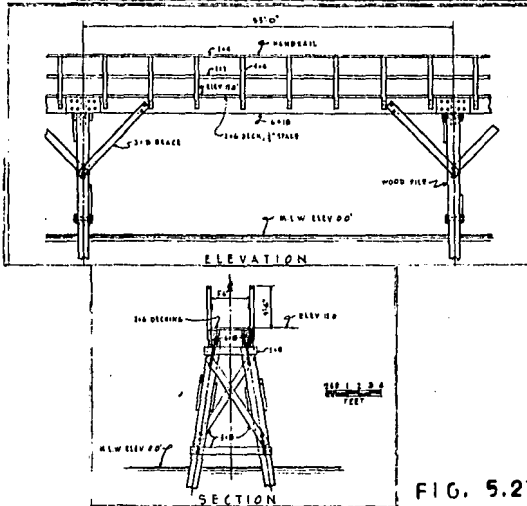
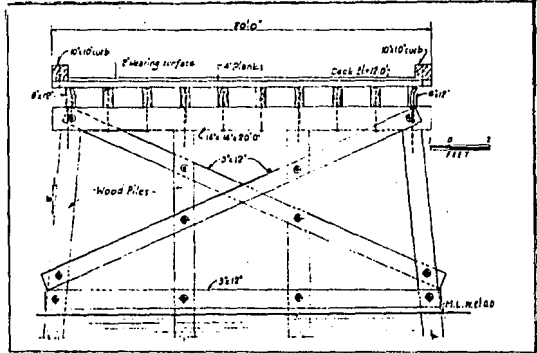


FIG. 5.27

## 5.8 AMARRAS CERCANAS A LA COSTA

A partir del enorme crecimiento de la industria petrolera se han venido utilizando terminales marítimas con líneas submarinas para proporcionar un medio por el cual se transfiera el petróleo en tuberías debajo del agua entre el almacénaje en la costa y el barco petrolero. En el pasado no existía mayor problema para que atracasen dichas embarcaciones en un puerto, pero en la actualidad tienen que ser diseñadas instalaciones especiales para el manejo de barcos petroleros con más de 500,000 DWT. Una de las principales dificultades es la falta de radas y canales con suficiente profundidad de agua para dar acomodo a estos grandes buques los cuales llegan a tener calados hasta de 89ft cuando están totalmente cargados. Una solución a este problema ha sido el transferir suficiente carga a embarcaciones más pequeñas o sea de menor calado en aguas profundas hasta reducir el calado lo suficientemente como para permitir que el barco haga uso de los canales y radas disponibles, y atraque en sus instalaciones. Este es un procedimiento costoso y debe ser evitado si es posible. Sin embargo, el costo de construcción de espigones convencionales puede ser incosteable debido a la gran cantidad de dragado requerido o a su gran distancia de la costa y a la profundidad de el agua en la que ellos deben estar situados. Además las condiciones de exposición pueden hacer inseguro el muelle en contraste con una estructura de tipo fijo. Cuando una o más de estas condiciones existen, y el cargamento a ser manejado es carga a granel, una amarra cercana a la costa puede ser la más económica y satisfactoria solución al problema.

Un barco puede estar anclado cerca de la costa con sus propias anclas, o por una boya o grupo de boyas, o por una combinación de sus propias anclas y con boyas. Cuando está anclado solo por sus anclas se mecera generalmente paralelo con el viento o la corriente. Dicho amarre no es apropiado para la carga y descarga del cargamento en una terminal marítima si el viento y la corriente varían en dirección de cuando en cuando. Sin embargo, las amarras de una sola boya han sido construidas, las cuales permiten la carga en manguera para girar junto con el barco ya que este gira a una posición de menor resistencia al viento, olas y corriente. Una amarra de este tipo se ve en la fig. 5.28

Las terminales marítimas son utilizadas primordialmente para la carga y/o descarga de petróleo, aun cuando en ocasiones llegan a manejar carga a granel. Prescindiendo de el tipo de carga que sea manejada, es esencial que el barco tenga una posición mas o menos fija con respecto a el punto de carga durante la transferencia. Por lo tanto el barco debe contar con un suficiente número de sogas de amarre para asirlo en contra de las fuerzas de el viento, corriente, y olas.

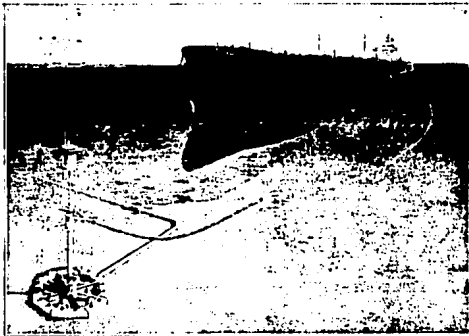


FIG. 5.28

Hay diferencia de opinion entre los operarios de una terminal maritima con respecto a el número de boyas de amarre requeridas en un atracadero maritimo, - con lo cual resulta que los amarres en diferentes terminales varian un poco en este sentido. Hay variaciones de entre dos a ocho boyas, el número de estas es determinado por el tamaño de los barcos que haran uso de la terminal; el viento, la corriente, y las olas; las condiciones del fondo marino; y las condiciones - economicas. La fig. 5.29 nos muestra diferentes colocaciones de amarres que -- concisten de tres a ocho boyas, ayudados en la mayoría de los casos con alguna de las anclas de el barco o con ambas. La colocación más comun para barcos petroleros hasta de clase T-2 es la de atraque de tres boyas que tiene dos cuartos de soga y una soga en popa, ayudado por las anclas de el barco colocadas a un angulo de  $30^{\circ}$  a  $45^{\circ}$  frente a la pros. En donde los vientos fuertes pueden - ocurrir de costado al barco, dos sogas adicionales de arrojamiento pueden - ser añadidas creando un atraque de cinco boyas. Para los supertanques hasta de 100,000 DWT, atraques de seis a ocho boyas han sido encontrados necesarios para asegurar un amarre seguro. En donde la dirección de los vientos reinantes puede variar en diferentes epocas del año, puede ser necesario proporcionar un -- atraque de ocho boyas con boyas para cuarto de sogas a ambos extremos de el -- atracadero para amarrar al barco en uno u otro de sus frentes.

En general, el barco necesitara aproximarse al atracadero de frente a el viento y soltar su primer ancla ya sea a babor o a estribor, dependiendo de cual -- sea la dirección de el viento. Al mismo tiempo, la darsena para embarcaciones

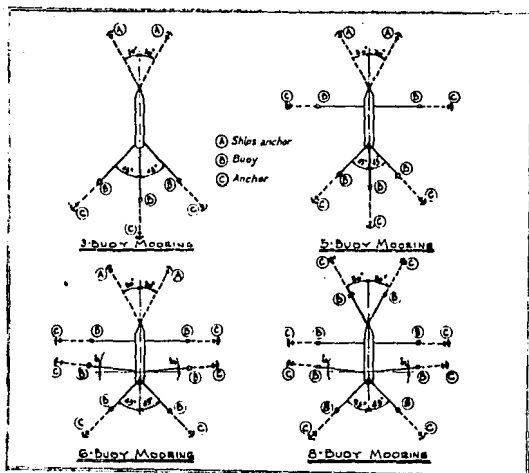


FIG. 5.29

pequeñas omitira el correspondiente cuarto de sogas frente a la popa y amarrarlo a la boya. Después de esto, el barco maniobrara en posición para soltar su segunda ancla, el cuarto de sogas correspondiente frente a la popa sera echada. -- El proximo paso sera la fijación de las sogas de arrosamiento, y el barco entonces sera remolcado en la posición conveniente con respecto a los puntos de carga por medio de los malacates de amarre de el barco, los grandes barcos llevan hasta 1,500ft de cable de acero en un malacate. En vista de que las condiciones variaran en las distintas terminales maritimas de carga, un cuidadoso -- procedimiento de amarre, en conjunción con la ubicación de las boyas, tendra -- que ser ejecutado para cada sitio. El recorrido de las sogas tendra que ser -- establecido de modo que el capitan de el barco sabra como aproximarse al atra-- cadero y en donde soltar las anclas de el barco.

El amarre debera estar situado lo más cerca posible de la costa, compatible -- con la profundidad de agua requerida. Para los grandes supertanques una profundidad de casi 60ft en el punto de carga es requerida para proporcionar una adecuada profundidad hacia la costa para la segura maniobrabilidad del barco. Las más importantes terminales maritimas estan localizadas dentro de una distancia de una milla de la línea costera y las amarras son colocadas hacia fuera de esta distancia, lo más posible, para los barcos que enfrentan el viento, las olas

y las corrientes. Sin embargo, esto no siempre es posible y el atracadero puede requerir un frente bidireccional, o el barco puede parar en el extremo de una plataforma exterior con transportador de carga, en una dirección más o menos paralela a la costa. Esto tendrá una importante relación con el espacio que será destinado para atracaderos si la terminal marítima contara con más de un atracadero. Aparte de este factor, las dimensiones de un múltiple atracadero marino dependerán de la distribución de las boyas y del tamaño de los barcos que serán atracados. En general, los supertanques de 35,000 a 100,000 DWT requerirán un espacio de atraque de centro a centro de 3,500 a 5,000ft. La longitud total, de anclas de proa a popa, variará de 2,200 a 2,600ft dependiendo de si un frente bidireccional o unidireccional es proporcionado para la distribución de boyas.

Los componentes de una boya de amarre o de anclaje consisten de la boya de amarre y la plomada, el ancla o anclas, y la cadena de conexión o de tierra entre las ramblas y la boya de amarre. La fig. 5.30 nos muestra una típica unidad de una boya de amarre.

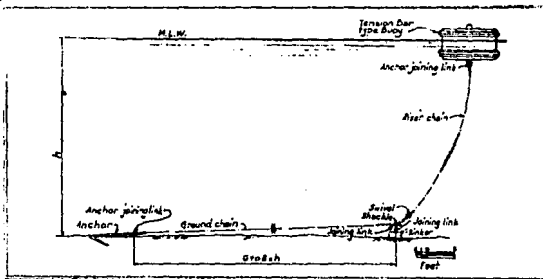


FIG. 5.30

Las boyas de anclaje son por lo general grandes boyas cilíndricas o de tambor provistas con riostras pasantes en los cuales el gancho de amarre es asegurado en el extremo superior y la cadena de el ancla en el extremo que está debajo del agua. Las sogas de el barco son atadas al gancho de amarre en la boya, la cual frecuentemente tiene un gancho de tipo autodesenganchable, lo cual permite que las sogas de amarre de el barco sean desenganchadas de la boya por un hombre en una lancha o sobre el propio barco. Las boyas de amarre son diseñadas para tener suficiente flotabilidad, sus cadenas son por lo general de acero fundido. Una plomada de concreto es usada para posicionar la boya de amarre. El amarre de cable de acero está generalmente galvanizado para grandes barcos.

## 5.9 ACCESORIOS DE AMARRE

Un barco grande puede amarrarse al muelle con sogas de proa y popa y con sogas de arrojamiento y de arranque, como se muestra en la fig. 5.31. Estas cuerdas pueden ser aseguradas a accesorios de amarre conocidos como bolardos, doble o sencillo, los cuales son colocados a lo largo de la superficie de el muelle a cada 50 a 80ft. Los accesorio más grandes llamados postes de amarre de esquina son algunas veces colocados en las esquinas fuera de la costa de un espigon o en los extremos de un embarcadero. Ellos son usados principalmente mientras se acerca el barco al muelle o mientras espia alrededor de las esquinas de el espigon o vira alrededor de el dolfín.

Los bolardos o bitas sencillas son diseñadas por lo general para soportar la tensión de las cuerdas de 35 tons y los postes de amarre de esquina para soportar tensiones de 50 tons., aun cuando diseños especiales pueden ser hechos para tensiones en cuerda de hasta 100 tons.

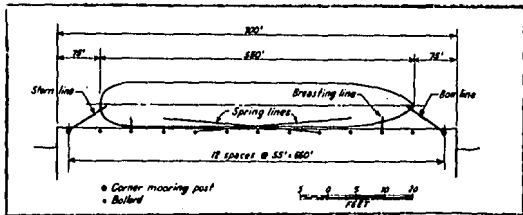


FIG. 5.31

Estos accesorios son fijados a la plataforma, si es de concreto, por medio de tornillos galvanizados que pasan a través de casquillos de tubo colocados en el concreto, que permiten a los tornillos ser quitados después de algún tiempo, si sufren algún daño. La base de el tubo de conexión es rellenado con lechada de concreto en un hueco hecho en la plataforma, lo cual permite que el esfuerzo cortante de la cuerda a tensión sea transmitido directamente a el apoyo de la plataforma de concreto. Cuando grandes y largas cuerdas de cable de acero serán manejadas, particularmente cuando son fijadas a dolfins, las cuerdas son tensadas en el accesorio de amarre por medio malacates los cuales pueden ser operados ya sea electrónicamente o neumáticamente. Donde las cuerdas de amarre son fijadas a las boyas o a los dolfins estas serán llevadas únicamente por un servicio de lancha, el acero para cable de remolque puede ser proporcionado con ganchos desenganchables, los cuales permitirán desamarrear las cuerdas de los barcos por lo ligero de el gancho con una pequeña sogas de cañamo desde el barco.



Pequeños barcos, remolcadores, y botes de trabajo son por lo general atados a abrazaderas las cuales son espaciadas de 30 a 40ft de sus centros a lo largo de la superficie de el muelle.

Cornamusas de guia abierta o cerrada son usadas para cuerdas que sirven de -- guia, estas estan siendo empleadas cuando hay un cambio en la dirección vertical como horizontal de la cuerda. Los diferentes accesorios de amarre descritos anteriormente se muestran en la fig. 5.32.

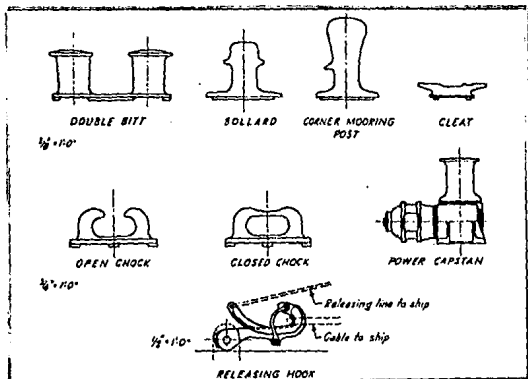


FIG. 5.32

#### 5.10 SERVICIOS PUBLICOS EN UNA TERMINAL DE EMBARQUE

**ALUMBRADO.** Las terminales de embarque son por lo general requeridas para trabajar en la noche como también durante las horas de luz natural, y, por lo tanto una iluminación satisfactoria debe ser proporcionada para las maniobras de -- en la noche. Para trabajar en areas abiertas sobre el espigon en donde ocurre la carga y descarga de los barcos; una intensidad de iluminación de por lo menos bujías de 5ft deberan ser mantenidas. Esto puede ser llevado a cabo por un sistema de iluminación de intemperie colocado en puntos estrategicos. La construcción de bodegas o almacenes dentro del area de la terminal seran suministradas con lamparas incandescentes o fluorescentes, las cuales también surtirán alrededor de bujías de 5ft. Otras areas o construcciones portuarias, tales como las administrativas, salas de espera para pasajeros, oficinas de seguridad y aduana, y restaurante requeriran niveles de iluminación más altos, entre bujías de 20 a

50ft, dependiendo de el tipo de trabajo realizado allí dentro.

En resumen para iluminar el area abierta de trabajo, que requiera ser encendida solo durante los periodos de maniobras nocturnas, la iluminación de seguridad debe ser proporcionada en todos lo caminos y pasillos durante toda la noche. Aquí un nivel de iluminación de entre bujias de 0.2 y 0.5ft es generalmente --- provisto por unidades de iluminación del alumbrado de la calle montadas sobre - postes.

Puesto que una de las funciones de la terminal de embarque como parte de un - sistema portuario son la guardia costera, o alguna otra autoridad local, por lo general requerira de ciertos fanales especificos, que sirvan de ayuda a la navegacion, siendo colocados sobre el espigón, o cerca de la costa, o montados sobre las boyas dentro de la rada. En donde la colocación de estos alumbrados de navegacion no tienen facilmente disponible el servicio de energia electrica, es comun suministrar a cada alumbrado de navegacion con una bateria independiente de baja descarga, la cual tiene una larga vida y proporciona una segura continuidad de operacion.

**ENERGIA ELECTRICA.** En la terminal de embarque, el equipo mecanico requerido para la carga y descarga de los barcos y para el almacenamiento de varios, depende de la clase de materiales manejados. Este puede incluir grandes grúas de pórtico para mineral, grúas corredizas, transportadores, bombas, equipo para el manejo de mangueras, vagones o camiones de volteo. Mientras algunos de estos - pueden ser manejados por diesel, gasolina, gas, o maquinas de vapor, la tendencia hoy en dia es utilizar motores electricos para el manejo de este equipo --- a causa de el mayor control que resulta de ahí. En donde un grande número de - motores son requeridos uno o más centros de control de motor son por lo general proporcionados en sitios convenientes, cada uno conteniendo los arrancadores, - dispositivos protectores, y relevadores requeridos para un cierto número de motores. La operacion de el equipo sera controlada desde estaciones remotas con solo presionar un boton o desde interruptores limitadores localizados en el e-- quipo de modo que la operacion automatica o secuencial pueda ser proporcionada.

El diseño electrico de una terminal de embarque debe ser tomada dentro de la consideracion de el tipo de material que sera manejado. En donde materiales -- explosivos o combustibles estan involucrados ellos pueden crear en la atmosfera una combinacion peligrosa de gases, vapores o polvos. Por lo tanto, solo el equipo electrico especialmente diseñado puede ser usado dentro de estas areas -- designadas como sitios peligrosos. Algunos reglamentos de instalaciones elec-- tricas requieren el apego al diseño especial de motores, arrancadores, trans--- formadores, interruptores, artefactos de iluminacion, receptaculos, y otros e-- quipos electricos instalados dentro de su zona de peligro. Generalmente descri-

ta como "a prueba de explosiones", este tipo de equipo electrico es requerido - en donde la terminal maneja gasolina, bencina, alcohol, o algun otro inflamable, liquidos volátiles.

Mientras la conexión a tierra de los bastidores de el equipo electrico y de - algun otro metal no conductor de la corriente en cualquier terminal de embarque es un requerimiento normal de seguridad, las consideraciones especiales de la - conexión a tierra son necesarias en donde la gasolina o algunos otros liquidos volátiles inflamables sean bombeados hacia o desde el espigon para que el barco sea amarrado. El peligro aumenta de hecho cuando el barco puede haber recogido una carga electrica estatica mientras navegaba en camino a su posición actual. Esta carga podria ser transmitida a la manguera de el barco, y cuando esta es - conectada al acoplamiento en el espigon, una chispa podria sobrevenir y con la presencia de una mezcla atmosferica combustible provocaria algun desastre. Para eliminar tal posibilidad un interruptor de desconexión en tierra es propor-- cionado. Una terminal de el interruptor esta permanentemente conectada al te-- rreno de el espigon, y la otra terminal es conectada a un largo cable aislado - flexible con un gancho de grapa asegurado al extremo de el barco. Cuando un -- barco es amarrado, y antes que cualquier conexión de manguera sea hecha, la gra-- pa es conectada al casco de acero de el barco con el interruptor en la posición abierta. El interruptor es entonces cerrado, y asi la conexión a tierra de -- cualquier carga estatica en el barco, la conexión de la manguera puede ser he-- cha entonces con seguridad.

COMUNICACIONES. En el curso normal de operación de una terminal de embarque, esta es frecuentemente necesaria para el intercambio de información entre el -- capitán a bordo de el barco y el operador de la torre de carga en el espigon -- mientras la bodega de el barco esta siendo descargada o cargada. Emplear sus - voces para comunicarse directamente podria ser algo dificil, mientras la opera-- ción de carga esta en marcha, debido a el ruido producido por la maquinaria y - por el transportador. Señalizaciones manuales podrian ser usadas, pero esto -- limitaria la información que podria ser solicitada y ciertamente es un metodo - muy primitivo. Ademas puede ser necesario para el operador de la torre conver-- sar con el operador del transportador alimentador localizado remotamente el --- cual esta trayendo el material desde el area de acopio a la torre, y finalmente con el controlador de la terminal localizado en las oficinas de el espigon, --- quien puede querer hablar con cualquiera del staff de operaciones. Por lo que se ha encontrado ventajoso instalar un sistema de intercomunicación con telefo-- nos localizados en puntos estrategicos. Este es por lo general un sistema te-- lefonico sencillo en donde uno pueda levantar un receptor y usar un boton de -- presión (o manivela con un magnetofono) y por un anillo de claves llamar a ---

quien se desee. El problema surge con la conexión telefonica entre el capitán del barco y el circuito interno de comunicación. Esta es frecuentemente llevada a cabo por medio de telefonos que tengan receptaculos de salida situados en varios puntos a lo largo de el lado del espigon. Un telefono portatil con una larga extensión de cable y un obturador en sus extremo es proporcionado. Cuando el barco es atado, la clavija telefonico es conectado al receptaculo más cercano a la bodega que sera cargada, y el telefono portatil este colocado a bordo, haciendo posible de esta forma una conversación entre el hombre situado en la bodega de el barco y cualquiera de los operarios de la terminal. En donde en el barco en puerto sea de pasajeros y/o de carga, la comunicación con la terminal de embarque es realizada por la conexión de una clavija conectada a una extensión de alambre que procede de el sistema telefonico de el barco hasta uno de los receptaculos de salida telefonica en el espigon.

**SUMINISTRO DE ENERGIA.** Todos los requerimientos de energia electrica para una terminal de embarque son generalmente suministrados por uno o más alimentadores que proceden de una subestación cercana. En donde la demanda incluye una gran cantidad de energia para maquinaria e iluminación para un area considerable, un alimentador primario de 2,400 volts, trifasico, es por lo general empleado. En donde los requerimientos de energia son pequeños y la iluminación es requerida solo la fundamental, un alimentador secundario de 440 volts, trifasico, es instalado con transformadores reductores para proveer del servicio de iluminación. Como una alternativa, en donde sólo una pequeña area esta implicada, el alimentador secundario trifasico puede suministrar 208 volt en cuatro alambres de servicio los cuales pueden ser usados directamente para iluminación sin que requiera de transformadores reductores.

En donde las instalaciones de carga a ser construidas estaran en areas remotas a la costa, ahí puede no estar una subestación cercana o ni aun un servicio publico que sirva el area. En tal caso sera necesario incluir en las obras de el puerto una planta de energia que proporcione la energia electrica requerida. Esta planta por lo general se compone de 2 o más generadores de 50 a 500 Kw de capacidad cada uno, directamente conectados a motores diesel, de gasolina, o de gas. La selección de un motor primario dependera de la disponibilidad de los diferentes tipos de combustible requerido. En la actualidad, en areas remotas en donde ni combustible ni agua son facilmente disponibles, la posibilidad de que se instale una planta de energia atomica debiera ser considerada. Todos los tipos de plantas de energia incluiran el equipo asociado al arranque del motor y a la regulación de la velocidad así como el generador de control, los dispositivos de sincronización, medidores, y el tanque de almacenamiento de combustible que sea necesario.

DISTRIBUCION DE LA ENERGIA ELECTRICA. El funcionamiento de los alimentadores de distribución y de algunos otros conductores electricos fuera de un espigón -- frecuentemente presentan especiales problemas. Puesto que los conductores arriba mencionados son por lo general inadecuados a causa de su posible interferencia con gruas o algun otro equipo de carga, es comun instalar los conductores -- de distribución electrica y sus ramales en conductos de acero galvanizado o en ductos de asbesto cemento. Cuando los conductos de acero son utilizados, ellos pueden ser colocados a la interperie debajo de el espigon o preferiblemente --- ahogados en la plataforma o en las vigas de el espigon, si esta es una estructura de concreto. Los ductos de asbesto cemento deberian estar siempre ahogados -- puesto que este material no es considerado satisfactorio para ponerse a la interperie a causa de posibles daños rutinarios. La instalación de el conducto o ducto requiere la inclusión de cajas de paso ahogadas o a la interperie asi como de cajas de empalme en iguales condiciones. Estas son por lo general hechas de piezas galvanizadas de hierro fundido y son montadas en sitios accesibles. -- A causa de la presencia de humedad un aislamiento resistente a la humedad con -- una envoltura de neopreno para protección rutinaria es considerada conveniente para la cubierta del conductor.

Grandes torres o gruas moviles de carga son montadas sobre vias de rodamiento. La energia electrica para propulsión y otros requerimientos de energia para la grúa o torre son suministrados por troles o por un carrete de cable replegable, la selección por lo general se hace dependiendo de el costo comparativo de estos dos tipos de instalación. El carrete de cable es montado sobre una estructura movil. En donde los cables son pequeños, carretes de cable de resortes -- replegables son satisfactorios. Sin embargo, en donde el cable es de gran diametro, el carrete de cable es operado por motor.

SUMINISTRO DE AGUA POTABLE. Para el uso de el personal de la terminal para -- fines sanitarios y también para el reabastecimiento de el suministro de agua -- potable a bordo del barco, el agua potable es un importante articulo de consumo de primera necesidad. Este no presenta problema alguno en donde la terminal es ubicada dentro de un area urbana o en union con otras instalaciones las cuales son suministradas con agua para beber. Hay, por supuesto, muchos casos en donde las terminales estan localizadas remotamente más allá del alcance de cualquier suministro de agua establecido. En tal caso el agua puede ser obtenida -- de pozos o de algunas otras fuentes, pero a falta de estas, el agua puede tener que ser transportada en buques tanque o en el lastr de el barco, en estos casos adecuados almacenes para agua seran requeridos para mantener el suministro entre embarques. Generalmente el agua es obtenida de alguna fuente local y la -- necesidad de su importación es poco frecuente.

Las instalaciones sanitarias por lo general son confinadas a construcciones tales como bodegas y cobertizos, oficinas administrativas y aduanales, salas de espera para pasajeros, restaurantes y otras por el estilo. En espigones abiertos para carga a granel, ciertas operaciones de carga y descarga, que se realizan durante periodos prolongados, pueden requerir la instalación de servicios sanitarios en las torres de control. Los requerimientos de gasto para tales instalaciones son muy pequeños, del orden de 5 a 10 gal/min, y son muy variables en su uso. Dependiendo de la naturaleza y de la magnitud de las operaciones en la terminal, la demanda de agua potable puede variar ampliamente y solo puede ser determinada por el analisis de las unidades que componen las instalaciones de la terminal.

Sobre la cubierta de el espigon la tubería esta por lo general confinada dentro del cobertizo. El suministro de tubería en espigones abiertos puede ser sustentada ya sea arriba o debajo de la plataforma dependiendo de el diseño de el espigon y de su función.

El abastecimiento de agua al barco es por lo general medido. El medidor o medidores deben estar facilmente accesibles para su lectura tanto por el personal de la terminal como del barco y por lo tanto deberan estar convenientemente localizados en el espigon.

**PROTECCION CONTRA INCENDIO.** La protección contra incendios para areas de la terminal a la interperie en tierra no varía con respecto a las demas instalaciones similarmente instaladas. Un sistema de distribución de agua, diseñado de acuerdo al trazo de caminos y a la construcción de edificaciones, debera ser provisto, en lo posible, para dar la mayor seguridad y asegurar la continuidad de los servicios. Normalmente la tubería debera estar enterrada a una profundidad suficiente para prevenirla del congelamiento en climas frios y a una profundidad mínima para prevenirla de daños mecanicos a causa del trafico en cualquier clima.

Puesto que el trazo de una terminal puede ser de una forma muy irregular, es difícil habilitar una protección en función de el espaciamiento para las cajas de incendio. Un buen criterio es localizar las cajas de incendio de tal forma que un incendio potencial pueda ser alcanzado por dos de estas cajas, cada una sirviendo a no menos de 300ft de manguera. En el caso de bodegas es conveniente tener cuatro cajas de incendio de facil acceso, dos de cada lado. Las cajas de incendio no deberan ser localizadas demasiado cerca a las construcciones, puesto que en un incendio el acceso a dichas cajas podria verse obstruido. --- Unos 25ft son considerados como la distancia mínima, 50ft o más son preferibles

Los requerimientos de agua para combatir incendios deberan ser determinados en base a las varias zonas peligrosas involucradas en la terminal.

Sin embargo, se pueden emplear 2,000 gal/min durante 4 hrs. como un mínimo favorable para incendios que ocurran en grandes bodegas. Lo cual permite que --- 1,000 gal/min se empleen en rociadores y, los otros 1,000 gal/min se utilicen para flujo en manguera. El sistema debiera ser diseñado para garantizar una --- presión residual conveniente, como las siguientes: 10 lb/in<sup>2</sup> en una bomba de --- incendio, 15 lb/in<sup>2</sup> en regaderas automaticas, y, en casos en que no se cuente --- ni con bombas, ni con rociadores, la presión debiera ser la suficiente en las --- boquillas de las mangueras que dispare un chorro con la fuerza suficiente que alcance el objetivo más elevado.

En donde se disponga de agua potable en las cercanias, es por lo general un buen sistema el proveer de una instalación combinada para el suministro de agua tanto para incendios como para beber. Ya que la demanda para un incendio agresivo es probablemente mucho mayor que la demanda para propositos, la disponibilidad de flujos de agua en caso de un incendio es una consideración primordial en el diseño del sistema. En donde es limitado el suministro de agua potable, puede ser necesario instalar sistemas aislados y usar el agua del mar para incendios agresivos.

La protección contra incendios en espigones descubiertos por lo general puede ser proporcionada por una simple tubería maestra con bifurcaciones en puntos --- estrategicos a lo largo de su longitud. Una manguera de peso ligero de carretón, almacenada en un cobertizo de el espigon, puede ser facilmente arrastrada manualmente hasta las estaciones de manguera.

La espuma es usada contra incendios causados por petroleo y existen varios tipos de dispositivos disponibles para este proposito. La espuma puede ser producida por dos productos quimicos separados en seco, por una simple mezcla en seco, o por una solución concentrada. Tal vez el metodo más sencillo de aplicación es la educación de la solución desde el interior de un recipiente con un educador en la base de la toma de espuma en donde el agua de la manguera se mezcla con el rproducto quimico para producir la espuma.

Cuando el agua de mar es usada para combatir incendios, las bombas se pueden colocar en varias formas. Si la localidad cuenta con agua pura o sea sin arena o limo suspendido, las bombas pueden ser colocadas adondequiera que convenga. --- Ellas pueden estar horizontales, y ser de tipo autocebantes con tubo de succión y válvula de aspiración o pueden ser del tipo vertical de inmersión directa --- dentro del agua. Este tipo cuando es manejada electricamente requiere un mínimo de espacio.

#### DIVERSAS.

GENERADORES DE VAPOR. Este es por lo general solo empleado en climas frios para proporcionar areas templadas y para proteger a las tuberias de el congela-

miento. Los almacenes y las áreas de maniobras ordinariamente no son calentadas. En ciertos casos especiales, el vapor apropiado para limpiar los tanques y las tuberías y también para sofocar incendios en sentinas, tanques, o algunos otros espacios confinados.

INSTALACIONES PARA CARBONERAS. En espigones de carga y de pasajeros en áreas urbanas normalmente no están provistos con dichas instalaciones. La carbonera es alimentada desde el lado que da al mar por barcazas o buques petroleros.

En sitios remotos, los espigones diseñados primordialmente para otros fines - pueden también proveer instalaciones para la descarga en arcones ya sea carbon o combustible diesel requeridos para las operaciones en tierra. En dichos casos puede ser más conveniente emplear las mismas instalaciones para proveer de energéticos a los barcos. Dichas instalaciones por lo general consisten de tanques de almacenamiento en tierra, de bombas, tuberías para combustible, y de -- mangueras de carga conectadas en sitios adecuados sobre el espigón. Ya que en el caso de tener que instalar otra tubería, deberá ser planeada para evitar que interfiera con las maniobras en el espigón.

AIRE COMPRIMIDO. Este es algunas veces utilizado para el funcionamiento de - motores neumáticos o cilindros de aire conectados con estructuras para mangue-- ras manuales sobre espigones petroleros y en otras operaciones en zonas peligrosas en donde los aparatos eléctricos pueden ser indeseables.

DESECHOS SANITARIOS. Originados en un espigón, estos pueden ser llevados algunas veces por gravedad hasta un conducto que desague en la costa si el reco-- rrido es corto y con suficiente diferencia en la elevación existente. En muchos casos es necesario bombear desde la parte posterior del desagadero hasta la --- costa, y esto es llevado a cabo por la colección de las aguas negras en tanques o cámaras debajo de la plataforma y bombeadas hacia fuera automáticamente con - eyectores de aguas negras controlados por flotadores.

## 5.11 PROTECCION CATODICA

Los efectos de la corrosión en el acero y en otros metales cuando se encuentran sumergidos en el agua o ahogados en suelos húmedos es debido principalmente por la acción galvánica. Este fenómeno es análogo a las condiciones que prevalecen en una pila eléctrica, así como por la presencia de dos metales diferentes en - un electrolito. En el caso de una estructura de acero sumergida en el agua o - ahogada en el suelo, la diferencia de metales consiste en las impurezas no fe-- rrosas o desiguales en el acero o en otros metales adyacentes a la estructura - por contacto eléctrico con el acero, mientras que el agua o el suelo húmedo ac-



tua como el electrólito. Esto crea un flujo de corriente desde el acero (el -- anodo) a través de el agua o del suelo hasta el metal disímil (el catodo). Esta acción es similar a la de una pila galvanica en donde los materiales disímiles son generalmente el zinc y el carbon.

Actualmente, el fenomeno de la corriente que sale del acero (anodo), y que -- fluye a través del electrolito, y entra al material impuro no ferroso (catodo) es llevado sobre de partículas de hierro llamadas iones de hierro, las cuales -- son emitidas por el anodo y van dentro de la solución en el agua. Los iones de hierro son entonces intercambiados por iones de hidrogeno que salen después de el hierro como una formación mohosa. Los iones de hidrogeno forman ahora una -- capa que se deposita sobre el catodo. Esta acción de picar gradualmente provoca una disminución en la sección transversal del acero, lo cual da como resultado un debilitamiento en la estructura hasta el grado de que esta falle. La fig 5.33, ilustra este fenomeno.

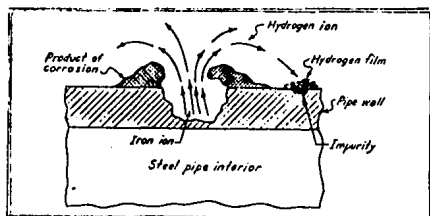


FIG. 5.33

Se ha estimado que las perdidas por corrosion en estructuras metalicas ente-- rradas o sumergidas han sido costosas. Con el fin de reducir o de eliminar --- practicamente estas perdidas, la protección catodica esta siendo usada por mu-- chos constructores de estructuras de acero sumergidas o enterradas. Esta pro-- tección ha sido realizada satisfactoriamente por el cambio de dirección de el -- flujo de la corriente electrica, ya que este fluye hacia el acero y no desde el acero, asi se evita que los iones de hierro fluyan por fuera de el acero y provoquen su descomposición (acción galvanica). La protección catodica, como es -- hoy en día aplicada, hace que la estructura metalica quede protegida por un cir-- cuito electrico catodico y asi se impide la normal acción corrosiva. Esto es -- llevado a cabo por el establecimiento de un voltaje de corriente directa, entre la estructura metalica protegida y un anodo auxiliar, de modo que la corriente -- fluya a través de el agua o del suelo humedo hacia la estructura.

Metales, tales como el aluminio, zinc, cadmiun o magnesio, pueden ser utiliza-- dos para el anodo como la fuente de la corriente directa.

Sin embargo, para obtener un mejor control de la corriente y regular la magnitud de esta correctamente, una fuente externa de corriente es por lo general aplicada para la protección de la estructura que consiste de pilotes de acero y de tuberías en donde grandes cantidades de corriente son requeridas. Aquí, un metal soluble, tal como el fierro, o un material insoluble, tal como el grafito, generalmente sirven como anodo. Sin embargo, también el grafito se va descomponiendo con el tiempo, debido principalmente a la oxidación electroquímica, y debe ser reemplazado cada 5 a 10 años, dependiendo de la cantidad, tamaño, y localización de los anodos. Teóricamente, cuando se fija la densidad de corriente recomendada, la duración del anodo de grafito, es del orden de 20,000 a 80,000 (amp-hr)/lb. Aún cuando el costo inicial de el sistema de corriente externa fija, es mayor al costo de la protección catodica de anodo galvanico, los mayores alcances economicos despues de un periodo de 10 años, indican que el costo del tipo de corriente fija, es considerablemente menor que la del otro tipo, en instalaciones tales como pilotes de acero, tuberías submarinas y en plataformas de perforación cercanas a la costa.

Un diagrama esquemático de una instalación de protección catodica de corriente externa fija, con dos diferentes metodos de distribución de los anodos, se muestra en la fig. 5.34. Esta es una típica aplicación para la protección de los pilotes de acero debajo de un espigón.

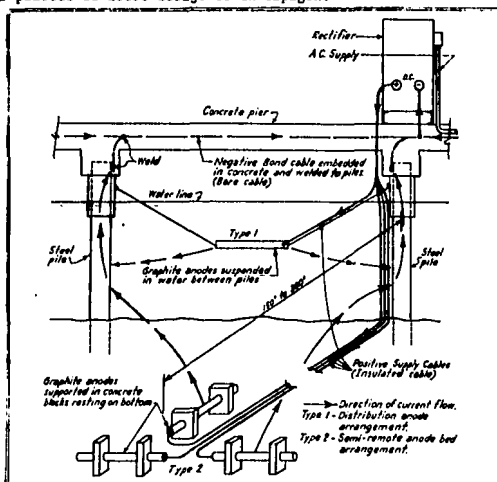


FIG. 5.34

Cualquier miembro estructural o tubería, de acero, sumergidos debajo de la superficie de el agua, pueden ser protegidos, cuando una adecuada corriente específica es suministrada, por medio de un sistema de protección catódica propiamente diseñado. Sin embargo, a causa de los problemas que surgen con la especialización y a las consideraciones adicionales que deben ser dadas a la resistencia, temperatura, y al contenido de oxígeno disuelto en el agua, un amplio estudio de todas las condiciones debiera ser hecho, con el fin de diseñar un sistema, que sea lo más satisfactorio y económico.

El costo inicial de la protección catódica instalada; que es aplicada al acero que esta debajo de la superficie del agua en un espigón, en un puente de cabalote o en tubería, es pequeño comparado al costo de la estructura que esta siendo protegida. El costo anual de operación que consiste de mantenimiento, suministro de energía y del reemplazo eventual de los anodos, ha resultado más bajo que el de otros metodos, contra la corrosión.

**CAPITULO IV**

**OBRAS TERRESTRES**

## EDIFICACION PORTUARIA

### 6.1 INTRODUCCION

Las edificaciones en un puerto pueden abarcar una o más de las siguientes: cobertizos de paso, bodegas, almacenes frigoríficos, oficinas administrativas, -- oficinas de aduana, estación de policía, puestos de vigilancia, instalaciones para estibadores, garaje y taller de reparaciones, estación de bomberos, y casa de maquinas. Además, en terminales de embarque de carga a granel, estas pueden contar con: elevadores, silos y tanques almacenadores para granos, y galpones para que cubran el azúcar, fertilizantes, bauxita, etc. Los puertos con instalaciones para carga en contenedores tienen cobertizos de clasificación, garajes de mantenimiento y torres de control.

Algunas de estas instalaciones pueden estar contenidas dentro de una sola --- edificación; por ejemplo el cobertizo de paso puede albergar las oficinas aduanales, el cuarto de dispositivos para estibadores y las instalaciones para armarios y baños con regaderas y W.C. El cobertizo de paso es el lugar adecuado para este tipo de instalaciones, ya que es el sitio en donde estos servicios -- son requeridos. También el cobertizo de paso puede contar con las oficinas administrativas y de compañías de embarque. Por otro lado, la tendencia en los grandes puertos, ha sido la de colocar las oficinas generales de la administración portuaria, de las compañías de embarque, aduanales y de seguridad portuaria dentro de un solo edificio localizado centricamente, denominado como oficinas portuarias. Es aquí, en donde uno encontrara al capitán del puerto, al director de aduanas, al jefe de policía, al administrador general de almacenaje, al director del personal, al departamento de contabilidad, al pagador, etc. La comunicación directa es mantenida desde aquí hacia todas las partes del puerto: oficinas en cobertizos de paso y bodegas, salas de retención e inspección aduanal, puestos de vigilancia, estación de bomberos, etc. En muchos puertos las autoridades administrativas se encuentran en oficinas que estan fuera del area en donde se realizan las maniobras portuarias. Estos pueden contar con oficinas de control localizadas en varias instalaciones del puerto.

### 6.2 COBERTIZOS DE PASO Y BODEGAS

Los muelles para carga-general estan provistos con cobertizos de paso, con la finalidad de proporcionar un almacenamiento temporal a (1) mercancías descargadas de los barcos y que esperan ser despachadas a través de la aduana, y ser -- distribuidas a las bodegas o puntos de destino por medio de camiones o trailers o por vagones de ferrocarril; y a (2) mercancías que llegan por vías terrestres al puerto y aguardan ser exportadas vía marítima. Los cobertizos de paso, no -- deberan ser usados como bodegas de almacenaje de largo plazo, aún cuando existen algunos casos de cobertizos, de multiples pisos, en donde los pisos superiores son utilizados como bodegas, debido a (1) el espacio disponible a lo largo del atracadero, es comunmente limitado, por lo que solo permite la carga o descarga de un barco; (2) la operación de un cobertizo de paso es completamente -- diferente a la de una bodega, el primero requiere de una mayor cantidad de espacio, destinado a pasillos, para el rapido manejo de las mercancías, por medio de equipo movil; (3) las consideraciones economicas por lo general no hacen justificable la construcción de bodegas en o a lo largo de los muelles, ya que sus estructuras, son generalmente más pesadas, de lo que son requeridas para un cobertizo de paso, y las condiciones del suelo en estos sitios, normalmente re--- quiere de costosas cimentaciones, a base de pilotes.

Debido a que el cobertizo de paso es el punto de intercambio, en una terminal marítima de carga, entre mercancías que se transportan por vía marítima y vía -- terrestre, y funciona como almacen temporal de estas mercancías, durante su corta permanencia, en lo que dura su recepción y el tiempo de descargarlas. Esto -- obliga a que el diseño de los cobertizos de paso se modifícase considerablemente, en los últimos años, para mentenerse a la par con (1) los cambios revolucionarios de la transportación terrestre, en donde los trailers se han vuelto tan importantes como el ferrocarril, si no es que más, debido a que no solo hace -- entregas locales, sino que realiza transportes a grandes y diferentes distancias, como también; (2) la ampliamente incrementada capacidad de carga transportada de los barcos, con el correspondiente incremento, en la longitud del atracadero; (3) el desarrollo de mecanismos, que ahorran tiempo de trabajo, en el -- manejo de la carga, como son los camiones montacargas y las gruas móviles; y -- (4) la tendencia de incrementar los envíos en contenedores, lo cual requiere la colocación de cobertizos de paso, lo suficientemente alejados, hacia la parte -- posterior, del frente del atracadero, para proporcionar un amplio patio fuera -- del cobertizo, en donde se instalen gruas de portico y puedan transitar camiones portacontenedores.

Obviamente, el diseño de los cobertizos de paso, no podra ser estandarizado. Este puede tener considerables variaciones, de un puerto a otro y aún dentro de un mismo puerto. Los espigones, con sus anchos restringidos y sus limitadas --

longitudes, para una gran extensión, el área de el cobertizo de paso por atracadero, también como su ancho, pueden ser factores determinantes, en la construcción de un cobertizo de más de un piso. Construcciones recientes en algunos puertos, se han realizado para reemplazar diversos espigones, viejos y angostos, y cobertizos de dos plantas, en espigones. Por espigones anchos con cobertizos de un solo piso, más o menos cuadrados o rectangulares de amplias dimensiones. En contraste con el espigón, el muelle marginal o atracadero paralelo, si no se encuentra en un área con construcciones o restringida, tendrá un espacio adecuado, detrás de el muelle, particularmente si la terminal está siendo diseñada de acuerdo a los métodos actuales, para construir un cobertizo de paso de un solo piso, que cuente con el área requerida, y contando con el equipo actual para el manejo de carga seca, el ancho no será un factor limitante. Este contará con un área abierta de almacenamiento, en la parte posterior o al lado del cobertizo de paso, para el abastecimiento de contenedores. La ejecución de las maniobras en el manejo de la carga, que varían en las diferentes partes del mundo, también tendrán su influencia, en el diseño de el cobertizo de paso. Las gruas de muelle, de larga pluma, particularmente las de tipo de amantilla de nivel, son más comúnmente usadas en Europa que en América, lo cual permite que se tengan patios más amplios y que se construyan cobertizos de múltiples pisos con retallos o patios en cada piso, de cara al muelle, alcanzados con las gruas de muelle. Ciertos artículos de consumo, como son las futas y particularmente los plátanos, y el papel para periódico, pueden ser importados o exportados en grandes cantidades, en ciertos lugares, por lo que hay que garantizar el uso de cobertizos especiales y el manejo de equipo para su uso exclusivo. Las terminales de embarque de carga a granel, son ejemplos principales, de esta especialización, por eso es la excepción, cuando más de un material es manejado en una terminal de embarque.

Construcciones recientes de cobertizos de paso, se han diseñado a fin de proporcionar un área más grande por atracadero, para el almacenamiento de la carga que entre o salga del puerto. Un área mínima de 90,000 ft<sup>2</sup> por atracadero, es considerada hoy en día, como adecuada para terminales, en que una carga completa de un barco sea manejada. Para terminales más pequeñas, en donde un barco pueda descargar y recibir abordaje, solo una carga parcial, un área más pequeña puede ser usada proporcionalmente. Los 90,000 ft<sup>2</sup> requeridos, están basados en la descarga y carga de un barco, de capacidad normal para carga seca, que transporte 6,250 tons. medidas, de carga. La carga total, que será manejada por atracadero es, por lo tanto de, 12,500 tons. medidas, que en 40 ft<sup>2</sup> por tonelada, ocupará un espacio de 500,000 ft<sup>3</sup>. Con el uso de montacargas y altura de paso más grande, en los modernos cobertizos de paso, el almacenaje de altura

puede ser moderadamente calculado en 15ft o en una altura neta de carga, igual a 13ft 6in. despues de haber sido descontado el espesor de las tarims. Esto podria requerir de un area de almacenamiento, igual a 37,000 ft<sup>2</sup>, si la carga es empaquetada sólidamente, con todo y esto, algo de espacio es desperdiciado por el espesor de las tarimas entre apilamiento y apilamiento, por lo que la cantidad de espacio se tiene que ver incrementada por un 25%, para así contar con 45,000 ft<sup>2</sup>. Sin embargo, como el cobertizo debe contar con amplios espacios separados, pero que se dirijan hacia las puertas, a ambos lados de este, se ha encontrado que el area en planta, tiene que ser incrementada en aproximadamente un 50%, para cumplir con tal proposito, y así los montacargas puedan maniobrar eficientemente, clasificando los apilamientos, y moviendo la carga. Por lo cual, un area total de 90,000 ft<sup>2</sup> de cobertizo, es requerida por atracadero.

La longitud de el cobertizo esta generalmente determinada por la longitud del atracadero y no debiera ser más corta que la longitud total de extremo a extremo entre las escotillas de proa y popa, puesto que el eficiente transporte de la carga, desde el barco hasta el cobertizo y viceversa, demandara para cada escotilla, por lo menos una puerta, la cual debiera estar idoneamente localizada, --enfrente de la escotilla. En base a una longitud promedio de cobertizo, igual a 500ft por atracadero, el ancho requerido sera de 180ft, para obtener así, un area de 90,000 ft<sup>2</sup>. Por lo tanto, un espigón con atracaderos hacia ambos lados, requerira, un cobertizo de paso de una sola planta y que tendra 360ft de ancho. En donde no se dispone de espacio, para este ancho de cobertizo, el cobertizo de dos plantas o más, debiera ser usado.

Existe gran divergencia de opinion, entre la conveniencia de un cobertizo de una sola planta y aquel de dos pisos, excepto tal vez, cuando el segundo piso es utilizado por una terminal de pasajeros y como despacho de aduana del equipaje en general. Para este fin, el cobertizo de dos piso es contemplado con preferencia porque (1) el patio del piso superior es por lo general localizado idealmente para que se apoyen las rampas o pasarelas de pasajeros; (2) el ascenso vertical de los pasajeros y del equipaje por lo general no es un problema; y (3) el piso inferior es dejado libre para que funcione como un cobertizo normal de una sola planta, en donde se trabaje con cargamento. Fuera de su uso como una terminal mixta de pasajeros y de carga, no existe una norma general, que nos señale cual es el tipo más adecuado, de entre un cobertizo de dos plantas y uno de una sola planta. La divergencia de opinion, de entre muchas autoridades de varios países, solo enfatizan en la necesidad de estudiar todos los problemas y los factores locales que varian de puerto a puerto y aún dentro de un puerto, antes de tomar una decisión, de cual es el tipo de cobertizo mejor y más económico a usar, con respecto al capital inicial y al continuo costo de --



operación. Una cosa en la que muchas de las autoridades del ramo concuerdan, es en la inconveniencia de usar más de dos plantas, para un cobertizo de paso, debido a lo difícil que se torna, proporcionar un rápido flujo vertical de la carga. Un cobertizo de dos pisos no presenta el mismo problema, debido por lo menos a que tres cuartos del total de mercancías a ser manejadas, puede ser hecho por equipo móvil normal, que opera en una dirección horizontal. La fig. 6.1 ilustra diferentes métodos de operación por los cuales puede ser llevado a cabo el manejo de las mercancías. En (a) el piso superior es usado por mercancías de exportación y la planta baja es tanto para mercancías de importación como de exportación. La operación puede ser alreves, en el caso de que las importaciones excedan a las exportaciones, como sucede en (b). A este respecto el cobertizo de dos pisos, tiene una clara ventaja sobre el cobertizo de una sola planta, y consiste, en que un gran porcentaje del cargamento para exportación e importación, puede ser guardado por separado, con lo cual se evita la necesidad de segregar el cargamento. Notese que en la fig. 6.1, el cargamento se mueve horizontalmente, excepto para transportarlo hacia o desde el piso superior, por la parte trasera del cobertizo, lo cual se hace por medio de elevadores, malacates, toboganes, etc. Las rampas han sido usadas para el acceso del camión hacia el piso superior, pero estas y el espacio abierto que debe ser proporcionado en el piso superior, para su operación, provoca una considerable reducción en el espacio disponible, para el almacenamiento de la carga. Por lo que, el área de almacenaje se ve reducida en un 50%, hasta un poco menos del 35%, del área total de la planta. Los cobertizos de dos pisos, hacen deseable el tener, gruas de muelle a lo largo del patio de fuera del cobertizo, de modo que la carga pueda ser manejada directamente desde el piso superior hasta la bodega del barco, el piso superior, estando escalonado en su parte posterior, unos 15ft, proporciona una plataforma continua, para el descanso y manejo de las mercancías de esta manera.

El cobertizo de dos pisos, es más costoso por ft<sup>2</sup>, que uno de un solo piso -- debido a (1) las cimentaciones más pesadas son generalmente requeridas; (2) el piso superior requiera ser de construcción fuerte suspendida, para soportar el peso de las cargas vivas; (3) los elevadores, malacates, toboganes, etc. deben ser proporcionados, para mover la carga hacia o desde el piso superior. Los costos de operación son también inferiores para un cobertizo de un piso. El factor principal que compensa o neutraliza lo anterior, en cuanto al costo, para un cobertizo de dos pisos, es su reducida área techada. En general, un cobertizo debe ser del tipo de construcción de los más ligera y económica posible, sin que se incurra en altos costos por mantenimiento. El cobertizo de un solo piso, es el más apropiado para este tipo de construcción.

El cobertizo de un piso permite que el número de columnas, sea reducido al mínimo. El uso del montacargas y de la grúa móvil, para el manejo de la carga, -

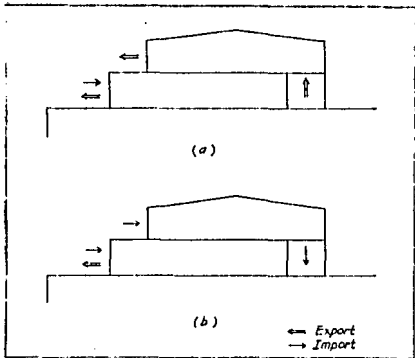


FIG. 6.1

ha puesto un mayor énfasis en que los espacios sean más amplios, entre las columnas interiores e incluso sean eliminadas en algunos casos. Si esto es económico o necesario se abre la opción. Sin embargo, el uso de concreto pretensado, la construcción de marcos rígidos y de armaduras o bóvedas de largos claros, -- más cubiertas de techado del tipo ligero, como son las de yeso, concreto aligerado, y aluminio, han aportado claros más largos y despejados en el interior de los cobertizos construidos por estos medios. En general, se cree aconsejable -- limitar el espaciamiento entre columnas, a no menos de 30ft.

La altura libre de los cobertizos de paso, deberá no ser menor de 16ft y preferiblemente de 20ft. Si se piensa en utilizar gruas móviles, dentro del cobertizo, será conveniente tener una altura libre de 24ft.

Las puertas son una parte muy importante del cobertizo. Ellas son colocadas al frente y atrás y deberán estar directamente opuestas una de otra. En suma -- deberán existir una o dos grandes puertas, en cada extremo del cobertizo, a lo largo de este. Las puertas frontales y traseras, pueden formar una abertura -- continua, excepto por columnas que se encuentren entre estas, si son del tipo -- de cortina o de compuerta, o si pueden ser colocadas a cada dos o tres claros. Como regla general, ellas deberán ser colocadas a no más de 60ft de separación. Deberán estar lo más próximas al patio de fuera del cobertizo, y el espaciamiento de las puertas deberá ser lo más estrecho. Para un patio de 15ft, como ancho mínimo, las puertas deberán estar a cada claro o a lo más a cada dos claros, lo que garantizara, que por lo menos una puerta estará disponible para cada esco--

tilla de el barco, y muy pocas quedaran para en caso de que algun movimiento -- lateral de la carga sea requerido, a lo largo del patio. Las puertas no deberan ser menores de 12ft de ancho y 16ft de largo, y en la actualidad, estas se hacen de aberturas aún mayores, una puerta de 18 por 20ft, esta siendo muy comun. Las puertas de los cobertizos de paso son por lo general de cortina, de compuerta o corrediza, como se ven en la fig. 6.2.

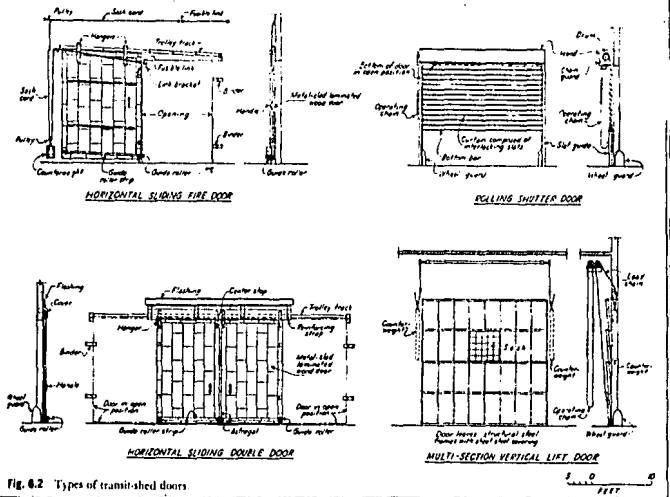


Fig. 6.2 Types of transit-shed doors

Aun cuando es muy comun para una bodega, pisos construidos con plataforma para camion, a la altura del terreno circundante, esto no es apropiado para cobertizos de paso, en los cuales la carga es transportada entre el costado del barco y el cobertizo por medio de camiones montacargas y gruas moviles. Las ventanas que ofrece el poder hacer el manejo de la carga por medio de equipo movil, directamente entre el recorrido hacia o desde el cobertizo sin tener que aumentar o disminuir la carga, son tan obvias que los pisos a nivel del suelo del cobertizo, son construidos al mismo nivel del patio a lo largo del muelle o como una continuación de su pendiente. La inclinación ascendente del piso de un cobertizo sera de entre  $1/8$  y  $1/4$  por pie, lo cual permitira que en la plataforma de carga circulen camiones o vagones de ferrocarril, la cual estara establecida en la parte trasera de la construcción a una altura de 3ft 2in a 3ft 6in.

sobre la vía de ferrocarril o la corona del camino. Si el cobertizo no es lo suficientemente ancho, como para obtener esta altura sin que se exceda la pendiente máxima, de 1/4 in/ft, el camino o vía, a lo largo de la parte posterior del cobertizo, puede estar inclinado, pero esto deberá ser evitado en lo posible, ya que se pueden presentar algunos problemas en el drenaje. La pendiente de el piso también facilita la limpieza de este y la disminución del lavado. -- Los pisos por lo general son construidos de concreto, ya sea con cemento que le de un acabado fino o disgregado, el cual deberá contener un endurecedor o limaduras de hierro, cuando el piso vaya a estar sometido a un severo desgaste. -- Una capa superficial de concreto asfáltico, generalmente con un espesor de --- 1 1/2 in, puede ser colocada sobre losas de piso, prefabricadas de concreto y pretensadas, para proporcionar una superficie lisa, de desgaste. Blocks de madera, colocados en el asfalto, forman una superficie limpia y seca, de rodamiento, la cual no absorbe olores, pero este tipo de superficie es más costosa que muchos otros tipos. El uso de montacargas, tractores y gruas móviles, empleados para el manejo del cargamento, hace importante el tener una superficie lisa, -- aún sobre el piso.

Las plataformas para camion de carga, a lo largo de la parte trasera y en el extremo tierra adentro proximo a la orilla, de el cobertizo, deberá ser de por lo menos, de 12ft de ancho, para permitir que la carga sea movida a lo largo de la plataforma, hasta un camion estacionado entre dos puertas. Puesto que el -- acarreo de la carga es más rapido dentro y fuera de un cobertizo, que lo que, -- lo es en un almacen, la plataforma de carga deberá ser continua; en vista de -- que es necesario de que este unicamente en frente de las puertas de un almacen y pueda ser reducida en su ancho, contando con 5 o 6ft, o ser eliminada totalmente la plataforma. Recordando que el area mínima de un cobertizo sea de ---- 90,000 ft<sup>3</sup> por atracadero, la cual dara almacenamiento suficiente al cargamento por descargar o cargar, de un barco, que contenga 6250 ton. medidas, durante 5 dias, y si se considera que dos tercios de la carga total manejada, sera movida por camiones, la cantidad a ser acarreada cada día, sera de 2/3 x 2 x 6250 x -- 1/5 o 1.666 ton. Esto sera igual a 208 ton. por hora, basado en 8 hr diarias. Si se toma en cuenta que el promedio de carga por camion es de 15 ton. medidas ( para 600 ft<sup>3</sup> ), y que le toma 3 hr cargar o descargar a un camion, el número de camiones a ser acomodados en la plataforma de carga, sera igual a 208 x 3 x 1/15 o 42 camiones. Esto demandara una plataforma de carga de 504ft de longitud, en base a unos 12ft de ancho, para estacionarse, lo cual es aproximadamente la longitud de el cobertizo y demuestra el porque la plataforma de carga deberá ser continua a lo largo de la parte trasera de el cobertizo. En algunos -- puertos, en donde la mayoría de la carga es llevada por ferrocarril, un número

menor de camiones de carga, en muelles, puede ser proporcionado. Si no se dispone de espacio para cargar, lo cual es muy frecuente en los espigones, los camiones tendran que ser cargados en el extremo tierra adentro del espigon o dentro del propio cobertizo. La plataforma de carga debera estar cubierta y el escudo o techo, debera extenderse más alla de la arista de la plataforma, a una distancia suficiente (casi de 6ft), para cubrir el extremo, en donde se acomodan los camiones. En un cobertizo de dos plantas, el piso superior puede extenderse -- hacia fuera, sobre la plataforma, lo cual, ademas proporcionara protección, contra el clima, permitiendo que la carga sea bajada a través de escotillas, sobre el piso, encima de la plataforma inferior o directamente en los camiones descubiertos o vagones de ferrocarril. Una segunda area para vía o para camion de carga, puede ser proporcionada en la parte posterior de un cobertizo, de dos -- plantas, para la carga directa de las mercancías, por medio de gruas o malacates, desde o hacia el piso superior. Las plataformas son algunas veces, cantilivers que estan empotrados de el piso superior, que proporcionan un espacio, - en el cual, hacia tierra, la carga es manejada por grua. La fig. 6.3, nos muestra dicha operación, para el manejo de la carga en la parte posterior de un cobertizo de dos plantas.

Además, para proporcionar un piso descubierto, de almacenaje, el cobertizo, - en su totalidad debera contar con un enrejado, en donde se puedan almacenar aquellas mercancías que corran mayor riesgo de ser robadas o que sean altamente valiosas, así como aquellas que esten sujetas a inspección, por los oficiales de aduana, hasta que sea establecido y realizado, el pago por conceptos de derechos de aduana. El enrejado debera ser construido de malla de alambre duro y de armadura de acero, que se extendera hasta el techo o cubierta, del cobertizo, o proporcionado con un techo del mismo material o de construcción del tipo solido a una altura sobre el piso, de 8ft. Esto permitira a los guardias en servicio, ver hacia el interior del enrejado, cuando ellos esten haciendo su ronda. Algunos cobertizos son provistos con un cuarto aislado cerrado o anexo, para el almacenaje de carga que sea muy sucia, tal como pinturas, aceites, petroleo, con el fin de evitar la contaminación de las demas mercancías y para mantener el piso principal de el cobertizo, tan limpio como sea posible. Algun cuarto debera

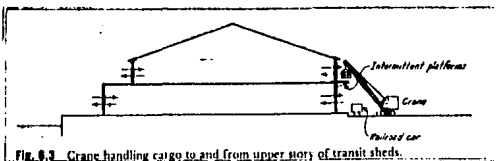


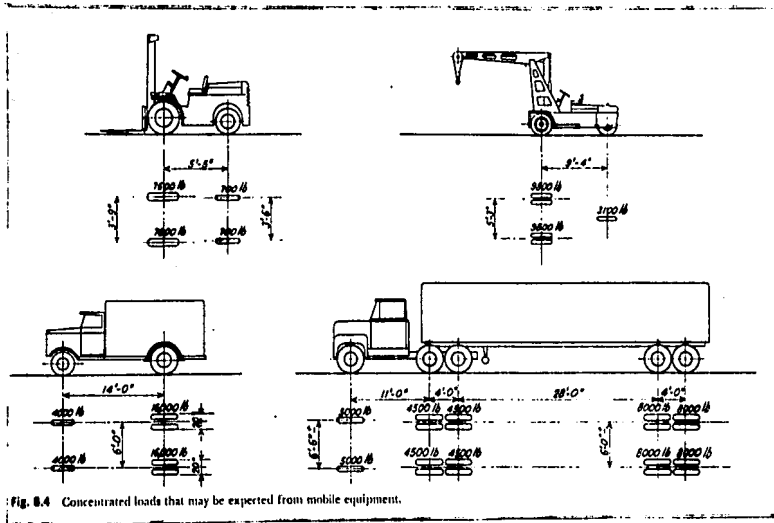
Fig. 6.3. Crane handling cargo to and from upper story of transit sheds.

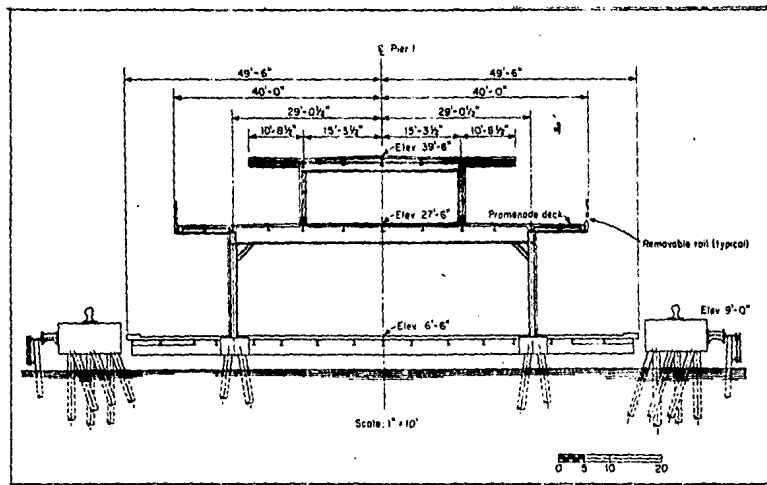
ser proporcionado para guardar las herramientas y equipos de los estivadores, y puesto que este requiera solo unos 10ft de altura, el espacio de arriba puede ser usado como un cuarto para casilleros. El cuarto de baño y los inodoros, -- deberan ser proporcionados dentro de el cobertizo, y en cada planta, si este es de dos pisos. Las oficinas generales, para el personal de el muelle y para los oficiales de aduana, deberan ser localizadas, en el extremo principal de el cobertizo, y ademas pequeñas oficinas portatiles pueden ser proporcionadas dentro de este, en sitios convenientes, para los empleados de embarque o inspectores de aduana.

Las cargas vivas por piso, variaran considerablemente, dependiendo de el tipo de cargamento y del metodo de manejarla. La carga-general sera en promedio de casi 32 lb/ft<sup>3</sup>. En modernos cobertizos, con el uso de montacargas, el carga---mento puede ser puesto sobre tarimas (pallets), para ser apilado, a una altura neta de 13.5ft, que podria comprender un promedio de carga de 432 lb/ft<sup>3</sup> sobre la losa del piso. Considerando, que sobre un panel de losa de piso, la unidad de peso puede variar por más del 50%, del promedio, por lo que no sera posible colocar las tarimas lo suficientemente juntas, de un apilamiento a otro, para - cubrir más del 75% del area del piso, la unidad de carga de 432 lb/ft<sup>3</sup>, debe ser incrementada hasta 648 lb/ft<sup>3</sup>, pero podria probablemente no cubrir en promedio, más del 75% de este, o 468 lb/ft<sup>3</sup> sobre el panel de losa de piso totalmente. - Por lo tanto, un diseño con carga viva uniforme de 500 lb/ft<sup>3</sup>, debiera ser sa---tisfactorio, para cuando se maneje carga-general, en los pisos del cobertizo. - Esta carga puede ser más ligera o más pesada, en los cobertizos de paso o en -- las bodegas, que son designadas para manejar y almacenar un articulo de consumo especifico, tal como el algodón y la lana (300 a 400 lb/ft<sup>3</sup>) o productos de metal (600 a 800 lb/ft<sup>3</sup>).

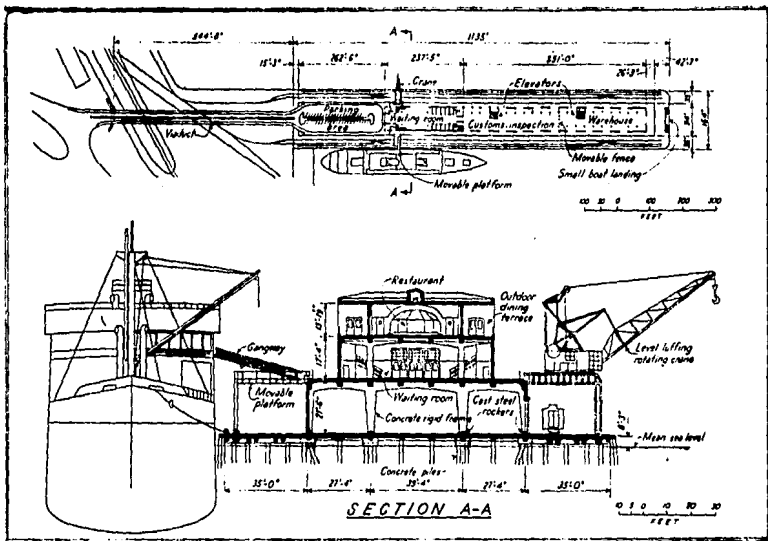
La carga viva uniforme, por lo general controlara el diseño de traves o vigas y el diseño de la cimentación, pero la losa debiera ser revisada, debido a car---gas concentradas sobre ruedas, de los montacargas, tractores, gruas moviles o - camiones, de cualesquiera de estos que sea usado para el manejo de la carga --- dentro y fuera de el cobertizo y que dara las condiciones de carga más severas. La fig. 6.4. da las cargas sobre las ruedas y su espaciamiento en (1) montacargas con capacidad de 3 ton., (2) grua movil con capacidad de 5 ton., (3) camion de 20 ton (brutas), (4) trailer de 30 ton. (brutas).

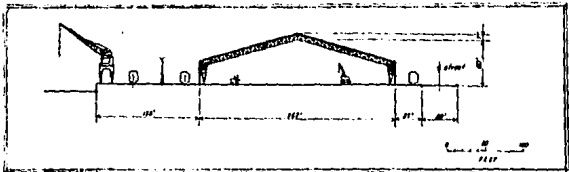
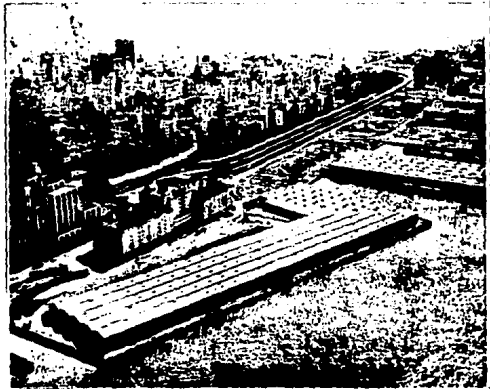
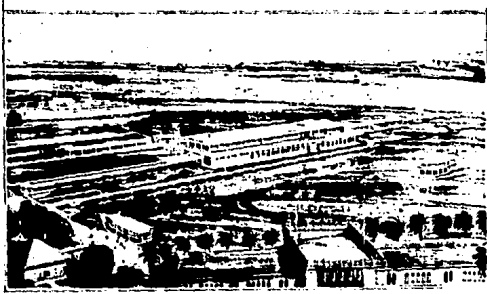
Cuando se llega a la construcción de un cobertizo moderno, ello presenta am---plias variaciones en el diseño y en los materiales de construcción.

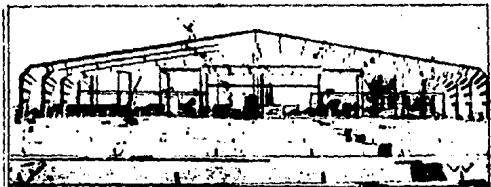
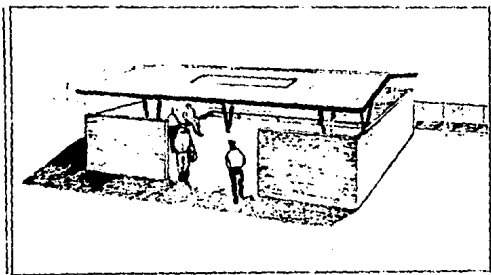
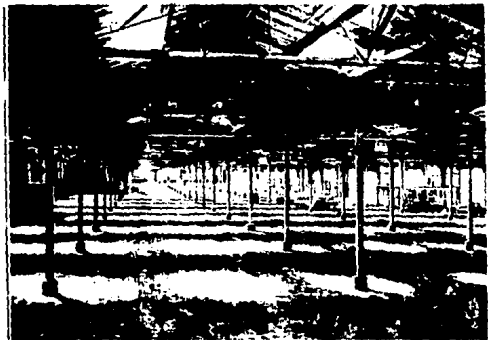












## 6.4 BODEGAS CON SISTEMAS DE REFRIGERACION

Cuando los alimentos que requieren de refrigeración, están para ser embarcados en barcos con refrigeradores, y ser distribuidos en tierra, por tren o camion, una bodega con refrigeración, conocida como frigorifico, debe ser proporcionada en el muelle, en una posición tal, que el congelamiento de las mercancías pueda ser mantenido durante su estancia en el barco, como durante su permanencia en el frigorifico, la cual debe ser lo más corta posible, con el fin de que los cambios de temperatura sean mínimos. En el trayecto en que los alimentos son transportados, del barco al frigorifico o viceversa, la descomposición de estos debe ser mantenida al mínimo también, ya que la base principal de la refrigeración de los alimentos, es guardarlos a la misma temperatura y humedad, que cuando fueron congelados por primera vez. Los frigorificos más grandes, tendrán que ser de pisos múltiples, y deberán estar diseñados con retallos o balcones, de frente al muelle, a fin de que el congelado de los alimentos, pueda ser transferido directamente desde el barco hasta su transportación en los camiones los cuales entonces llevarán los artículos de consumo directamente al interior de los cuartos refrigerados o hasta los elevadores, si los pisos superiores no tienen balcones.

Los principales artículos de consumo, que por lo general son almacenados, son la carne, productos lácteos, pescado, frutas y legumbres, todos tienen, como es sabido, una temperatura crítica, la cual está regida por el contenido de agua, y como resultado algunos alimentos pueden ser congelados, mientras otros tienen que ser enfriados. La tabla 6.1, muestra la temperatura de refrigeración de --

Commodity	Storage temperature, °F	Critical temperature, °F	Storage period
<b>Meat:</b>			
Chilled.....	30	28	10-15 days
Frozen.....	15	10	1-10 months
<b>Dairy products:</b>			
Butter.....	15	5	1-6 months
Frozen eggs.....	5	0	1-2 years
Shell eggs.....	31	30	6-10 months
Cheese.....	40	35	1-6 months
Fish.....	0	5	2-3 months
<b>Fruit:</b>			
Apples.....	36	31	1-6 months
Pears.....	32	30	1-4 months
Oranges.....	32	31	1-4 months
<b>Vegetables:</b>			
Green.....	35	32	10-20 days
Root.....	38	34	1-3 months

varios alimentos. El funcionamiento de la planta frigorífica es muy especializada, en donde el mantenimiento de la temperatura correcta, la circulación del aire, y la humedad, son los factores de mayor importancia, para mantener los alimentos en buenas condiciones o sea en buen estado.

## 6.5 EDIFICACIONES ADMINISTRATIVAS

Las instalaciones para la administración de el puerto, variaran considerablemente, dependiendo del sistema de administración, de la geografía del lugar en donde esta el puerto, y de sus dimensiones. Comparando los metodos que son usados, en varios puertos del mundo, ha sido difícil encontrar algunos que se aproximen a un standart de operación. Siendo reconocido esto ampliamente, no obstante, que una agencia de administración centralizada, con un amplio poder, es esencial para la eficiente y economica operación de un puerto.

La administración de un puerto puede estar bajo el control del gobierno federal, del municipio, de una autoridad portuaria, de una empresa privada, o por una combinación de varias de estas empresas. Sin embargo, la jurisdicción sobre los derechos de aduana, inmigración, y cuarentena en puertos de entrada, estara bajo la dirección del gobierno federal.

La fig. 6.5, muestra los planos en planta, de un edificio administrativo, para un pequeño puerto de propiedad federal, el cual no cuenta con un cobertizo separado, para pasajeros. La administración del puerto, esta bajo la dirección de el capitán del puerto, las oficinas de puerto, las oficinas aduanales y de inmigración, la sala de espera y la de primeros auxilios, asi como los cuartos restantes, estan todos centralizados en una construcción cercana a el muelle.

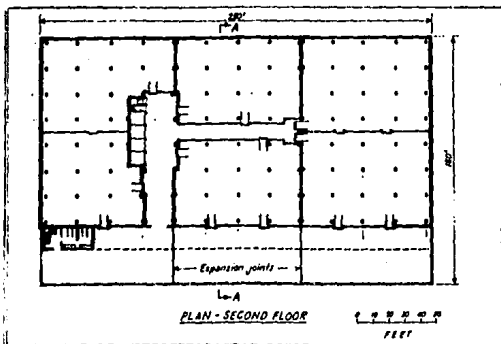
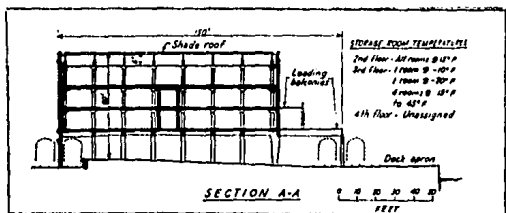
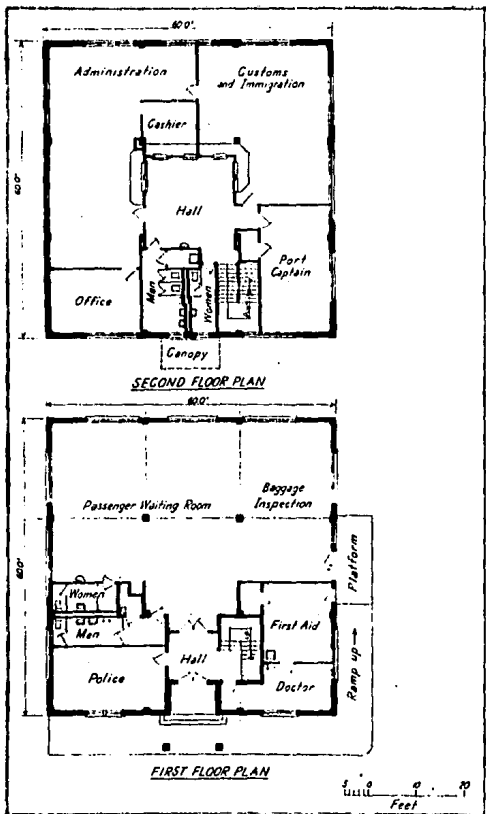


FIG. 6.5 a)



b)



## EQUIPO PARA EL MANEJO DE CARGA-GENERAL

## 7.1 INTRODUCCION

En esta epoca de progresos mecanicos en todas las ramas del comercio y de la industria, la rama especializada para el manejo del cargamento no es la excepción en su tendendencia por la mecanización. Grandes avances se han hecho, y aún se siguen haciendo, con respecto a incrementar la eficiencia en las operaciones de carga y descarga. Un puerto moderno, debera considerar todas las posibles ventajas que le ofrece la mecanización, tanto en la reducción del costo por concepto de mano de obra como en la minimización del tiempo de permanencia de un barco en el puerto.

Con respecto al tipo de equipo requerido para el manejo del cargamento, la carga a transportar en un barco puede ser clasificada dentro de las dos siguientes categorías generales: carga-general y carga a granel. La carga-general, incluye aquella carga que es embarcada como unidades, como pueden ser automoviles o maquinaria, y carga contenida dentro de cualquier tipo de paquete, tales como; pacas, costales, barriles o cajas de madera, carton o de algun otro material. La carga-general, como la ya definida, requiere de ciertos cuidados en su manejo, con el fin de evitar que se dañe, asi como en el estibado para acomodarla en el barco y para prevenirla de inestabilidad. La carga a granel, por otra parte, se puede definir como un material suelto que no necesita de ningun tipo de envoltura y que puede ser vaciada o bombeada libremente, dentro de las bodegas de los barcos. Esta categoría incluye materiales secos de mas o menos libre desparrame como los granos, minerales, y carbon, y tambien liquidos, de los cuales el más importante es el petroleo y sus productos derivados. Puesto que el manejo de la carga a granel es más rapido y barato que el manejo de unidades o paquetes, muchos productos, principalmente los empaquetados, estan siendo hoy en dia embarcados a granel. Ejemplo de dichos materiales son: el cemento portland, el azucar, y muchos liquidos de los cuales se incluye al jugo de naranja y al vino. Productos que resultan inadecuados para ser embarcados a granel, solo el empaquetarlos en tamaños adecuados para que puedan ser manejados por un hombre, es la unica forma de poder transportarlos, aunque la tendencia en la actualidad, es hacer más grandes dichos paquetes de un tamaño apropiado, para que su manejo con maquinaria sea eficiente. A continuación se vera una breve descripción del equipo más comunmente empleado, para dicho proposito.

## 7.2 CARGA Y DESCARGA DE EL BARCO

Con raras excepciones, los barcos son cargados y descargados por malacates que elevan la carga a traves de las escotillas del muelle. El equipo de elevación varia de acuerdo a los requerimientos de la carga, del barco, y de las instalaciones del puerto.

**EQUIPO DE USO GENERAL.** La mayoría de la carga-general es manejada por cargadores de 5 ton o menos, generalmente considerablemente menor. Equipos de este tipo han sufrido pocos cambios importantes en años recientes, excepto por una tendencia hacia aumentar su capacidad, y mejorar su maniobrabilidad para incrementar su velocidad.

**Mecanismos propios del barco.** Cada escotilla de un barco normal de carga, -- esta equipado con un par de plumas de carga. Para que cargue o descargue, una de estas plumas es arriostada sobre la escotilla de la orilla que da a la costa, al otro voladizo del muelle. Este metodo de manejo es mostrado en la fig. 7.1. Algunos cobertizos de multiples pisos estan equipados con balancines de carga sustentados sobre un armazón que corre a lo largo del cobertizo sobre el techo. Esto permite que las mercancías puedan ser llevadas directamente de la bodega del barco a alguno de los pisos superiores del cobertizo. El uso de los dispositivos del barco, es el metodo standart para que carguen y descarguen los barcos, en la mayoría de los puertos.

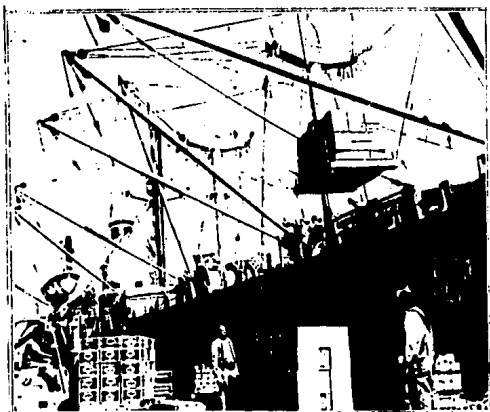


FIG. 7.1



Gruas laterales al muelle. La grua es el dispositivo más empleado, en la carga y descarga de mercancías, debido a su gran maniobrabilidad, como a la rapidez con que efectúa dichas maniobras, además una característica importante en este tipo de gruas, es que son tan rígidas que su pluma puede ser levantada o bajada sin que cambie la altura de la carga. La rapidez de acción de la grua es particularmente debida al hecho de que el operador puede elevar su pluma, girar, subir o bajar la carga, todo esto a un mismo tiempo, y aun mantener su carga bajo control. Estas gruas son montadas sobre una armadura de portico o semiportico, diseñada con una longitud de claro adecuada para el tráfico de vagones de ferrocarril o de trailers, en el patio fuera del cobertizo. Las armaduras se mueven sobre rieles que van paralelos al muelle. Las dimensiones de gruas más comunes son las que se encuentran dentro del rango de capacidad de 3 a 5 tons. Ver la fig. 7.2.

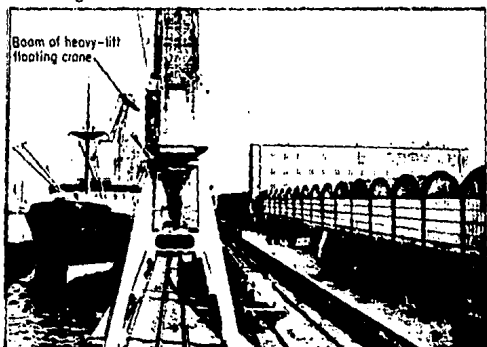


FIG. 7.2

EQUIPO PARA CARGA PESADA. Para cargas pesadas, que puedan aumentar hasta 50 o 100 tons. o más, como en el caso de una locomotora o de cualquier otra pieza de maquinaria pesada, hay tres clases de equipos que son comunmente usados. Cualquiera de estos es necesariamente mucho más lento que el equipo para carga general, descrito anteriormente, lo cual es la razón de que las tarifas de flete marítimo incluyan un cargo especial para aquella mercancía que exceda un límite específico, en cuanto a su peso.

Mecanismos en el barco. La mayoría de barcos de carga-general, están equipados por lo menos en una de sus bodegas, con una pluma adicional, diseñada para que levante 50 tons o más. Esta pluma puede ser girada sobre el costado del barco por medio de líneas retenidas.

Equipo lateral al muelle. Gruas fijas en el muelle, para que el barco pueda ser traído, o gruas móviles que operen sobre la plataforma del muelle, son usadas algunas veces. Las piezas para estos equipos requieren de un diseño especial de el muelle para soportar el peso de las cargas concentradas impuestas por las orugas o las llantas de las gruas o por voladizos.

Equipo flotante. Algunas de las mercancías más pesadas son manejadas por gruas fijas o móviles, flotantes. Estas normalmente operan cerca de la costa, del lado de los barcos que transfieren su carga a barcasas o a algun otro tipo de embarcación pequeña, por lo que esta debe ser remanipulada. La pluma de una grua flotante para carga pesada se puede ver en la fig. 7.2

EQUIPO ESPECIAL. Hay muchos barcos con fines específicos y muelles para dichos barcos por lo que ha sido diseñada maquinaria muy especializada. Algunos barcos tienen aberturas a los lados a través de las cuales la carga puede ser manejada por transportadores de banda o de listones; este método es muy común en la carga y descarga de correo y de equipaje en barcos de pasajeros, ver la fig. 7.3. Transportadores especiales son usados para manejar algunas frutas o legumbres. Grandes contenedores son levantados individualmente por un equipo diseñado para las dimensiones y formas particulares de contenedores usados. Este equipo puede estar tanto en el barco como en el muelle y su tamaño varía con las dimensiones que tenga la grua que los transporte a los carros de carga.



FIG. 7.3

### 7.3 MANIOBRAS EN TIERRA

Una limitada cantidad de mercancías pueden ser levantadas directamente entre el barco y los camiones de carretera o los vagones de ferrocarril, en el muelle o embarcadero. Sin embargo, la mayor parte de la capacidad de un barco de carga general, por lo general requiera que sea manejada dentro y fuera de un cobertizo de paso, para que sea clasificada y almacenada temporalmente.

**CARROS MONTACARGA.** Este vehículo ha hecho más que cualquier otro dispositivo individual, revolucionando el manejo de la carga en el muelle. Esta versátil - pequeña máquina, puede recoger unidades de carga o carga apilada en tarimas, - puestas sobre el patio exterior del cobertizo, llevarlas al interior del cobertizo, y ahí apilarlas a alturas de 16 O 18ft. Esta operación se muestra en la fig. 7.4. Esta facilidad de apilamiento, permite que sea mucho más eficiente el uso del espacio en el piso. Esto conlleva la ventaja, de que pueden ser diseñados modernos cobertizos con un altura libre o de franqueo de por lo menos - 20ft. Los montacargas son considerados eficientes para recorridos horizontales de aproximadamente 150ft. El de tamaño más popular cuenta con una capacidad de carga de unas 2 o 3 tons., aún cuando para casos especiales los hay de 20 tons. de capacidad. Estos carros pueden ser modificados con abrazaderas o algún otro dispositivo especial, para levantar cierto tipo de mercancías u objetos, como - pueden ser rollos de papel o material empacado, como se puede ver en la fig. - 7.5. También los hay disponibles con cargadores laterales, para cargas de gran longitud, como pueden ser manojos de tubos o madera, aunque los camiones de caballete son generalmente más usados, para dichos tipos de carga, ver fig. 7.6.



FIG. 7.4



FIG. 7.5

**GRUAS MOVILES.** Las gruas moviles, compactas, agiles y de neumaticos de llanta han sido desarrolladas, algunas con plumas extensibles, operadas hidraulicamente, para maniobrar en cuartos cerrados, como se ve en la fig. 7.7. Estas realizan una función similar a la de los camiones montacargas, y comparte sus limitaciones con respecto a su recorrido horizontal. Puesto que la pluma y la eslinga ocupan por lo menos 3 o 4ft del espacio para la carga, ellas no son capaces de apilar materiales, muy estrechamente en la parte de abajo del techo de la estructura, como lo puede hacer el montacargas. Por otra parte, si resultan mejores para manejar objetos largos y de formas muy irregulares.

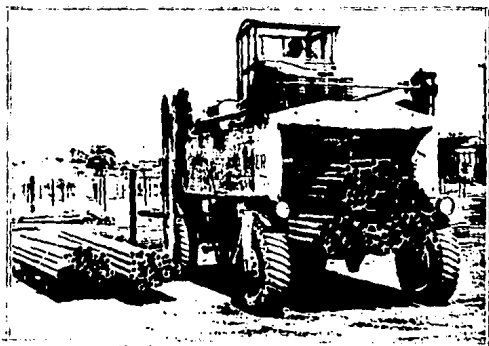


FIG. 7.6

**CONVOYES JALADOS POR TRACTOR.** En donde las distancias entre el costado del barco y las áreas de almacenaje son demasiado grandes, para que sea eficiente el uso de camiones montacargas, son utilizados convoyes remolcados por tractor, de plataforma baja, y con carros de ruedas pequeñas, como se ve en la fig. 7.8. Los carros o pequeños vagones son cargados o descargados por los mecanismos propios del barco que dan al costado de este y en el area de almacenaje por los montacargas. Por supuesto, que estos convoyes son tambien utilizados para transportar materiales que no puedan ser puestos en tarimas o inadecuados para ser manejados por un montacargas. Tal como puede suceder en el caso de una carga combinada que contenga pequeños paquetes, destinados a diferentes direcciones.

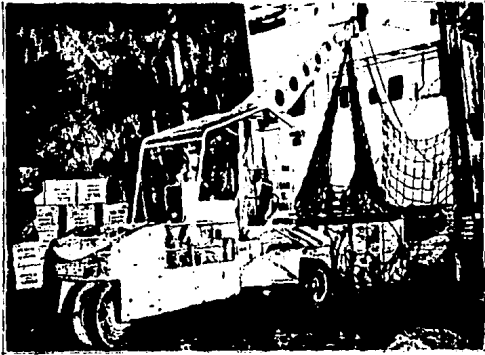


FIG. 7.7

**TRANSPORTADORES.** Los transportadores son el medio más adecuado para el manejo de carga a granel, cumpliendo con la función de mantener un flujo constante del material transportado, por medio de un movimiento automático. Sin embargo cierto tipo de transportadores han sido útiles en la transportación de carga general, que se mueve en el muelle. Mercancías en unidades suficientemente pequeñas como para ser levantadas por un hombre, pueden ser transportadas horizontalmente por distancias cortas, en transportadores de rodillo o de banda. Conductos en espiral permiten que el material o las mercancías bajen de un piso a otro. Transportadores portátiles de banda o de listones son usados para que se apilen maletas o algún otro tipo de paquetes. Transportadores de techo, de monoriel o a cadena, proporcionan una transportación horizontal al interior del cobertizo. Hoy en día muchas de estas funciones han sido tomadas por los montacargas. Es solo en viejos muelles, inadecuados para el uso de montacargas o por condiciones muy particulares, que los transportadores continúan siendo un

importante medio para el manejo de la carga-general.

**GRUAS DE TECHO.** Las gruas corredizas de portico o caballete, tan comunes en plantas industriales y en bodegas, son utilizadas en cobertizos de paso solo en casos especiales, en donde la carga es embarcada uniformemente en grandes paquetes. Como más y más mercancías son empaquetadas de esta forma, su uso puede - aumentar en el futuro. Ello requiere de una altura extra de franqueo, en el - cobertizo, sin que el apilamiento llegue hasta lo alto de este, pero también - sin tomar mucho en cuenta el espacio en planta y sin requerir de pasillos de - trabajo.

#### 7.4 MANIOBRAS DENTRO DE LA BODEGA DEL BARCO

Los problemas que se tienen con el estibado y con la recuperación de la carga - en la bodega de un barco, son similares a aquellos que se presentan en un cobertizo, pero con la gran diferencia de que en la bodega del barco se carece grandemente de espacio, reduciéndose las posibilidades para la mecanización. Los montacargas pueden ser bajados al interior de la bodega, pero su utilidad está limitada por los espacios tan desiguales e irregulares, por la poca altura de - franqueo, y por la imposibilidad de que se deje un pasillo de maniobras adecuado conforme la bodega es llenada. Transportadores portátiles de rodillo son de - algún uso para el acarreo horizontal de la carga, pero una gran distribución de esta debe aun ser hecha por hombres, que utilicen carretillas o plataformas rodantes. Los barcos modernos, diseñados pensando en estos problemas, son mucho más adecuados para el manejo mecanizado de la carga.

#### 7.5 TARIMAS O PALLETS

Para que el uso de los montacargas sea eficiente, requiere la consolidación de pequeños paquetes en unidades adecuadas de carga, que son hechas para el apilamiento sobre tarimas. La tarima es una plataforma doble, separadas unas cuantas pulgadas por tablillas, para permitir la inserción de el cargador. La - plataforma superior soporta la carga, y la del fondo o inferior proporciona una superficie plana para el apilamiento. Modernas tarimas o pallets están hechas con un ojillo en cada esquina, por la conveniencia de enganchar las bridas. - Las tarimas son hechas más comúnmente de madera, y vienen para su uso general, en tamaños de 4 por 6ft., aunque las hay de otros tamaños.

**PALLETIZACION EN LA FUENTE.** Algunas veces el embarcador ata con correas o -

amarra sus mercancías formando unidades de carga sobre las tarimas, lo cual - las mantiene fijas y seguras hasta que el embarque llegue a su último destino. Este método de empaquetamiento elimina todo lo que la pueda maltratar e incrementa la velocidad de maniobras, en un puerto debidamente equipado. Su utilidad sin embargo, depende de la uniformidad con que la carga sea empaquetada. - para justificar la especial organización de el manejo de cuadrillas y también - sobre si la cala del barco es adaptada para que la estiba sea mecánica. La prepaletización no se ha vuelto una práctica generalizada, y probablemente nunca lo sea, hasta que las compañías navieras sean capaces de ofrecer una reducción adecuada en sus tarifas, para los costos de reparación de por lo menos parte -- del embarcador.

**PALLETIZACION EN EL PUERTO.** Muchas tarimas hoy en día son usadas como herramientas de los estibadores. Ellas son propiedad de la organización de operaciones del puerto y nunca salen de este. En una típica operación importante, tal como la que se ve en la fig. 7.9., las tarimas son bajadas a la cala del - barco, cargadas a mano, y llevadas al patio del muelle. Las tarimas cargadas - son entonces levantadas por montacargas y apiladas en el cobertizo. Posteriormente estas son recogidas por los mismos montacargas, de los apilamientos y son colocadas en camiones de carretera o en vagones de ferrocarril, a - donde las -- mercancías son trasladadas desde las tarimas y colocadas a mano.

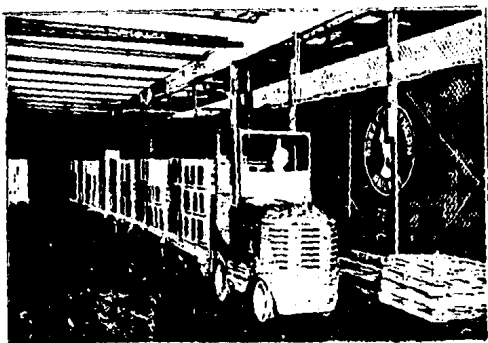


FIG. 7.8



FIG. 7.9



## CAPITULO V

### TIPO DE TERMINALES

## TERMINALES DE EMBARQUE PARA CARGA A GRANEL

### 8.1 INTRODUCCION

Para el manejo de carga-general, como la ya descrita anteriormente, una terminal normal de embarque, debera estar equipada para cargar y descargar diferentes clases de mercancías. Una terminal de carga a granel, por el contrario, es generalmente diseñada para una sola función, tal como la carga de granos o la descarga de algun mineral. Una estación de transbordo cuenta con ambas instalaciones de carga y descarga; por ejemplo en muchos puertos el carbón importado es descargado de los barcos y cargada de nuevo en embarcaciones fluviales, para ser llevada tierra adentro; frecuentemente el mineral es traído hasta un puerto ya sea por medios terrestre o por embarcaciones fluviales para transferirlo a buques marítimos. Algunas veces, en una terminal aislada, sus instalaciones deberan estar provistas con apoyos y equipos específicos, que permitan su buen funcionamiento.

### 8.2 INSTALACIONES DE ALMACENAJE

La adecuada capacidad de almacenamiento, es un requerimiento básico en cualquier terminal de carga a granel, pero la definición de "adecuada", varia ampliamente y debe ser determinada individualmente para el caso específico de cada terminal. El requerimiento mínimo, es la variación de capacidad que compensa los porcentajes mínimos entre los tiempos de embarque y desembarque y los de transportación tierra adentro. Más y más énfasis se le esta dando a la rápida ejecución de las maniobras de carga y descarga, de minerales transportados tanto por vías marítimas como terrestres, con el fin de acortar la prolongada permanencia de los barcos en los terminales. Debido a que los barcos destinados a la transportación de carga a granel, han incrementado su tamaño, esta siendo necesario proporcionar instalaciones para el almacenaje de carga a granel, cada vez más grandes, así como también el contar con equipo capaz de manejar los materiales con una mayor velocidad. Las terminales con mayor capacidad de almacenaje, son cada vez más necesarias por las restricciones de tiempo en la producción o por la demanda del material que este siendo embarcado, o por un limitado tiempo de embarque, esta necesidad se ejemplifica con los grandes almacenamientos de algu-

nos cereales como el trigo y de minerales como el carbón. El tipo de instalaciones de acopio, varía de acuerdo a los requerimientos de embarque y a la naturaleza del material. Estas pueden contar con grandes extensiones de terreno - para patios de ferrocarril en donde ~~son~~ clasificados los vagones según su carga, para tanques almacenadores, para silos, o bodegas para materiales que requieran ser protegidos de la interperie, o grandes áreas abiertas de almacenamiento para materiales impercederos, como roca triturada, mineral, y carbón.

### 8.3 EQUIPO PARA EL MANEJO DE CARGA A GRANEL

Los líquidos, por supuesto, son bombeados y algún material ligero pulverizado o de partículas finas, como cemento y cereales, pueden ser transportados por sistemas neumáticos. Sin embargo, la mayoría de materiales granulosos son manejados por transportadores o cangilones y frecuentemente por una combinación de los dos.

TRANSPORTADORES. El manejo de este tipo de materiales en la industria, ha desarrollado una variedad muy amplia de transportadores que cumplen con funciones especiales. Los tipos más comúnmente utilizados, en la operación de una terminal de carga son, primero y el más importante, las bandas transportadoras; segundo, los elevadores de cangilones; y, los menos frecuentemente empleados, los transportadores de banda articulada o de artesas, los transportadores vibratorios o de oscilación, transportadores de paletas, y transportadores de tornillo sin fin o de gusano. Para el rápido movimiento de una amplia variedad de materiales pulverizados, granulares, y aterronados, las bandas transportadoras, son las más versátiles. Ellas pueden acarrear grandes cantidades por largas distancias, horizontalmente o con pendientes ascendentes o descendentes de  $15^\circ$  a  $20^\circ$ . Con equipo auxiliar apropiado, ellos pueden ser cargados o descargados en sus terminales o en puntos intermedios. Ellos son usados para mover material dentro y fuera de los almacenes y dentro de las calas de los barcos. El material puede ser almacenado en montones o pilas en áreas abiertas de acopio por una apiladora móvil que tenga un transportador de aguilón inclinado, el cual algunas veces es diseñado para ser capaz de girar  $360^\circ$ , permitiendo que el material sea almacenado en pilas, hacia ambos lados del transportador; o este puede ser apilado por un transportador inclinado que llegue a un transportador de distribución, que este sobre la pila, el cual puede estar apoyado en un puente de caballete o desde el techo del cobertizo de almacenaje o del silo. La recuperación del material puede ser hecha por medio de un transportador de recuperación, colocado en un túnel debajo del almacén, o este puede ser cargado en tolvas que -

alimenten un transportador sobre el suelo. El transportador que este entre el almacén y el costado del barco, puede ser abastecido por una torre estacionaria o corrediza, que este en el muelle, la cual puede tener un transportador de a--guilón articulado o retráctil, que soporte un tobogán en su extremo, del cual el material caera al interior de la cala del barco. La fig. 8.1., nos muestra un cargador movil, que maneja piedra caliza mezclada, a una velocidad de 4,500 tons/hr. Los elevadores de cangilones, generalmente son de más baja capacidad que las bandas, acarrear material verticalmente o con bastante pendiente. Ellos son utilizados para operaciones como el llenado de silos, y, cuando estan montados sobre un "brazo marino" pueden ser bajados al interior de la cala de los barcos para descargarlos, como se ve en la fig. 8.2. Los otros tipos de --transportadores mencionados, son por lo general utilizados en las maniobras de un puerto como equipo auxiliar, como serian los alimentadores de un sistema de banda transportadora.

**CANGILONES.** El cucharón de almeja, es la pieza de equipo más usada para la -descarga de carga a granel a alta velocidad. Un tipo de cangilon es diseñado, para que sea manejado por los mecanismos propios del barco otro por gruas giratorias, pero el de mayor capacidad es obtenido por un cangilon que labora desde una carretilla movil, en la pluma de una torre de descarga, que esta en el muelle. La torre puede ser fija o corrediza. Con el fin de obtener velocidades --de descarga más altas, dos o tres torres moviles pueden operar en un barco. La fig. 8.3., nos muestra dos torres moviles de 10 tons. que descargan bauxita, con una carretilla especial de tipo giratoria, diseñada para girar sobre la base de un caballete, para trabajar en cualquiera de los dos lados de un espigon.

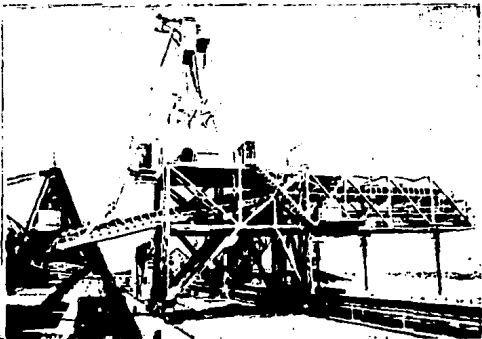


FIG. 8.1

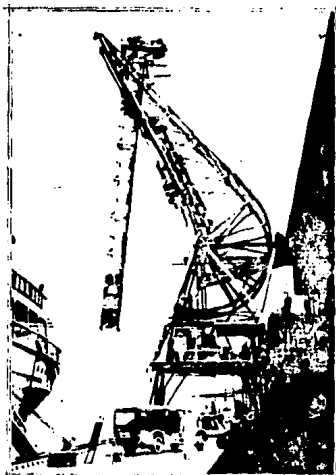
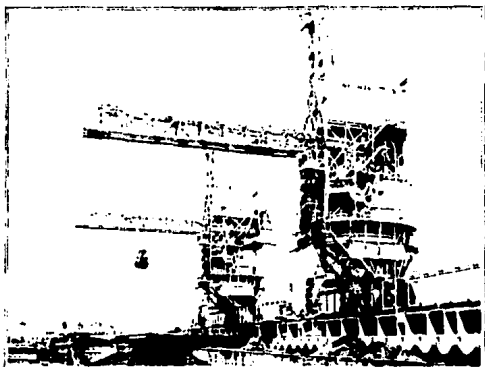


FIG. 8.2

Estas torres son generalmente equipadas con tolvas, dentro de las cuales los -  
cangilones pueden vaciar el material, y la cual al girar alimenta de material -  
a los vagones de ferrocarril o a los camiones, o a un sistema de banda transpor-  
tadora y pueda ser transportado el material, para su almacenamiento.

FIG.  
8.3

Algunas veces las torres se hacen con la forma de puentes, que se extienden a la parte trasera de la costa, hacia donde se encuentran las áreas de acopio, como se ve en la fig. 8.4. En estos casos, el mismo cangilón puede ser usado para recobrar el material almacenado. Dichos cangilones pueden ser hechos de capacidades superiores a la 25 tons. de mineral por recogida.

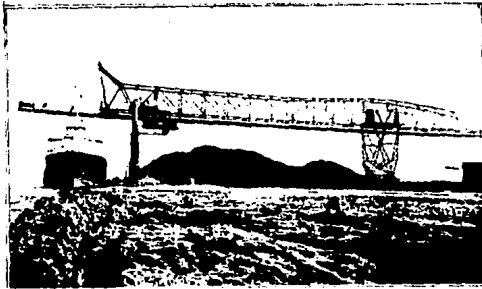


FIG. 8.4

Los cucharones de arrastre son utilizados para clasificar y recuperar la carga a granel. En la fig. 8.5., se ve como el carbón es descargado de pontones por un cucharón de quijadas, montado en la torre móvil de descarga, a la izquierda de la parte trasera del terreno. La pluma que esta del lado de la costa, de esta torre, lleva una banda transportadora, la cual apila el carbón a lo largo del camellón localizado atrás del patio del muelle. Este camellón esta distribuido sobre al area de almacenamiento por una escrepa de arrastre.

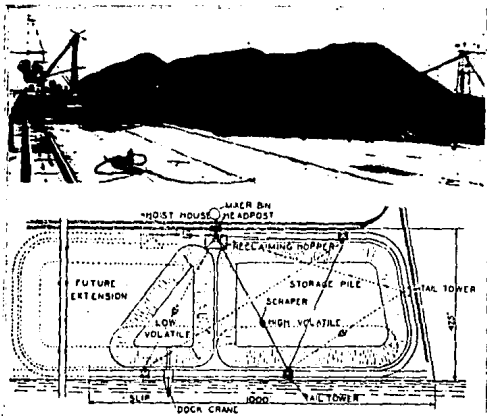
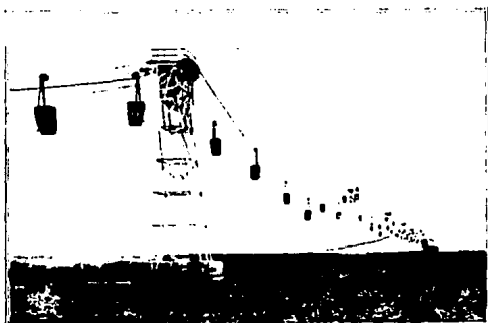


FIG. 8.5

**CABLEVIAS AEREOS.** Los transportadores de banda forman parte de estos, para la movilización a gran escala de materiales a granel. Sin embargo, para que la --transportación de cantidades moderadas de dichos materiales resulte economica a grandes distancias, los cablevias aereos presentan mayores ventajas. Un cablevia es capaz de entregar hasta unas 400 tons/hr de carga, por un terreno inaccesible para otros medios, a varias millas de distancia. Una aplicación apropiada de un cablevia para fines maritimos, es la de cargar los barcos que forzosamente tienen que anclar a una distancia considerable de la costa, debido a la poca profundidad del agua. Esto se ilustra en la fig. 8.6.



**FIG. 8.6**

**VACIADORES DE CARROS.** El material traído a un puerto por ferrocarril, frecuentemente es descargado por vaciadores de carros, los cuales hacen rodar los vagones, vaciando así su contenido. La carga es por lo general recibida en una tolva invertida, desde la cual es transportado el material, para su almacenamiento por medio de transportadores.

#### 8.4 BARCOS CON MECANISMOS PROPIOS DE DESCARGA

Hay muchos barcos que transportan roca triturada o carbón, la cual es cargada por medios convencionales, pero también existen barcos que llevan su propio equipo, empotrado de descarga. Estos buques tienen tolvas con forma de "V", en el fondo, como parte de la estructura de sus bodegas, con una serie de compuertas en el fondo, las cuales alimentan de material a dos transportadores longitudinales, de banda o de artesas, o a cucharones de arrastre que operan dentro de tuneles, en el fondo del barco. El material es transportado a un extremo del -

barco, hasta un elevador de cangilones, el cual va dando vueltas para entregarla a un transportador de banda, montado en un aguilón articulado, capaz de vaciarlo sobre cualquiera de los dos costados del barco. El transportador de aguilón -- puede descargar directamente a una pila de almacenaje, a una tolva que alimente un sistema transportador, o a un ponton o barcaza. Un barco con estas características, se ve en la fig. 8.7.

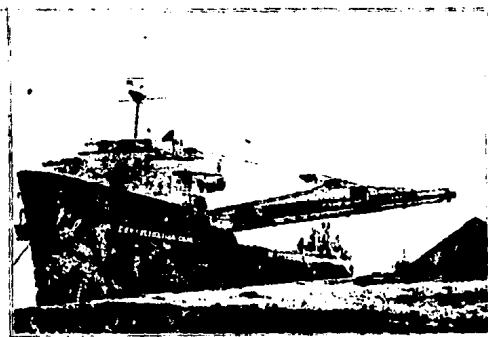


FIG. 8.7

## 8.5 INSTALACIONES PARA UNA TERMINAL

Las terminales para carga a granel varían ampliamente; cada una debe ser diseñada individualmente, para conocer los requerimientos de un cierto número de condiciones variables. Algunas de las principales variables son:

Condiciones del lugar: las condiciones más comunes con las que uno se puede encontrar, en el sitio de la terminal de carga como son su ubicación, topografía, profundidad del agua, el oleaje, las mareas, el viento, etc., pueden llegar a ser determinantes en el diseño, tomando en cuenta la permanencia de la obra, así como el tipo de propiedad a la cual esta pertenezca; federal, municipal, privada, o una sociedad entre cualquiera de estas.

Finalidad: sea para la importación o exportación de materiales a granel, o para ambas, con o sin el manejo de equipo y apoyos.

Tipo de material ser manejado: seco o líquido, pulverizado, granulado o aterronado, de libre flujo o viscoso, perecedero o imperecedero.

Cantidades requeridas: anual, por temporadas o diariamente. El almacenaje y la capacidad de envío, ambas están interrelacionadas con las variaciones de --



los tiempos de producción o explotación y demanda, y con el tamaño de los barcos, como con la frecuencia con que estos llegan a la terminal.

Disponibilidad de medios de transporte, tierra adentro: vías terrestres; ferreas y carreteras, fluviales, o conductores.

Algunas terminales son construidas sin contar con un muelle o espigon. En dicha terminal los barcos son anclados a cierta distancia de la costa, a dolphins, o a anclas fijas, y son abastecidos o descargados por un transportador, un conducto, o un cablevia aereo. En otras terminales los barcos pueden ser anclados a un muelle que cuente con un ancho patio, construido macizamente, sobre el cual transiten camiones, ferrocarril, como también torres móviles de carga y descarga. Un método común y eficiente, para carga de barcos, es por medio de toboganes a gravedad conectados a silos o tolvas, de gran altura. Los silos para granos, por lo general son alimentados neumáticamente o por elevadores de cangilones, tolvas de mineral o carbón son alimentadas por el vaciado desde un ferrocarril elevado por un puente de caballete.

Las modernas terminales petroleras hoy en día, son instalaciones especializadas.

La necesidad de explotación de materias primas, especialmente minerales, localizados en yacimientos muy remotos, crea la necesidad de construir pequeños pueblos con toda la infraestructura requerida, para la extracción de estos recursos, dentro de la cual se considera la construcción de la terminal de embarque.

## 8.6 TERMINALES PETROLERAS

En general, las obras portuarias como las instalaciones en la costa para los buques petroleros, consisten en: muelles, espigones, o de amarres fijas de atraque con amarres adjuntos y equipo para el manejo de la manguera de carga, conectada al distribuidor del barco y que llega a los oleoductos del muelle, la cual transporta los productos desde y hacia el barco. Sin embargo, el incremento en el tamaño de los barcos tanque, al grado de que su calado, hoy en día excede la profundidad de muchos de los puertos marítimos, imponiendo una limitación en el uso de sus instalaciones de la costa. En tales casos, el barco petrolero deberá anclar en aguas profundas y descargar su carga por medio de tuberías submarinas, o transferir su carga a pequeños buques tanque, o llevar una carga reducida, la cual mantendrá su calado, menor que la profundidad del canal de acceso, a ser navegado para llegar al muelle.

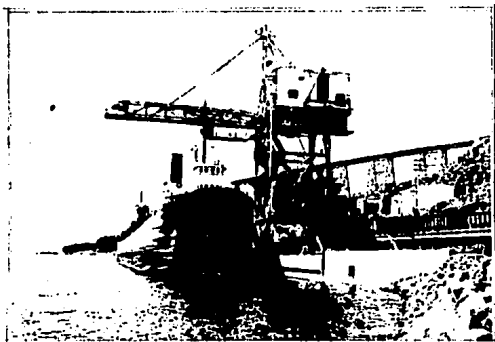
Los muelles petroleros, en general, son de construcción más ligera que la de

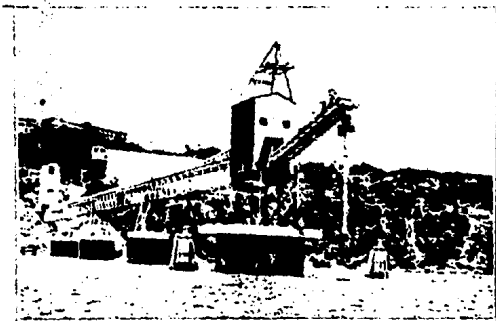
los muelles que manejan carga-general, ya que ellos por lo general no requieren de bodegas o de un vasto equipo para el manejo de la carga. Puesto que sus principales productos son generalmente descargados en un punto determinado y transportado por tuberías especiales como en el caso de los oleoductos, el área requerida de construcción sólida en el muelle, es muy reducida, ya que es de el ancho y longitud del muelle, si este es auxiliado por dolphins que reciban las cuerdas de la proa y la popa. Por esta razón, un espigón de longitud completa, por lo general no es económico o indispensable, pero si este es requerido, generalmente será de construcción esquelética, con la losa de cubierta omitida en el tiro para tubería.

La tendencia actual, es el empleo de barcos petroleros más grandes y de mayor profundidad de calado, lo que ha provocado la adopción de amarras fijas para atraque, con sus plataformas relativamente pequeñas y ligeras, las cuales son protegidas por dolphins de defensa, junto a los cuales ancla el buque tanque y son provistas de dolphins de separación que reciben las cuerdas de amarre de el barco. La plataforma de manejo de manguera, puede ser conectada a la costa, por un puente de caballete, el cual soportara las tuberías, o, en donde el atraque este a una distancia considerable de la costa, el puente de caballete puede ser eliminado y las tuberías serán tendidas sobre el fondo del mar.

En general, se puede decir que las terminales de embarque petroleras, pueden ser operadas en aguas menos protegidas que lo que demandaría una terminal que maneje carga-general. Este tipo de instalaciones son funcionales, aun cuando es recomendable en lo posible evitarlas, en donde el oleaje llega a ser hasta de 10ft. No obstante, existen otros métodos, que aun en condiciones extremas permiten efectuar la carga o descarga de los barcos petroleros.

A continuación se muestran dos equipos para el manejo de carga a granel.





## TERMINALES DE EMBARQUE PARA CONTENEDORES

## 9.1 INTRODUCCION

En las ultimas decadas, se ha venido dando un enorme desarrollo e impulso a la transportación de mercancías, en contenedores. La terminal para contenedores, hoy en dia, toma su lugar junto a las convencionales terminales de transbordo de carga-general, petroleras, y de carga a granel seca, ya que estan siendo un tipo especial de terminal, diseñada para el uso exclusivo de barcos contenedores. Aun cuando las terminales que manejan tanto el transbordo de carga-general y de contenedores, estan en operación y continuaran haciendolo, se cree - que más y más puertos estableceran terminales para contenedores, por separado.

## 9.2 PLANEACION DE UNA TERMINAL PARA CONTENEDORES

Las consideraciones fundamentales, en el diseño de una terminal para contenedores, son las siguientes:

1. Los espacios abiertos son necesarios en grandes cantidades.
2. Las vias terrestres como la ferrea y la carretera, estan involucradas en la alimentación de contenedores para el barco, y el espacio adecuado debe ser proporcionado en el patio de contenedores, para su operación.
3. Algunas construcciones son requeridas, aunque su número y area estara mayormente limitado, comparado a aquellas terminales de transbordo de carga-general.
4. Debido a la gran area de terreno requerida, los atracaderos para barcos - contenedores, se extendern hasta el malecon o hacia algun otro tipo de construcción de muelle, en vez de espigones o de algun tipo de dolfín.
5. El exito demostrado de la carga embarcada en contenedores y la evidente - tendencia de incrementar la proporción de mercancías, que sean manejadas de esta forma, hace conveniente que se proyecten nuevas terminales de transbordo de carga-general, para también proporcionarles contenedore, para el manejo y clasificación de la carga.
6. El espacio normalmente sera requerido en el muelle, para vias ferroviarias para las maniobras de camiones trailers y de redilas, y para gruas de pórtico - con capacidades que varian desde las 25 tons. hasta las 35 tons., para el mane-

jo de contenedores. Por lo tanto, el muelle generalmente sera más ancho que las terminales de transbordo para carga-general.

REQUERIMIENTOS EN TIERRA PARA UNA TERMINAL DE CONTENEDORES. En las terminales que manejan carga en contenedores, el espacio debe ser proporcionado para ordenarlos y almacenarlos, tanto los de entrada como los de salida.

Las grandes cantidades de terreno requerido para el almacenamiento de contenedores y el alto costo o la limitada cantidad de terreno en algunas areas, puede hacer factible un sistema de almacenamiento de contenedores, en una estructura de hileras verticales, en lugar de los patios convencionales de acopio. Combinado con el manejo, almacenamiento y recuperación, automatizados, demanda el -- mejoramiento de la eficiencia en las maniobras de la terminal.

Los patios para contenedores, deben contar con pasillos tanto longitudinales -- como transversales, para el equipo que maneja los contenedores, el cual consta de trailers, camiones de redilas, montacargas, o gruas de puente de caballete. En general, se puede decir que un patio para la clasificación y almacenamiento de contenedores, requiera de un 50% de su espacio total, para pasillos de trabajo. Los contenedores almacenados directamente en el pavimento, tendran menos pasillos de trabajo, pero el espacio entre hileras sera mayor, por unos 5ft, -- permitiendo un lugar para que circulen los camiones de redilas.

El area de almacenamiento para contenedores, debe proporcionar el espacio para el patio exterior de cobertizos o para el area de trabajo en el muelle, para cobertizos de clasificación, taller de reparaciones, edificio administrativo y de operaciones de camiones transportistas, basculas, torre de control, caminos de acceso, vias fereas; y el espacio de estacionamiento alrededor del taller de reparaciones, a lo largo de los muelles de carga y descarga, del edificio que -- se encarga de los envios, y para el personal administrativo como para los visitantes.

El patio del muelle, puede variar de 60 a 120 ft de ancho, dependiendo de las medidas de la grúa de pórtico, en su ancho de via, la cual por lo general no es menor de 50 ft y puede ser hasta de 100 ft. El riel externo, por lo general -- esta colocado a 10ft de la cara del muelle.

MANTOBRAS EN EL APROVISIONAMIENTO DE FERROCARRIL Y CAMION. El desarrollo de los embarques por contenedores, ha introducido enteramente un nuevo concepto, -- en la movilización de las mercancías de manufactura en consigna. El barco de -- contenedores es actualmente solo una extensión de las carreteras y de las principales vias ferreas. Esto se vuelve más y más evidente, en aquellos sistemas de transportes, cada vez más completos, en los que se involucran varios medios de comunicación, formando así una red de distribución muy amplia. También es -- probable, que en el futuro los ferrocarriles tengan una mayor participación en

la transportación de contenedores, particularmente en entregas a grandes distancias. La evolución en la transportación, no esta limitada solo a los embarques marítimos, puesto que requiere de la movilización de las mercancías, desde los centros de manufactura hasta que llegue a manos del usuario, por lo que entre más eficiente sea la combinación de los medios de transportación terrestres como marítimos, la entrega de las mercancías en condiciones satisfactorias, se realizara en el menor tiempo posible y al costo más bajo.

Para cumplir con estas metas, muchas de las nuevas terminales para contenedores, deberan ser provistas con desviaderos de doble via, desde el patio de reparaciones de trenes, el cual preferiblemente debera estar en la parte externa de un patio de contenedores. Estos desviaderos atravesaran a lo largo del patio del muelle, con numerosas vias de enlace, con el fin de vaciar o volver a cargar los vagones del tren, pueden ser desviadas hacia la via de salida. En lugar de de las vias que pasan a lo largo del muelle, ellas pueden ser colocadas, solo en la parte trasera del muelle, hacia el interior del area en donde se encuentra la grua de puente de caballete. Un desvio de via ferrea, tambien debiera descender hacia alguno de los pasillos longitudinales que se localicen en el patio de clasificación y almacenaje, para que desde el patio con grúa de pórtico, los camiones de redilas o los montacargas, puedan transportar los contenedores, hacia y desde la plataforma de vagones de ferrocarril.

Todas las terminales para contenedores, deben contar con un espacio suficiente para el tráfico de camiones, y esto de mayor importancia, en las instalaciones para contenedores, que esten situadas cerca de las principales ~~carreteras~~ de caminos troncales. Con el fin de que los trailers no bloqueen los accesos de transito de entrada o de salida al patio de contenedores, se debe disponer de una adecuada longitud de calzada o de un area interna para estacionamiento, hacia la entrada principal del patio, la cual se debiera encontrar adelante de donde este el paso de camiones, a la oficina de control, lo cual puede evitar que se forme el denominado "cuello de botella", del flujo de tráfico que ordenadamente entra o sale del patio. Un camino circunferencial debiera dirigirse al muelle, para que se mantenga el tráfico continuo, a lo largo del muelle y no se tenga que virar sobre el patio del muelle. Pasillos longitudinales, deberan ser proporcionados entre hileras dobles de contenedores acomodados, almacenados en el remolque de los trailers, que se dirijan a los pasillos colectores transversales, que van al muelle. Los pasillos por lo general son de 60ft de ancho. Todas las areas en el interior de un patio de contenedores, necesitan ser pavimentadas y drenadas, de modo que no se de lugar a inundaciones. Las condiciones de la capa subrasante, requieren ser cuidadosamente investigadas y la pavimentación debe ser diseñada, para recibir las cargas concentradas de las ruedas y

de cuando los contenedores son colocados sobre el terreno, las cargas estaran concentradas en las esquinas. Estas cargas pueden resultar de contenedores - apilados en pisos de tres

CONSTRUCCIONES REQUERIDAS PARA EL MANEJO DE LOS CONTENEDORES. A diferencia - de las terminales de transbordo de carga-general, las cuales requieren de cobertizos de paso, para el almacenamiento temporal de las mercancías y de bodegas para la retención de estas por largo tiempo, los patios para contenedores utilizan los recipientes para el almacenamiento de la carga. Este es relativamente por un corto período de tiempo, aunque el manejo de algunos contenedores sea -- realizado por periodos excesivamente largos, teniendo que permanecer las mercancías mayor tiempo almacenadas en los recipientes o contenedores, lo cual re--- quiere de una mayor extensión de terreno y de más contenedores en operación. La unica necesidad que se tiene, de que el almacenaje quede cubierto, es para - que las mercancías sean clasificadas y reempaquetadas, y vueltas a poner dentro de lcs contenedores, cuando por excases de espacio, la bodega del barco, lleva contenedores con diferentes destinos.

Teniendo que el area promedio para una construcción de acopio de carga, es de 30,000 ft<sup>2</sup> por atracadero. El area disponible, sera por lo tanto de 1/3 de los 90,000 ft<sup>2</sup> para cobertizo, recomendados para un atracadero convencional de transbordo de carga-general. Dandole preferencia una construcción con una configuración larga y angosta, a fin de proporcionar un area maxima en el muelle, para las maniobras de carga y descarga, y que el interior de la construcción -- sirva principalmente, para la distribución de las mercancías, de un contenedor a otro. Algunas terminales pueden requerir, construcciones de baja temperatura, a donde llegue la carga que por sus características, su transportación -- como su almacenamiento, tenga que hacerse bajo sistemas de refrigeración, siendo reempaquetada en trailers refrigerados.

Las oficinas en la terminal para contenedores, por lo general son pequeñas y son de uno o dos plantas de almacen. La mayoría de compañías de embarques por contenedores, tienen sus oficinas administrativas generales, fuera del patio de contenedores, las oficinas en el patio, estan principalmente para el control y revisión de de los camiones trailer, y para mantener los registros de entrada y salida de mercancías, que estan en el patio.

La construccion de otras instalaciones, pueden ser la de torres de control, - que por lo general estan cerca del area de muelle, casetas para estivadores, y cafeteria.

ATRACADEROS PARA BARCOS CONTENEDORES. Como ya se menciona anteriormente, un atracadero para barcos contenedores, generalmente estara en un muelle de tipo - marginal, respaldado por un amplio terreno para maniobras. El diseño del mue-

lle, difiere muy poco del de cualquier otro muelle, excepto por las siguientes características:

1. Los barcos contenedores están siendo más grandes que los barcos de carga-general, requiriendo de atracaderos, de hasta 900 a 1,000 ft de longitud, mientras que un atracadero de 500 a 600 ft, da servicio a la mayoría de barcos de carga-general.

2. El aprovisionamiento debe tomarse en cuenta, en el diseño de la plataforma, para el sosten de el riel delantero de la grúa de pórtico, y posiblemente - del riel trasero, a menos que el ancho de vía sea muy grande. Debido a que el peso de las cargas que serán levantadas (de unas 40 tons.), y la longitud a la que hay que llevar la carga, hasta la cara posterior del barco (hasta 110 ft), la carga sobre las ruedas es muy pesada, por lo general de 100 a 115 kips (kilogramos) en centros de 4ft.

3. El diseño por cargas vivas, es generalmente más pesado que para muelles - de transbordo de carga-general, siendo de 800 a 1,000 lb/ft<sup>2</sup>, y la losa de la - plataforma normalmente tendrá que ser diseñada para recibir el peso de los trailers más pesados, que descargaran su peso sobre las ruedas (HS44-20), y el de - las ruedas de los ferrocarriles, cuando el tren pase por el muelle.

4. Debido a la enorme carga viva y al hecho de que puede ocurrir un imprevisto en la parte trasera del muelle, la estructura debe ser diseñada para una relativamente mayor carga por sobrecarga.

5. Debido al método que predomine, en el manejo de los contenedores, dentro y fuera del barco, por medio de gruas móviles de pórtico instaladas en el muelle excepto por unos cuantos barcos equipados, con sus propias gruas y para el manejo de contenedores con el sistema de rodillo. Es conveniente que todos los - atracaderos en la terminal estén en línea recta.

#### COMBINACION DE TERMINALES DE TRANSBORDO DE CARGA-GENERAL Y DE CONTENEDORES.

Existe un número substancial de terminales parciales para contenedores, en donde los barcos llegan tanto con transbordo de carga-general como con carga en - contenedores. Estas terminales tienen una cantidad mayor, en área para cobertizos, en equipo convencional, para el manejo de la carga, y para su transportación, entre el cobertizo de paso y el patio de muelle, en donde los aguilones de carga de un barco no alcanzan a llegar. Los contenedores pueden ser manejados directamente desde el camión trailer, por medio de gruas giratorias correderizas, ya que el tiempo de carga y descarga, no es un factor tan importante, ya que el manejo de la carga de transbordo, generalmente determina la longitud de tirante de el barco en el atracadero. Como muchos barcos contenedores son construidos y llevados a las terminales, para entrar en funcionamiento, de los cuales, los contenedores son transferidos a barcos más pequeños, que distribuyen



las mercancías a puertos más pequeños, una combinación de instalaciones para - transbordo de carga-general y para contenedores, sera requerida, en donde barcos contenedores y barcos convencionales de carga, puedan ambos ser acomodados a distintas horas en atracaderos sencillos. Dichas instalaciones contarían con sus respectivos medios para el manejo de la carga. Un ejemplo sería, un cobertizo de paso detras de un muelle, pero separado de la cara del muelle por un - patio muy ancho, y detras del cobertizo, un patio de contenedores con un area - de almacenaje, adecuada.

### 9.3 TIPO DE MANIOBRAS PARA CONTENEDORES

Dos tipos completamente diferentes para el manejo de contenedores, han sido desarrollados, encontrando que cada uno tiene ciertas ventajas sobre el otro.

**CONTENEDORES MANEJADOS POR ELEVACION.** Este fue el primero de los metodos que fue desarrollado, para efectuar el manejo de los contenedores. En los años en que se empezo ha utilizar este sistema, los barcos contaban con gruas de portico, - las cuales levantaban los contenedores, dentro o fuera del barco. Aun cuando - en la actualidad se sigue empleando este metodo, las terminales de hoy en día - que manejan la mayoría de contenedores, cuentan con gruas moviles de portico en sus muelles. Siendo estas las que mayor trabajo realizan, en el manejo de los contenedores.

**MANIOBRAS CON CONTENEDORES RODANTES.** Como su nombre lo dice, este sistema de operación, difiere del anterior, en que el remolque de los trailers como contenedor; es levantado y dejado sobre ruedas abordo del barco, en donde ellos son desenganchados del trailer y asegurados a la plataforma, el trailer ya sin su caja o remolque, regresa a la costa para enganchar otro remolque. La operación de carga y descarga continua simultaneamente.

**COMPARACION DE LOS DOS METODOS DE MANEJO DE CONTENEDORES.** Algunas de las ventajas obtenidas con el empleo del sistema de rodamiento son: su versatilidad en - su capacidad de transportación, ya que no solo puede transportar contenedores, sino que tambien puede manejar; materiales y equipo de construcción, tubos y - elementos de acero, de gran longitud, grandes tanques, botes, automoviles, camiones, etc. Este también tiene un alto promedio en la velocidad de carga y - descarga, y no requiere de costosas gruas, en la costa. Una de sus principales desventajas, es el desperdicio de espacio, debajo de los cajones contenedores, puesto que este esta apoyado sobre ruedas, por lo que se reducen los ingresos - por concepto de pago de carga transportada, en el barco, comparados con los contenedores que se pueden cargar, en un barco contenedor. Sin embargo, con todo

y sus respectivas desventajas, ambos metodos han contribuido al enorme crecimiento del comercio exterior, ya que como ejemplo se tiene el gran desarrollo que han alcanzado los paises industrializados, al incrementar la transportación mundial de sus productos.

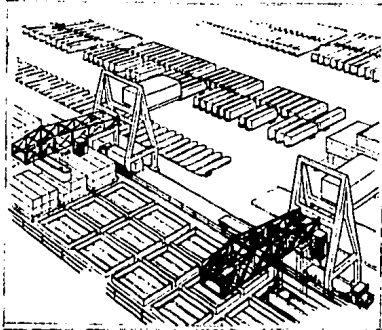
#### 9.4 TERMINAL DE CONTENEDORES CON SISTEMAS DE MANEJO POR ELEVACION

Hay tres principales sistemas de operación en una terminal de contenedores como son los siguientes:

1. Los contenedores de entrada y de salida, son almacenados en el patio de clasificación, sobre bastidores tipo, colocados en el piso. A la llegada de los contenedores, estos son pesados, revisados internamente, y despachados a un lugar predeterminado, para su acomodamiento, dentro del patio de clasificación. El piso de rodaje para trailers, en donde puedan enganchar tanto remolques contenedores como bastidores, que esten en espera de ser distribuidos a sus destinatarios, o de regresar a su base vacia de operaciones. Los patios para trailers de transporte, tanto de contenedores que seran exportados, como los que son importados, se encuentra entre el patio de clasificación y el muelle. En el muelle las gruas de portico, tanto las que estan en este como las del barco, levantan los contenedores para exportación, de el bastidor, y los colocan abordo del barco, quitan los contenedores de importación, de la bodega del barco, y los colocan sobre el chasis de los trailers, los que entonces los llevan al patio de clasificación. Esta operación se ve en la fig. 9.1.

2. Este sistema tiene los contenedores almacenados, sobre el suelo, en el patio de clasificación y son surtidos por camiones de caballete o por montacargas. Ya que un contenedor de exportación, llega, este es recibido en el patio de clasificación, y un camion de caballete quita el contenedor de su chasis, y lo lleva hasta su lugar de almacenamiento, colocandolo en el suelo o encima de otro contenedor, si es que son apilados de dos en dos. El camion de caballete carga al contenedor en un patio de trailers, para depositarlo en el muelle, en donde es cargado abordo del barco. Los contenedores de importación, son descargados de el barco y son llevados al patio de clasificación, por los trailers, y el camion de caballete los transporta, para su colocación en el almacen (ver fig. 9.2.).

3. Este sistema utiliza un almacen de multiples pisos, el cual es altamente sofisticado, debido a que el almacenamiento y recuperación de los contenedores es vertical, dicha edificación se conoce como portacontenedores. El sistema esta basado en la comprobada tecnologia de elevadores combinados con un sistema computarizado de guia y memoria. En la fig. 9.3. se ve un portacontenedor.

FIG. 9.1  
a)

b)

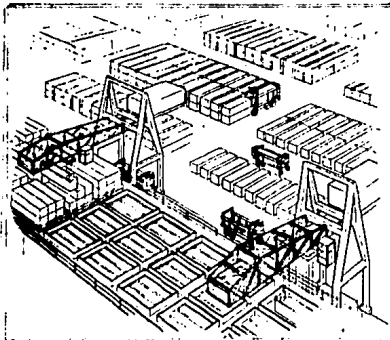


FIG. 9.2

## 9.5 CAJONES CONTENEDORES

Docenas de asociaciones y comites, locales, nacionales e internacionales, han trabajado por años, en muchos problemas, en los que se incluye el diseño y estandarización de los contenedores de embarque. Estos grupos representan instituciones gubernamentales, sociedades tecnicas, transportistas maritimos y terrestres, fabricantes de equipos y embarcadores potenciales. Afortunadamente - muchas naciones industrializadas, han coincidido en la actualidad, sobre las dimensiones y otras normas, para la carga de contenedores, llegando a las siguientes dimensiones:

8 ft x 8 ft x 5 ft, capacity 5 tons *
8 ft x 8 ft x 7 ft, capacity 7 tons *
8 ft x 8 ft x 10 ft, capacity 10 tons *
8 ft x 8 ft x 20 ft, capacity 20 tons *
8 ft x 8 ft x 30 ft, capacity 25 tons *
8 ft x 8 ft x 40 ft, capacity 30 tons *

\* Maximum gross weight in 2,240-lb tons.

## 9.6 EQUIPO PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES

Los contenedores que pesan hasta 5 tons., pueden ser manejados por el equipo convencional del puerto. El eficiente manejo de los grandes contenedores, requiere de un equipo especial, tanto en el barco como en el muelle, siendo recomendable que el equipo mas especializado se encuentre en el muelle, puesto que esto permite que la grúa de pórtico, tenga un alcance, a una distancia considerable, tierra adentro, como tambien sobre el barco.

Una grua que puede levantar dos contenedores de 20 tons., al mismo tiempo, se ve en la fig. 9.4. Así en las fig. 9.5, 9.6, 9.7, 9.8., nos muestran otros - equipos.

Cuando es necesario volver a hacer maniobras en tierra, estas son realizadas por medio de un camion gigante de caballete, como el de la fig. 9.9., el cual - puede apilar contenedores de dos pisos, sobre el suelo.

Los montacargas tambien son utilizados y pueden apilar contenedores de tres - pisos, como el de la fig. 9.10., que tiene una capacidad de 67,200 lb y puede - manejar contenedores de 8ft X 8ft X 40ft.

El tercer tipo de equipo utilizado en la reoperación de contenedores en tierra, son las gruas moviles de portico, las cuales pueden rodar sobre rieles o montadas en llantas de hule, pudiendo apilar contenedores de cuatro niveles, sobre el suelo y entonces recogerlos y colocarlos sobre vagones planos o sobre el chasis de los trailers. Las fig. 9.11 y 9.12, nos ilustran estos equipos.

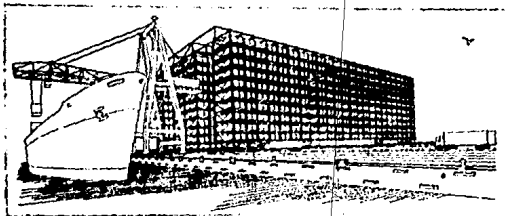
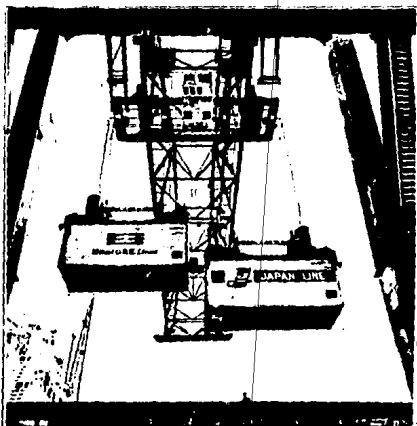
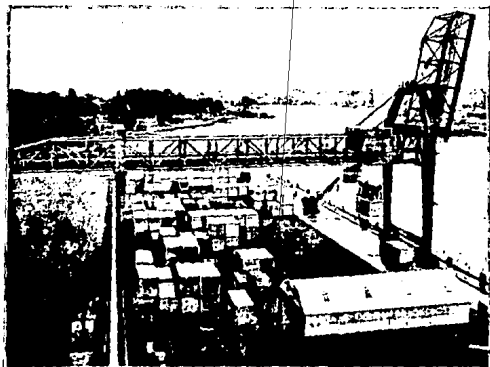
FIG.  
9.3

FIG. 9.4

FIG.  
9.5

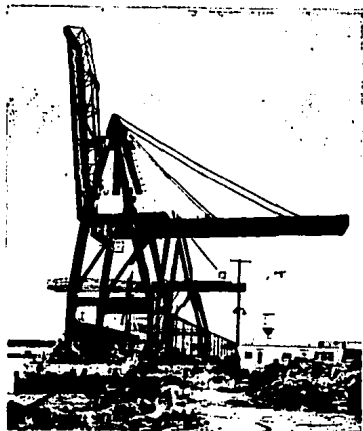


FIG. 9.6

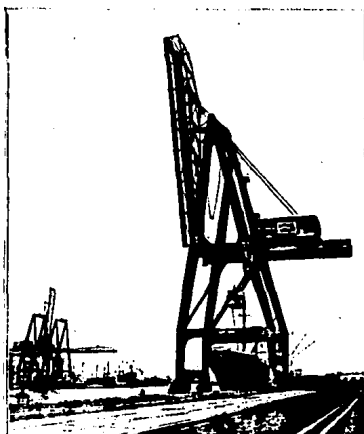


FIG. 9.7



FIG. 9.8

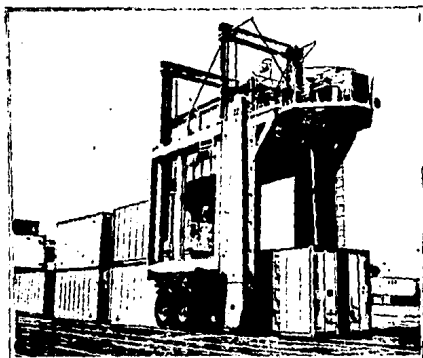
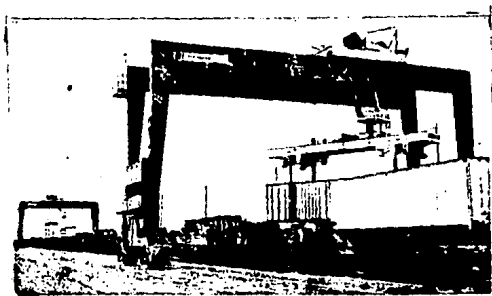


FIG. 9.9



FIG. 9.10

FIG.  
9.11

9.7 EJEMPLOS DE DOS TERMINALES PARA CONTENEDORES  
Y DE UN BARCO PORTA BARCAZAS

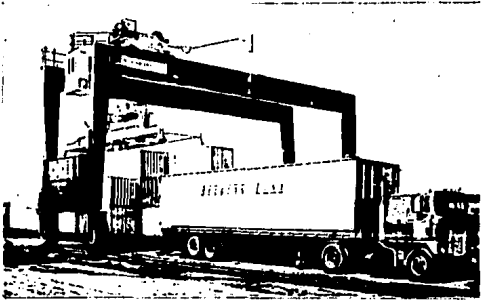
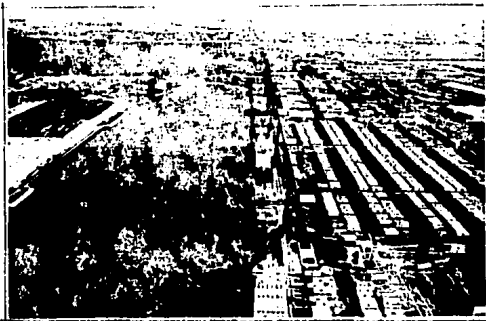
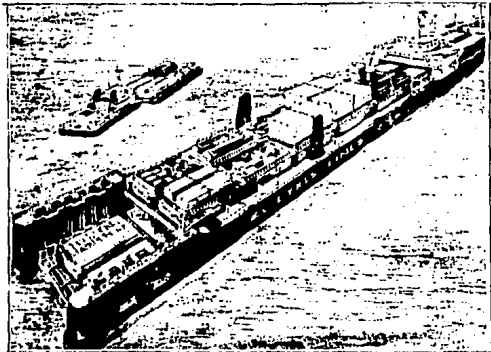


FIG. 9.12







## CONCLUSIONES

## FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DE LOS PUERTOS

Son muchos los factores que influyen en el desarrollo de los puertos, tales como el incremento de población mundial, y la explotación de materias primas, de fuentes en ultramar.

**FACTORES GENERALES.** Los barcos en sus inicios, hacían recorridos cortos, llevando mercancías de un puerto fluvial a otro. Y no fue sino varios siglos después; con el descubrimiento de América y con la incursión de navegantes, -- que se aventuraron a ir más allá de lo desconocido, descubriendo otras tierras, como se empezaron a hacer grandes recorridos. Así, los barcos más grandes con mayor tripulación, presto estuvieron para navegar hacia mar abierto, transportando mercancías de un continente a otro, en lugar de hacerlo sólo en puertos fluviales, de sus propias costas. Como este surgimiento marítimo, incremento el tráfico, a la entrada de los ríos, en los cuales estaban localizados los puertos de visita, fue necesario construir muelles o espigones, a lo largo de las orillas de los ríos, a fin de permitir que los barcos atracasen y a su vez, se mantuviera libre el canal de acceso. Aquí vemos el comienzo, de los puertos modernos, que conocemos en la actualidad.

La gente en todo el mundo, necesita de ropa, alimentos, y de todos aquellos artículos que hacen la vida más confortable; pero no todos los países del mundo están dotados con el mismo grado de, fertilidad en sus tierras, riqueza natural, y recursos en general, que satisfagan todas estas necesidades, sin que se vean en la necesidad de importar mercancías de otras tierras. Por lo que a su vez, la distribución desigual de la población mundial, creó una demanda de mercancías básicas, mucho mayor a la que pueda ser producida, dentro de un país. Consecuentemente, el faltante deberá ser sufragado por importaciones. Para pagar, por estas mercancías, es necesario exportar también, con materias primas de los recursos naturales con que cuente cada país, o con mercancías de las cuales hay un mayor suministro, que demanda. Este intercambio de productos manufacturados y de materias primas, entre los países, es posible, debido en gran parte a la navegación marítima, y da lugar a la demanda de embarcaciones y servicios portuarios, que faciliten su manejo.

**INCREMENTO DE POBLACION.** Los embarques mundiales y la consecuente demanda de servicios portuarios, en puertos nuevos o en expansión, pueden ser considerados en función de la explosión demográfica, y de la buena voluntad y capacidad, para intercambiar mercancías, entre las diferentes naciones del mundo.

Puesto que, si el número de habitantes de un país, es mayor que lo que produce los requerimientos de productos de toda especie, aumentan. Por lo que se hace indispensable, el contar con medios de transporte, cada vez más eficientes, -- que permitan la rápida transportación de todo tipo de productos. Siendo esto una de las causas, por las cuales los puertos deben de contar con todos los -- servicios necesarios, para agilizar el tráfico marítimo, además de hacer la -- transportación más económica.

**DESARROLLO DE LA INDUSTRIA EN GENERAL.** Las compañías en la rama industrial cuentan hoy en día, con vastos recursos, tanto materiales, económicos, como -- tecnológicos, siendo la causa de la enorme variedad de productos existentes en el mercado, para el consumo del público en general. Muchos de los artículos -- que se fabrican en la actualidad, ni siquiera fueron concebidos hace algunos -- años, pero a manera, que la industria ha ido progresando, más y más productos han surgido al mercado en todo el mundo. Además de que estos productos cam-- bían y evolucionan, debido a los constantes avances científicos y tecnológicos así como por la gran competencia que se ha creado, entre todas estas compañías las cuales buscan por todos los medios, el dar a conocer sus productos y poner los al alcance de todo el público, creando así, una sociedad de consumo. Lo -- cual es otra causa, de las mejoras necesarias, que hay que realizar en todos -- los medios de transporte y principalmente, en aquellos que puedan transportar grandes cantidades de productos, ya sea en bruto, o manufacturados, en menor -- tiempo y a un bajo costo. Teniendo como ejemplo a la transportación marítima, la cual requiere cada vez de más y mejores puertos. Siendo estos la base, de -- un mayor progreso.

**DESARROLLO DE LA INDUSTRIA PETROLERA.** Tal vez no únicamente, la comodidad en el empleo de la transportación marítima, ha influido en el crecimiento mundial de los embarques y en el mejoramiento de los puertos, sino que también la industria del petróleo ha colaborado. La expansión en esta industria, ha sido una de las principales causas de los cambios, en el diseño de los puertos y de -- mas estructuras marítimas, y ha dado como resultado, un tremendo desarrollo en nuevas construcciones.

Los varios usos del petróleo y de los productos derivados de éste, se han -- incrementado cada año. El petróleo se consume en vastas cantidades, para lu-- bricantes, combustible para vehículos de tierra, mar y aire, así como en siste-- mas de calentamiento y como energéticos para diversas industrias. Además de -- todos sus derivados como son: las fibras sintéticas, los plásticos, el caucho sintético y las pinturas. Todos estos productos, a medida que son vendidos, --

crean una demanda adicional de embarques, por lo que hoy en día, las toneladas de petróleo crudo y sus derivados, son transportados junto con otros artículos de consumo.

Cerca del 85%, de todo el petróleo producido en el mundo libre, viene de tres lugares: Medio Oriente, Estados Unidos y Latino America. La producción y los porcentajes de consumo, están dados en barriles por día; un barril equivale a 42 galones E.U. La transportación de estas enormes cantidades de crudo y de sus derivados, por todo el mundo, representa una gran demanda de buques.

EL DESARROLLO DE PUERTOS ESPECIALIZADOS. Los puertos especializados, son aquellos que pueden maniobrar eficientemente, los artículos de consumo líquidos y a granel, tales como, el petróleo, el azúcar, los cereales, fertilizantes, el cemento, carbón, y minerales triturados. Todos estos productos requieren de equipo e instalaciones especializadas, tanto para su manejo en manobras, de carga y descarga, como para su almacenamiento. Lo cual también requiere de grandes áreas en tierra, para los almacenes, los cuales se han de ubicar, en la periferia de los puertos; lejos de las terminales de carga general y de pasajeros. En algunas áreas, en donde sólo un artículo será embarcado, las instalaciones portuarias, serán diseñadas especialmente para su manejo como en el caso del petróleo, la bauxita, el mineral de hierro y otros artículos. Las terminales de embarque, para este tipo de productos o materias primas, se construyen en puertos, localizados en los lugares en donde se producen o se extraen dichos recursos, y así poderlos transportar a donde se requieran. El predominante volumen de carga líquida embarcada en buques tanque, lo ocupan el petróleo y sus derivados, y en menor porcentaje lo ocupan la melaza, el latex, aceites vegetales, azúcar líquida, y más recientemente el vino y el jugo de naranja. Los volúmenes de estos líquidos son pequeñísimos comparados con las cantidades de petróleo y sus derivados, que son transportados por la gran flota en operación, de buques tanque. No sólo se ha incrementado el número de buques tanque, sino también su tamaño se ha incrementado, tanto así, que pocos son los puertos capaces de proporcionar, anclaje a los buques tanque más grandes, que tienen una capacidad de peso muerto de 326,000 tons. brutas, con un calado, estando cargados, de 81ft 5in, una eslora de 1,133ft y una manga de 175ft. Las razones que llevaron al desarrollo de estos supertanques, fue la necesidad de embarcar petróleo en grandes cantidades, ya que se encontró, que se tenía un costo mucho menor en la transportación.

El uso de estos buques tanque, tan grandes, ha creado un problema en el diseño de los puertos, debido a su gran calado, el cual excede la profundidad de la mayoría de radas y canales navegables. En algunos puertos, las modificaciones

nes que se tendrían que hacer, para que dichos barcos pudiesen hacer uso de esos puertos, podrían presentarse difíciles de ejecutar, o muy costosas. Por lo que, nuevas terminales petroleras han sido construidas y muchas más están en estudio. En la actualidad, aquellos puertos que no satisfacen las condiciones de profundidad, requeridas por los grandes buques tanque, que solicitan -- hacer uso del puerto, son anclados en aguas profundas y de ahí transfieren parte de su carga, a buques tanque más pequeños, que si puedan tener acceso al -- canal del puerto, sin riesgo alguno, o también recurren al uso de conductos -- submarinos, para llevar su carga del buque anclado en aguas profundas, a las -- instalaciones del puerto o viceversa.

Las terminales de carga a granel, que cuentan con medios para su manejo, están siendo cada día más importantes, puesto que los grandes volúmenes de carga que pueden ser embarcados o descargados, en intervalos de tiempo muy cortos, -- dan como resultado un menor costo en su transportación. La necesidad de explotar nuevos yacimientos de materias primas, como el hierro, el carbón, aluminio el cobre, etc. ha provocado un incremento de las terminales de este tipo, financiadas y dirigidas, por empresas privadas. Muchas de éstas han sido construidas, en remotas regiones del planeta, en donde ha sido necesario construir aparte de las instalaciones propias de la industria de extracción y distribución, obras que permitan una mejor estancia, a todo el personal que ha de laborar en dichos lugares, tales como viviendas, escuelas, hospitales, tiendas, -- etc. y la instalación de todos los servicios, tales como luz eléctrica y agua potable, etc. Proyectos de este tipo tienen un gran costo.

MODERNIZACION Y REHABILITACION DE PUERTOS. Esto se realiza en estructuras, que facilitan el manejo de todo tipo de carga. Y se efectúa en aquellos puertos, en que aún sus condiciones y características son favorables y sólo requieren de algunas ampliaciones o reparaciones, las cuales se pueden llevar a cabo en dos grandes grupos de instalaciones portuarias, como son: Obras para Carga- General, las cuales incluyen espigones, muelles, y cobertizos; siendo éstas, -- usadas primordialmente para el manejo de la carga, e Instalaciones especializadas en terminales para Carga a Granel, que incluyen elevadores de granos, espigones industriales y otras obras con fines específicos. Estás también incluyen, instalaciones para contenedores u otros sistemas, en donde sean empleados métodos especiales, para el manejo de la carga. Todo este tipo de obras se -- realizan, con el fin de dar un mejor servicio a las embarcaciones que hacen -- uso del puerto, y para permitir que barcos de gran calado, así como un mayor -- número de éstos, puedan servirse del puerto.

PROGRESOS INGENIERILES, EN EL DISEÑO DE PUERTOS. En años recientes, se ha ido prescindiendo de los metodos empiricos, en el diseño de los puertos, ya -- que en la actualidad, se procede, elaborando modelos de puertos y estructuras, en laboratorios, donde por medio de simulación, son sometidos a diferentes con<sup>o</sup> condiciones y fuerzas. Dentro de las areas principales de estudio, que han dado un mayor desarrollo en el diseño y construcción de puertos, tenemos:

\* Mecanica de Suelos. De unos cuantos años atras a la fecha, esta rama de la ingenieria, ha alcanzado un avance tal, que en la actualidad juega un papel importantisimo, en el diseño de cimentaciones y de otras estructuras en contac<sup>o</sup> to con el suelo. Su util aplicación, permite la eliminación de muchas suposiciones, que se consideraba<sup>o</sup> para el analisis de una cimentacio, dando como resultado, economía en la construcción.

\* Estudios del Viento, Mareas y Olas. Muchas investigaciones se han hecho y se siguen haciendo, con el objeto de tener un mayor conocimiento, del compor<sup>o</sup> tamiento de las estructuras marinas, frente al impacto de estos fenomenos. La mayoría de estas investigaciones se están llevando acabo, en laboratorios bien equipados, en donde modelos a gran escala de radas y de varios tipos de estruc<sup>o</sup> turas marinas, son sometidos a la acción de diversas fuerzas que actuan aisladas o simultaneamente.

\* Escolleras. Nuevos tipos de corazas de protección, tales como: las de te<sup>o</sup> trapodos, cuadripodos, hexapodos, tribars y cubos modificados; todas estas de concreto, han sido introducidas, despues de haber sido rigurosamente examina<sup>o</sup> das y de haber sido encontradas estables, bajo la acción de las olas, sobre -- sus taludes, reemplazando así, a las corazas convencionales de blocks de con<sup>o</sup> creto, o de enrocamiento.

\* Estructuras de Concreto Prefabricadas y Presforzadas. Dichas estructuras ya han alcanzado gran importancia, principalmente en el uso de pilotes, colum<sup>o</sup> nas losas y trabes. Los elementos prefabricados, que no son presforzados, han -- sido usados también por sus ventajas, en el ahorro de cimbra, como por la velo<sup>o</sup> cidad de construcción sobre el agua.

\* Sistemas de Defensa. Muchos nuevos sistemas de defensa, han sido desarro<sup>o</sup> llados para proteger tanto a los muelles como a los barcos, cuando estós están atracados. Dichos sistemas incluyen, defensas de caucho, de varias formas, -- como son: Amortiguador de choque Raykin, Resortes de acero, y varios tipos de

defensa por gravedad.

\* **Protección contra la Corrosión.** Se han mejorado los recubrimientos, para proteger tanto al acero, como al concreto, pudiendo habilitar diferentes tipos de construcciones, mucho más ligeras como económicas, reemplazando aquellas - construcciones pesadas, de mampostería; del tipo de muros de muelle, en donde la estabilidad es un requisito indispensable. El acero colocado debajo del -- agua, puede permanecer mucho tiempo en buenas condiciones, gracias al uso de - la protección catódica.

\* **Nuevos Metodos de Manejo y Distribución de Carga.** En años recientes se - han dado los mayores cambios en casi todos los metodos de manejo y transporta- ción, de la carga. Equipo especializado es ahora esencial en ciertos puertos donde la carga y descarga de productos a granel y líquidos, debe hacerse en el menor tiempo posible. Muchos puertos, en su etapa de rehabilitación, están -- siendo modernizados con equipos como: bandas transportadoras, elevadores de -- cangilones, dispositivos de bombeo y sistemas neumáticos; éstos últimos se han estado usando, para el manejo de carga líquida, granos, carbón granulado, azu- car, etc. Los montacargas y las grúas móviles son ahora comunes en los moder- nos muelles de carga, debido a su gran maniobrabilidad, y lo más notable, al - ahorro de tiempo que se logra en diversas maniobras. El crecimiento de la --- transportación en camiones; particularmente de trailers contenedores, que per- miten la transportación tanto por tierra como por mar, de la carga contenida - dentro del remolque contenedor, ha aumentado considerablemente la flexibilidad en el manejo de la carga, al moverla, y ha influenciado en el trazo de los es- pigones, cobertizos y áreas abiertas de acopio.

**PROGRESOS EN LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.** La industria de la construc- ción ha enfrentado los retos que la ingeniería estructural le ha presentado. Respecto al equipo de construcción como a los procedimientos constructivos, se han logrado grandes avances en las últimas décadas.

En el campo de las estructuras de concreto, el diseño y control de calidad, ha tenido una especial importancia, con el fin de obtener concretos de mayor - trabajabilidad, durabilidad, densidad y resistencia. Hoy en día se cuenta con aditivos especiales, los cuales pueden acelerar o retardar el fraguado del --- concreto y minimizar las mermas. Los agregados son cuidadosamente selecciona- dos y examinados, antes de ser usados, y a la relación agua-cemento se le tie- ne un especial cuidado, para poder obtener la máxima resistencia permisible, - requerida en el concreto. Concretos de alta resistencia, de 5,000 lb/ft<sup>2</sup> o --



mayor, ahora pueden ser producidos con un alto grado de confiabilidad. El uso de vibradores es casi universal, en la actualidad.

#### AUTORIDADES PORTUARIAS

La planeación, construcción y operación de un puerto, son en su conjunto, una empresa muy compleja, especialmente para puertos grandes. Y controlar todos los factores que intervienen, para que un puerto cumpla con su función; en forma sencilla, implica una gran responsabilidad. Sumandose a esto, el hecho de que en algunos puertos se involucran, muy diversas agencias. Por ejemplo, parte de un puerto, podría ser propiedad de una sola empresa o de varias, otra parte podría estar bajo el control de una empresa ferroviaria y aun otras partes podrían estar bajo el mando del municipio; esté mismo puerto, también podría estar bajo la dirección o jurisdicción del estado o del gobierno federal, fungiendo como dueros. Las empresas particulares pueden estar comprendidas dentro de aquellas, que comercian con cereales, carbón, cemento, fertilizantes, frutas y hortalizas, etc. Estas compañías podrían tener su participación, con acciones exclusivamente (empresas Holding), o trabajar conjuntamente con la empresa ferroviaria y/o el municipio. Cuando el municipio es el propietario, puede arrendar el o los muelles, a las empresas interesadas, a una compañía naviera, por un largo plazo, a una industria, o a una compañía estibadora. De cualquier modo, tal división de propietarios, complica el desarrollo y operación del puerto, especialmente cuando uno considera que todas las vías de transporte, así como la industria pesada, se concentran en las cercanías de los grandes puertos. Unas de las razones por las cuales es importante establecer autoridades portuarias son: el tener una buena administración y el promover sus propias empresas marítimas, además de que son quienes influyen un gran peso, en los planes de mejoramiento futuro al puerto, como en la operación de los medios. Es también la autoridad portuaria, quien sirve como intermediario o enlace, entre el gobierno y las empresas privadas. Aunque el gobierno sea quien nombre a la autoridad portuaria, ésta no debiera estar sujeta al control político, por causa del compromiso que esta es obligada a cumplir; la autoridad portuaria, es una parte integral del sistema económico. El hombre elegido, para estar a la cabeza de esta empresa, debiera tener como característica, el liderazgo en los negocios, la industria, actividades bancarias, etc.;

siendo abogados, administradores o ingenieros, además de contar con la experiencia suficiente, en la planeación, ejecución y administración a gran escala de proyectos complejos, de obras portuarias, como comerciales. Además de tener el respaldo del gobierno y poder ejercer, mucha mayor autoridad, que las empresas privadas. Esto es especialmente notable, en la confiscación dentro de aguas territoriales, como en el control de los medios de transporte en tierra.

Algunas de las principales funciones, que desempeña una autoridad portuaria son las siguientes:

- \* Elaboración de proyectos.
- \* Promoción comercial.
- \* Elevar el capital.
- \* Ejercer un correcto y total dominio.
- \* Arrendar las instalaciones de muelle.
- \* Dirigir a los trabajadores del puerto.
- \* Dirigir los medios de transporte; aéreo, ferroviario y carretero, dentro del puerto.

Para poder tener un mejor manejo y control comercial, en un puerto, es conveniente tener el auxilio de los siguientes departamentos:

Departamento Administrativo.

Departamento de Promoción

Departamento Legal

Departamento de Control de Tráfico

Departamento de Investigación

## BIBLIOGRAFIA

PORT ENGINEERING  
PER BRUUN  
THIR EDITOR

OFFSHORE STRUCTURES  
GST ARMER AND FK GARAS  
THE CONSTRUCTION PRESS.

MARINE AND SHORELAND RESOURCES MANAGEMENT  
JOSEPH N. HEIKOFF  
ANAL ARBORS SCIENCE

HARBOR AND CHANEL LINES  
WALKER F. C. AND W. W. DAEHN  
JOHN WILEY & SONS, INC.

OIL TERMINALS  
HAROLD A. THOMAS  
BOSTON UNIVERSITY PRESS.

CONTAINER TERMINAL SYSTEMS  
FREEMAN F. DRESSLER  
ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY

ROCK-MOUND BREAKWATERS  
CREAGER W. P., J. D. JUSTIN AND J. HINDS  
JOHN WILEY & SONS, INC.

PORT ADMINISTRATION BUILDINGS

ALEXANDER S. RUSSELL

McGRAW-HILL BOOK COMPANY

CONSTRUCTION OF BREAKWATERS

WALKER E. JONES

BOSTON UNIVERSITY PRESS.

DESIGN OF DOCKS AND MOORINGS

WILLIAMS S. BRIAN

MASSACHUSETTS UNIVERSITY DEPT. CIVIL ENG.

THE PLANNING, BUILDING, AND OPERATION OF PORTS

BURLINGTON F. SIMONDS

JOHN WILEY & SONS, INC.

SHIPPING TERMINALS

HALTON K. THOM

McGRAW-HILL BOOK COMPANY