5. ESTABILIDAD DE DIQUES A TALUD

Una estructura de enrocamiento a talud se compone de varias capas de rocas colocadas al azar, protegidas con una coraza, que bien puede ser de piedra o de elementos de concreto con determinada forma. Los elementos de la coraza deben colocarse de una manera ordenada, a fin de que se logre una buena interconexión entre cada una de las unidades individuales.

El fenómeno que se presenta sobre los taludes de las obras, y las fuerzas que se generan, no es posible analizarlas de una manera teórica, sino que el problema se ha resuelto en una forma empírica y los resultados que se pueden obtener han sido satisfactorios. Desde luego, siempre es conveniente analizar los casos particulares por medio de modelos hidráulicos de estabilidad, tanto en dos como tres dimensiones.

Los factores que deben tomarse en cuenta para el diseño son los siguientes: las características de oleaje en aguas profundas, la profundidad del agua en el extremo de la estructura, la batimetría y el peso especifico del agua en donde se construirá la obra.

De los factores anteriores, uno de los importantes es la profundidad, ya que ésta determinaría si la estructura estará sujeta a oleaje rompiente, no rompiente o ya roto para una determinada condición. Por otra parte, también la altura de la ola depende de la profundidad por el efecto de los fenómenos de refracción y fricción de fondo.

También, la profundidad a la que se encuentra ubicada la estructura se puede ver modificada por otros efectos tales como las mareas astronómicas y las mareas de tormenta.

Por todo lo anterior, se puede observar la importancia de estos efectos que son función de la profundiad y que deberán ser tomados en cuenta para un buen diseño. Es importante recordar que las condiciones de diseño para una estructura tendrán que ser más estrictos si no se pueden permitir fallas que conduzcan a altos costos de mantenimiento.

6. OLEAJE DE DISEÑO

El otro factor fundamental para el diseño de estas obras es el relativo a las características del oleaje; el cual se puede obtener de muy diversas maneras, ya sea de estudios de medición directa, de información proporcionada por alguna agencia hidrográfica, o de predicción basada en condiciones meteorológicas.

Generalmente la altura de la ola de diseño para una estructura de enrocamiento a talud es menor que la máxima dentro de una distribución de alturas (generalmente la altura significante); y esto es debido a que en caso de existir una falla debida a oleaje mayor, ocurre en una forma progresiva y el desplazaminto de elementos de la coraza y su pérdida, no significaran una pérdida completa de protección. Sin embargo, puede en ocasiones utilizarse la máxima altura del tren y de esa manera no permitir daño alguno.

En algunas otras ocasiones, la altura de ola de diseño es la que puede ocurrir a la profundidad a que llega la obra, es decir, este es el criterio de la máxima ola que puede romper a esa profundiad,

Como es sabido, para una ola periódica que avanza sobre un fondo con pendiente, eventualmente se vuelve inestable y rompe y la altura y profundiad de rompiente, son una función de la pendientes de la playa y de la relación de esbeltez en aguas profundas. Para el caso de olas periódicas que se propagan

en agua de profundidad constante, la altura y profundidad de rompiente es función solamente de la relación de esbeltez. Para el caso de ondas de tipo solitario, en aguas de profundidad constante, el criterio de rotura es independiente de la relación de esbeltez, y de acuerdo con Mc Cowan la máxima altura de ola en la rompiente es

$$Hb = 0.78\ db \qquad (1)$$

De acuerdo con Keulegan y Patterson

$$Hb = 0.73\ db \qquad (2)$$

La ecuación (1) se ha utilizado para olas períodicas a profundidad constante, o cuando la pendiente de fondo es pequeña y la relación $d/L < 0.1$

7. DISEÑO DE UN ENROCAMIENTO A TALUD

El diseño de un enrocamiento a talud consiste en determinar tanto los pesos como espesores de las capas que los constituyen.

En las figuras 9 y10 se muestran diferentes tipos de enrocamientos a talud, en donde se tienen diferentes condiciones de diseño, tales como ola rompiente, o no rompiente, con overtopping o sin el, etc.

Hasta el año de 1930, el diseño de estas estructuras se basaba exclusivamente en la experiencia y conocimiento específico del sitio donde se construirían Posteriormente se desarrollaron fórmulas empíricas que proporcionan los pesos de los enrocamientos para resistir ciertas condiciones de ola de diseño.

Dentro de las investigaciones que iniciaron en forma racional estos análisis podemos mencionar a Iribarren(1938, 1950) y más recientemente a Hudson (1953, 1959 a 1961) el cual hizo investigaciones extensas en el U.S. Army Engineer Waterways Experimen Station (WES) y desarrolló una fórmula que determinará la estabilidad de este tipo de estructuras. Esta fórmula se basó en un extenso programa de ensayos en modelo hidráulico y es la siguiente:

$$W = \frac{Wr \; H^3}{Kd \; (Sr-1)^3 \cot \theta} \qquad (3)$$

donde:

W = Peso en Kg. de cada unidad en la capa de coraza. Cuando la coraza está compuesta de dos capas de enrocamiento, el peso puede variar entre 0.75W a 1.25W con un 75% de las piedras pesando mas que W.

Wr= Peso específico de la unidad de coraza en kg/m^3.

H = Altura de la ola de diseño en el sitio en metros.

Sr= Gravedad específica de la unidad de coraza

$$Sr = \frac{Wr}{Wagua} = \frac{2560}{1026} = 2.495$$

θ = Angulo de la pendiente de la estructura medido de la horizontal en grados.

y

K_D= Coeficiente de estabilidad que varía principalmente con la forma de las unidades de la coraza, rugosidad y grado de interconexión logrado durante la construcción (En la Tabla 1 se muestran los valores recomendados para el diseño).

La expresión anterior (3) nos fija entonces el peso de los elementos, sean estos de enrocamiento natural o de concreto prefabricados.

Estos elementos prefabricados se han desarrollado en virtud de que en algunas ocasiones, dada la carencia de roca en las proximidades de la obra, es preferible fabricarlos. En la Figura 11 se muestran algunos de estos elementos, en la Figura 12 las especificaciones del Tetrápodo y en la Tabla 2, los tipos existentes a la fecha, el País en donde se ha desarrollado y la patente, en caso de existir.

En relación con el coeficiente K_D que se muestra en la Tabla 1, podemos indicar que no considera daño permisible en la estructura. Sin embargo, a fin de poder tener inversiones iniciales menores es posible considerar en el diseño que se podría aceptar un por ciento de daño, lo que equivale a un gasto de mantenimiento anual. Esto lo podemos lograr aumentando los valores de K_D de acuerdo a lo que nos muestra la Tabla 3.

Se hace notar que no existe problema en aumentar un poco el valor de K_D en virtud de que durante la construcción existen asentamientos y reajustes en la interconexión de elementos que pueden hacerla más estable que la estructura original.

En la tabla 3 se muestran los resultados de las pruebas de daño donde H/H_{DW} y K_D son funciones del por ciento de daño D.

En la tabla H es la altura de ola significante correspondiente a un daño D; H_{DW} es la altura de ola significante para condición de no daño y K_D el coeficiente de estabilidad correspondiente para la condición de daño seleccionada.

Ejemplo:
Si un enrocamiento rugoso a talud de 2 capas en coraza, para una condición de ola no rompiente y no overtopping tiene una ola significante H_{DW} = 2.4m y K_D= 4; encontrar:

a) Porciento de daño producido por una ola de 2.70m.
b) Porciento de daño producido usando K_D = 8.2 en el análisis de estabilidad.
c) ¿Cuáles serán los valores de H y K_D para un daño de 30-40 %.

a) $$H/H_{DW} = \frac{2.70}{2.40} = 1.125$$

El valor de D queda comprendido entre 10% y 20% pero más cerca de 10%.

b) Si $K_D = 8.2$ D estaría entre 15% y 20%

c) Si D = 30-40%

De la tabla 3

$$\frac{H}{H_{DW}} = 1.47 \qquad K_D = 12.4$$

$$\therefore \; H = 1.47\, H_{DW} = 1.47 \times 2.4 = 3.53 \text{ m.}$$

Un factor muy importante a considerar es el relativo al peso específico de las unidades de coraza; ya que la estabilidad de la estructura es función directamente de éste. En el caso de la piedra natural, los pesos específicos son muy variables, dependiendo del tipo de roca, y otros factores. En el caso de los concretos, ocurre una cosa similar; y así podemos tener diferentes tipos de acuerdo al agregado utilizado.

En la Figura 13 se muestra dicha variación tanto para concreto como piedra natural.

Ejemplo:

Una unidad de 24 toneladas de concreto se requiere para proteger un rompeolas. El peso así determinado se hizo en base a un concreto con $W_r = 2300$ Kg/m^3 encontrar.

¿ Cuál sería el peso del elemento para un

$W_r = 2200$ kg/m^3 y $W_r = 2700$ kg/m^3.

Usando la fig. 13

Para W_r 2200 f= 1.38
W_r 2700 f= 0.62
W_r 2300 f= 1.18

Entonces para W_R = 2200 kg/m^3

$$W = 24 \times \frac{1.38}{1.18} = 28 \text{ ton.}$$

Si W_R = 2.700 kg/m^3

$$W = 24 \times \frac{0.62}{1.18} = 12.6 \text{ ton.}$$

8. ALTURA Y ANCHO DE LA CORONA

La altura de una estructura como la que hemos analizado hasta ahora depende de si se permite el que exista "overtopping" (salto de la ola) sobre ella.

La existencia o no de este overtopping depende del fenómeno de "run up" (lamido de la ola) y este a su vez depende de la pendiente, porosidad y rugosidad de la capa de coraza.

Cálculo del "run up"

Para calcular este efecto, se han realizado estudios muy completos en modelo hidráulico y los resulta dos se muestran en las Figuras 14 a 18 .

En éstas, la nomenclatura utilizada es la siguiente:

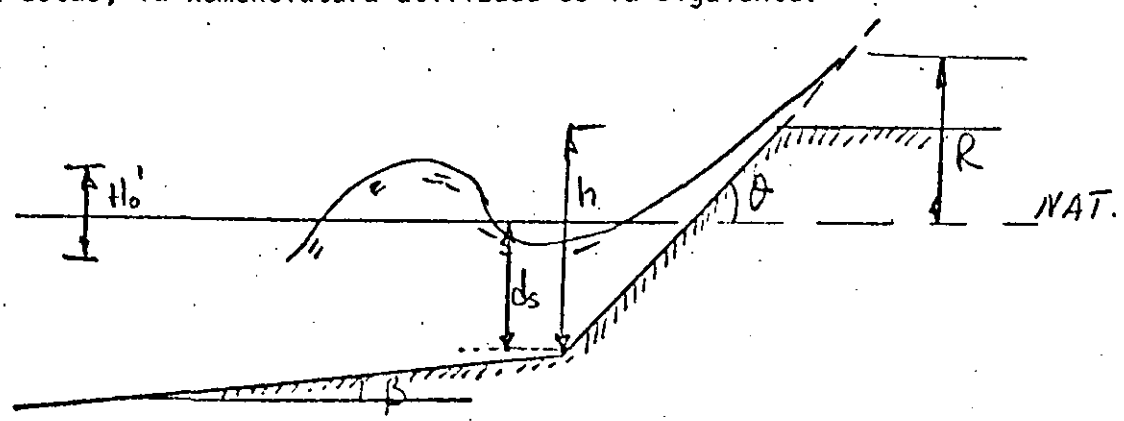


FIG.14 DEFINICION DEL RUN UP Y OVERTOPPING

Donde:

H_o' = Altura de ola en aguas profundas sin considerar refracción. (Tabla C-1)

Para tomar en cuenta los efectos de escala se ha preparado la Figura 19 en la que se hace la corrección respectiva

Sin embargo, se puede observar que todas las gráficas corresponden a taludes lisos e impermeables, y que en la realidad no se presenta ese caso, por lo que es necesario tomar en cuenta esa rugosidad, para lo cual Battjes en 1974 definió valores de un coeficiente "r" para diferentes calidades de superficie y las cuales se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 4 VALORES DE "r"

CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE	COLOCACION	r
Impermeable, lisa	----------	1.0
Bloques de concreto	Colocados	0.90
Bloques de basalto	Colocados	0.85 a 0.90
Bloques tipo Gobi	Colocados	0.85 a 0.90
Pasto	---------	0.85 a 0.90
1 capa de piedra (apoyo impermeable)	Azar	0.80
Piedra	Colocada	0.75 a 0.80
Piedra redondeada	Azar	0.60 a 0.65
3 capas de piedra	Azar	0.60 a 0.65
Piedra	Colocada	0.50 a 0.55
Unidades de concreto (50% vacíos)	Azar	0.45 a 0.50

se define a "r" como

$$r = \frac{R\ (\text{pendiente rugosa})}{R\ (\text{pendiente lisa})} = \frac{R/H_o'\ (\text{pendiente rugosa})}{R/H_o\ (\text{pendiente lisa})}$$

Ejemplo:

Se tiene una estructura con una pendiente lisa de 1:2.5 y sujeta a una ola de diseño de 2.1 m. medida en un ológrafo fondeado a d=4.5 m. El período de diseño es de T= 8 seg. La profundidad al pie de la obra es de d_s= 3 m.

Encontrar

a) La altura sobre SWL a la cual la estructura deberá construirse para evitar el overtopping de la ola de diseño.

b) La reducción en altura de la estructura suponiendo que en la pendiente se le coloca un enrocamiento.

Solución

a) La longitud de onda

$$Lo = 1.56\ T^2 = 1.56 \times 64 = 99.84 \text{ m.}$$

$$\frac{d}{Lo} = \frac{4.5}{99.84} = 0.450$$

De la tabla C-1 del apendice.

Para $\frac{d}{Lo} = 0.0450 \quad \frac{H}{H_o'} = 1.042$

$$\therefore \quad H_o' = \frac{H}{1.042} = \frac{2.1}{1.042} = 2.015 \text{ m.}$$

Para calcular el run up.

$$\frac{H_o'}{gT^2} = \frac{2,015}{9.81 \times 64} = 0.00321$$

d_s = 3.0 m.

Entonces

$$\frac{d_s}{H_o'} = \frac{3.0}{2.015} = 1.48$$

Interpolando entre las Figuras 16 y 17.

De la Fig.16, para $\theta = 2.5$, $\frac{d_s}{H_o'} = 0.80$ y $\frac{R}{H_o'} = 2.8$

De la Fig.17, para $\theta = 2.5$, $\frac{d_s}{H_o'} = 2.0$ y $\frac{R}{H_o'} = 2.7$

Interpolamos para $\frac{d_s}{H_o'} = 1.48$ $\frac{R}{H_o'} = 2.75$

Entonces el run up, sin tomar en cuenta los efectos de escala:

$$R = 2.7\ (H_o') = 2.7 \times 2.015 = 5.44 \text{ m.}$$

El factor de corrección por escala se puede ver en la Figura 19.

$$\text{Tan}\theta = \frac{1}{2.5} = 0.40 \qquad k = 1.17$$

Entonces el run up corregido.

$$R = 1.17 \times 5.44 = 6.37 \text{ m.}$$

b) Veamos como decrece el run up con el enrocamiento a talud 1:1.5

$$\left[\frac{R}{H_o'}\right]_{liso} = 3.1$$

De la figura 21

Con $\frac{H_o'}{gT^2} = 0.033$ y $\frac{d_s}{H_o'} = 1.5$

$$\left[\frac{R_o}{H_o'}\right]_{enrocamiento} = 1.5$$

Por lo tanto,

$$\frac{\left[R/H_o' \right]_{\text{enrocamiento}}}{\left[R/H_o' \right]_{\text{liso}}} = \frac{1.5}{3.1} = 0.48$$

Si aplicamos esta corrección

$$R_{enroc.} = 0.48 \; R_{liso} = 0.48 \times 6.37 = 3.05 \text{ m.}$$

9. ANCHO DE LA CORONA

El ancho de la corona de un enrocamiento a talud depende principalmente de la cantidad de overtopping que se desee permitir, de las limitaciones constructivas; y en general se calculan con la siguiente expresión:

$$B = n \, k_\Delta \left(\frac{W}{W_r} \right)^{1/3} \qquad (4)$$

donde

B = ancho de la cresta, metros
n = número de rocas (n=3 mínimo recomendado)
k_Δ = coeficiente de capa (Tabla 5)
W = peso de las unidades de coraza kg.
W_r = peso especifico de la unidad de coraza (kg/m^3)

TABLA No.5 COEFICIENTES DE CAPA Y POROSIDAD PARA DIFERENTES UNIDADES DE CORAZA

UNIDAD	N	COLOCACION	COEF. DE CAPA K_Δ	POROSIDAD P (%)
Piedra redondeada	2	Azar	1.02	38
Piedra rugosa	2	Azar	1.15	37
Piedra rugosa	3	Azar	1.10	40
Cubo (Modificado)	2	Azar	1.10	47
Tetrápodo	2	Azar	1.04	50
Cuadrípodo	2	Azar	0.95	49
Hexapodo	2	Azar	1.15	47
Tribar	2	Azar	1.02	54
Dolos	2	Azar	1.0	63
Tribar	1	Uniforme	1.13	47
Piedra	Graduada	Azar	---	37

Espesor de las capas

El espesor de las capas que constituyen a los enrocamientos está determinado por las siguientes fórmulas

$$r = n\, k_\Delta \left(\frac{W}{W_r}\right)^{1/3} \qquad (5)$$

donde

r = espesor promedio capa, metros

n = número de elementos que componen la capa de coraza

w = peso de las unidades de la capa en kg.

w_r= peso específico de los elementos kg/m^3.

La densidad de colocación de los elementos está dada por la ecuación (6)

$$\frac{Nr}{A} = n\, k_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100}\right)\left(\frac{Wr}{W}\right)^{2/3} \qquad (6)$$

donde

N_r = número de elementos requeridos para un área dada
A = área dada en (m^2)
k_{Δ} = coeficiente de capa (Tabla 5)
P = porosidad promedio, en % (Tabla 5)

Es importante mencionar que como lo indican las figuras 8 y 9 los pesos de los elementos de las diferentes capas están dadas por esas especificaciones, tales como que la capa secundaria sea W/10 y el núcleo de W/200 a W/4000. Sin embargo, se comprende que durante la construcción,es imposible lograr que los tamaños que se obtienen de la cantera sean uniformes, por lo que los valores estimados tienen tolerancias que fluctuan entre el 75 y 125%.

Lo que es importante es considerar que estos enrocamientos funcionen con las condiciones de un filtro de tal manera que las piedras pequeñas del núcleo no vayan a salir por los vacíos de la capa secundaria, y que los elementos de ésta a su vez, no vayan a salir por la de la coraza.

Por lo anterior, se debe revisar que la condición de filtro cumpla con la siguiente especificación:

$$D_{15}\ (\text{filtro}) \leq 5\ D_{85}\ \ (\text{cimentación})$$

Finalmente es conveniente mencionar que siempre es recomendable colocar una plantilla entre el fondo natural y la estructura ya que esto la protegerá de erosiones que se presentan al pie provocadas por oleaje. Las condiciones en las cuales no sería necesario la utilización de esta plantilla son:

- Cuando la profundidad es mayor de 3 veces la altura de ola.
- Cuando el fondo es rocoso
- Cuando las corrientes producidas no sean lo suficientemente grandes para mover material del fondo.

10. DISEÑO DE DIQUES VERTICALES

Como ya se mencionó, en el caso de que la profundidad de desplante de estas estructuras sea mayor que 2H , la ola incidente no rompera y se reflejará en el muro vertical.

Se llama clapotis al patron de oleaje estacionario que se forma al reflejarse la onda.

La presión de una onda estacionaria, de acuerdo con la teoría de 2º orden de Miche está dada por la ecuación (7):

$$\frac{p}{\rho g} + y = \frac{H}{2} \frac{\cosh 2\pi (y+d)/L}{\cosh 2\pi d/L} \operatorname{sen} \frac{2\pi x}{L} \operatorname{sen} \frac{2\pi t}{T}$$

$$- \frac{\pi H^2}{8L} \frac{\cos^2 2\pi t/T}{\operatorname{senh} 2\pi d/L \cosh 2\pi d/L}$$

$$\left[\cosh \frac{4\pi}{L} (y+d) + \cos \frac{4\pi x}{L} - 1\right]$$

$$+ \frac{3\pi H^2}{16L} \frac{\cosh 4\pi (y+d)/L}{\operatorname{senh}^3 2\pi d/L \cosh 2\pi d/L} \cos \frac{4\pi x}{L}$$

$$\cos \frac{4\pi t}{T} + \frac{\pi H^2}{4L} \tanh \frac{2\pi d}{L} \cos \frac{4\pi t}{T} \qquad (7)$$

Sin embargo, para simplificar los diseños, sabiendo que los resultados estarán un poco dentro del lado de la seguridad se utiliza la teoría de Sainflou, que para el fondo da el mismo valor

$$\frac{Pb}{\rho g} - d = \pm \frac{\bar{H}}{\cosh \frac{2\pi d}{L}} \qquad (8)$$

donde: $\bar{H}$ se refiere a la altura de ola que existiría en el muro si este no estuviera ahí y Pb se refiere a la presión máxima y mínima durante un ciclo de ola (esto es, cuando la cresta y valle de la ola se encuentran en el muro.)

A fin de poder calcular las presiones máximas y mínimas es necesario encontrar el nivel medio de la onda estacionaria, el cual está dado por la ecuación (9)

$$Ah = \frac{\pi \bar{H}^2}{L}\left[1 + \frac{3}{4\,\mathrm{senh}^2\left(\frac{2\pi d}{L}\right)} - \frac{1}{4\cosh^2\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}\right]\coth\frac{2\pi d}{L} \qquad (9)$$

En la figura 28 se muestra el diagrama de presiones y a continuación se describe el fenómeno.

(1) es la elevación máxima de la ola en el muro y (10) es la elevación mínima. El nivel medio de la ola sobre SWL es Ah y la distancia (1) (2) es $\bar{H}$. La carga hidrostática d, se dibuja en el fondo a partir de (12) como (3) ó (7). El triángulo formado por (12) (2) (3) es la distribución de presiones hidrostáticas sobre el muro debido al agua en el nivel SWL.

La presión dinámica se obtiene dibujando $\frac{Pb}{\rho g} - d$ en tanto la dirección (+) como la (-) a partir de (3), esto es (4) y (11). Estas son las presiones máximas y mínimas en el fondo. La fuerza total aproximada por unidad de longitud son los triángulos (4) (12) (1) y (11) (12) (10).

En el caso de que exista agua con la misma profundidad en ambos lados del muro vertical con la presencia de oleaje de un solo lado, existe una distribución de presiones hacia el lado del mar que está dada por (3) (2) ó (7) (2). La distribución resultante de presión en el muro vertical está dada por (6) (5) (1) cuando el agua está a su máxima elevación y por (9) (8) (2) cuando el agua está en su mínima elevación.

La fuerza resultante R por unidad de longitud para un muro vertical así como el momento M con respecto al fondo y el punto de aplicación l medido desde el fondo están dados por las siguientes ecuaciones en las que el índice "C" se refiere a la máxima elevación de la ola y "t" a la mínima elevación de ella.

$$R_c = \frac{1}{2}\left(d + \Delta h + \bar{H}\right)\left[d + \frac{\bar{H}}{\cosh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}\right] - \frac{d^2}{2} \qquad (10)$$

$$M_c = \frac{1}{6}\left(d + \Delta h + \bar{H}\right)^2\left[d + \frac{\bar{H}}{\cosh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}\right] - \frac{d^3}{6} \qquad (11)$$

$$l_c = \frac{M_c}{R_c} \qquad (12)$$

$$R_t = \frac{1}{2}\left(d + \Delta h - \bar{H}\right)\left[d - \frac{\bar{H}}{\cosh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}\right] - \frac{d^2}{2} \qquad (12)$$

$$M_t = \frac{1}{6}\left(d + \Delta h - \bar{H}\right)^2\left[d - \frac{\bar{H}}{\cosh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}\right] - \frac{d^3}{6} \qquad (13)$$

$$l_t = \frac{M_t}{R_t} \qquad (14)$$

Ejemplo:

Si tenemos una ola con H = 6.0 ft y L = 100 ft que se refleja en un muro en el que d = 20 ft.

$$\frac{d}{L} = \frac{20}{100} = \underline{0.2}$$

De las tablas de funciones hiperbólicas.

$$\sinh \frac{2\pi d}{L} = 1.614 \quad \cosh \frac{2\pi d}{L} = 1.899 \quad \tanh \frac{2\pi d}{L} = 0.8501$$

$$Ah = \frac{\pi \times 6^2}{100}\left(1 + \frac{3}{4 \times 1.614^2} - \frac{1}{4 \times 1.899^2}\right)\frac{1}{0.8501} = 1.62 \text{ ft.}$$

$$\frac{\bar{H}}{\cosh \frac{2\pi d}{L}} = \pm \frac{6}{1.899} = \pm 3.15 \text{ ft.}$$

$$Rc = \frac{L}{2}(20 + 1.62 + 6)(20 + 3.15) - \frac{20^2}{2} = 119 \text{ ft.}$$

Tomando como $\gamma = 64$ lb/ft^3

$Rc = 119 \times 64 = 7620$ lb/ft. lineal

$Mc = 1590$ ft-ft/ft $= 102{,}000$ ft-lb/ft lineal

$\ell c = 13.4$ sobre el fondo

$Rt = -68.5$ ft/ft $= 4380$ lb/ft lineal

$Mt = -41500$ ft-lb/ft lineal

$\ell t = 9.5$ ft sobre el fondo

(El signo (-) indica que el sentido de Rt y Mt son hacia el mar)

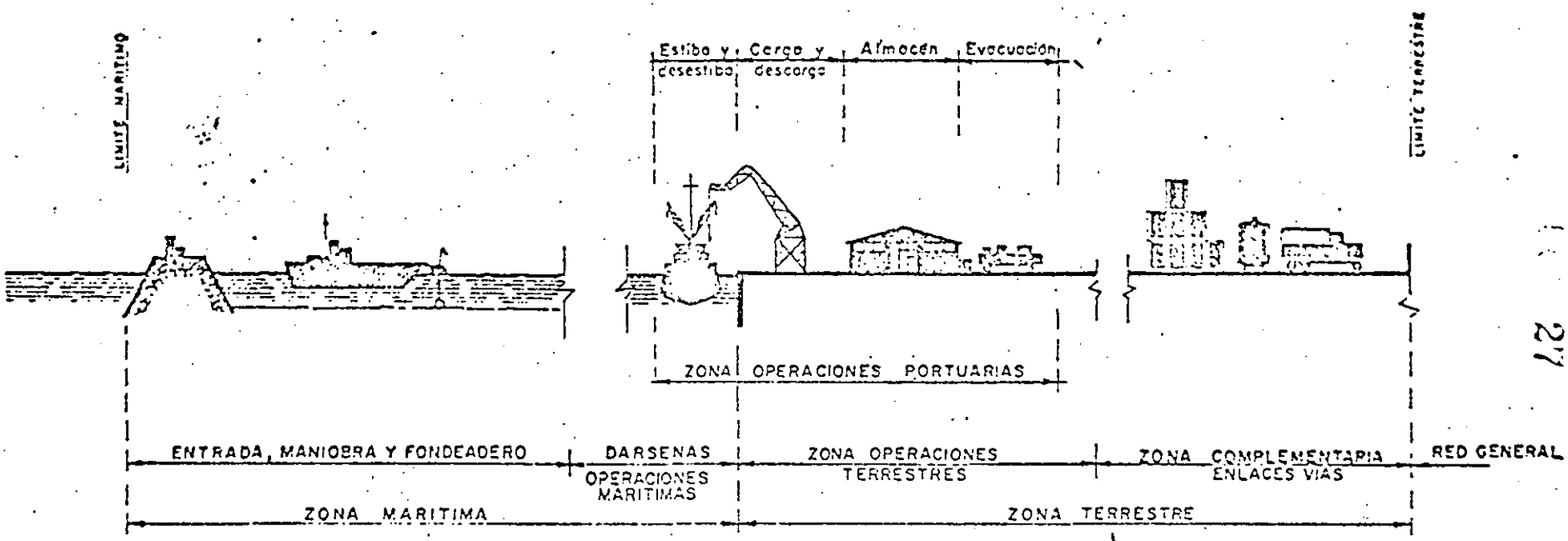


Fig. 1. ESQUEMAS DE LAS OBRAS, INSTALACIONES Y SERVICIOS

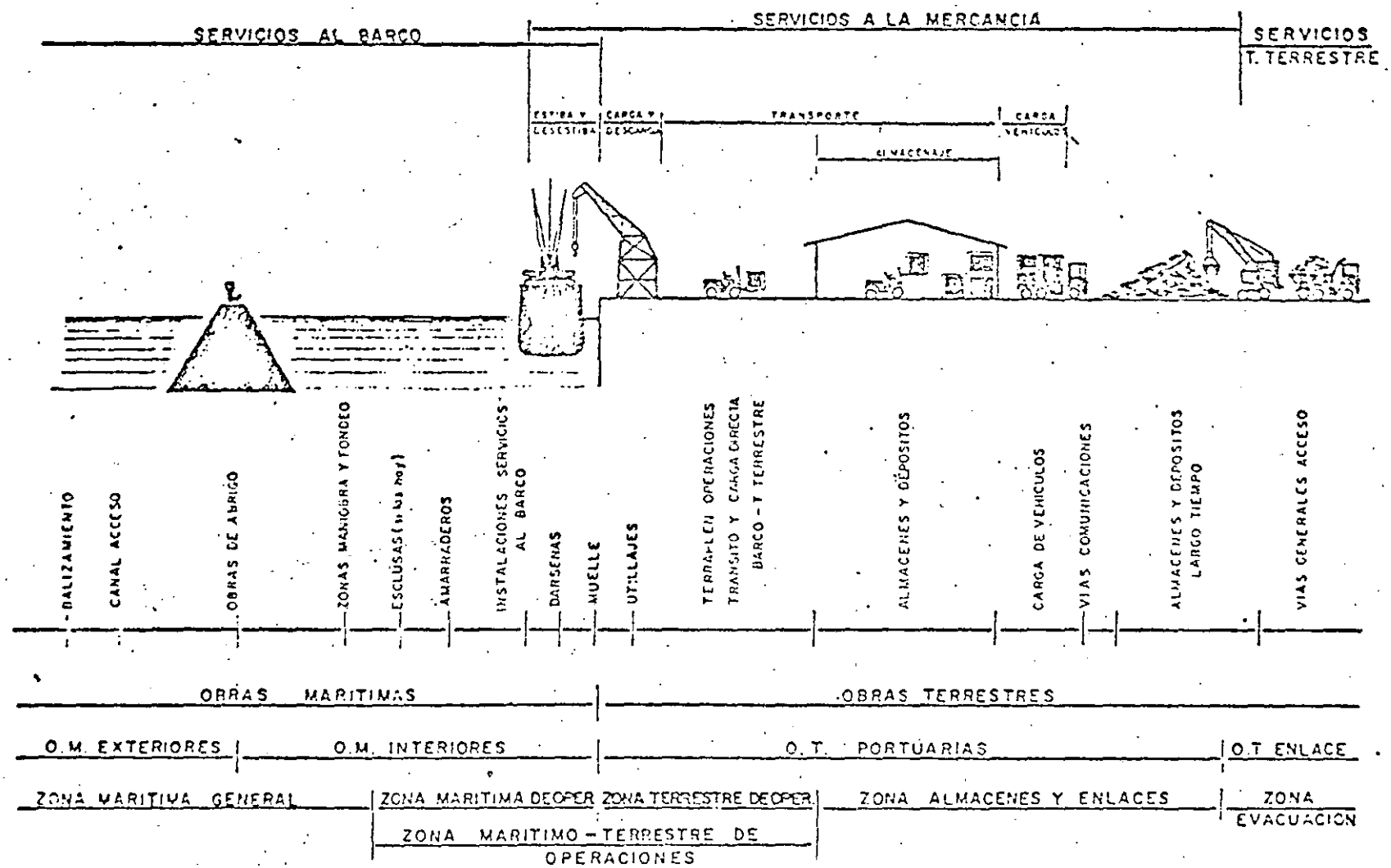
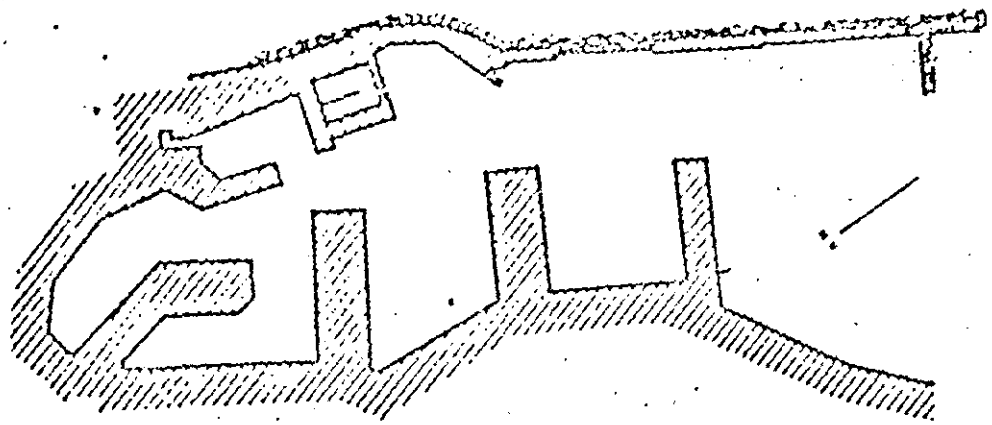
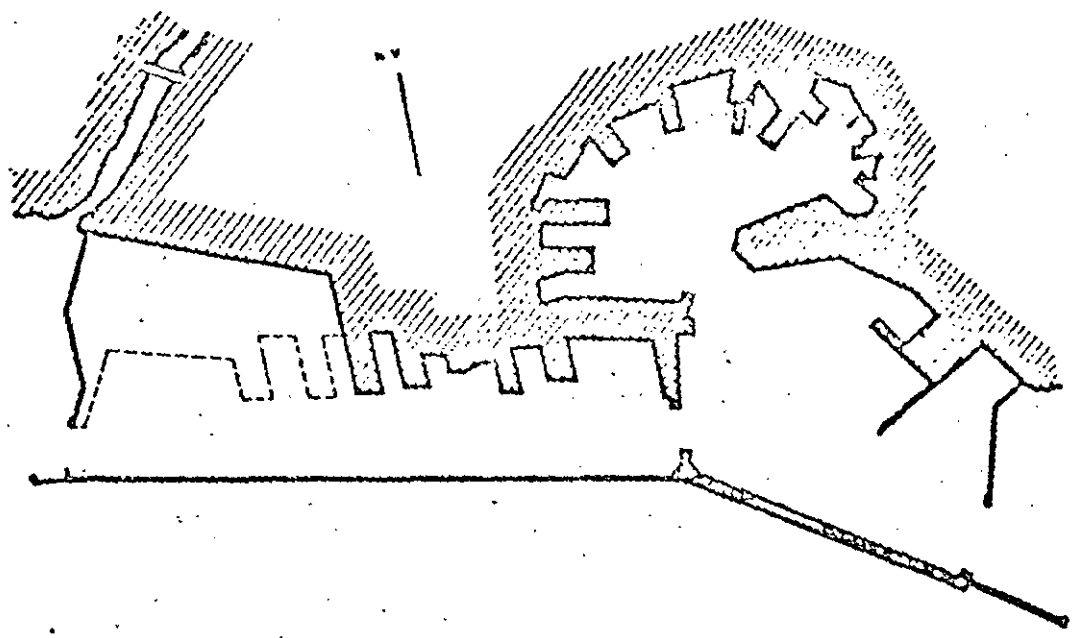

SERVICIOS AL BARCO
SERVICIOS A LA MERCANCIA
SERVICIOS T. TERRESTRE
ESTIBA Y DESESTIBA
CARGA Y DESCARGA
TRANSPORTE
CARGA VEHICULOS
ALMACENAJE
BALIZAMIENTO
CANAL ACCESO
OBRAS DE ABRIGO
ZONAS MANIOBRA Y FONDEO
ESCLUSAS
AMARRADEROS
INSTALACIONES SERVICIOS AL BARCO
DARSENAS
MUELLE
UTILLAJES
TERRAPLEN OPERACIONES TRANSITO Y CARGA DIRECTA BARCO - T TERRESTRE
ALMACENES Y DEPOSITOS
CARGA DE VEHICULOS
VIAS COMUNICACIONES
ALMACENES Y DEPOSITOS LARGO TIEMPO
VIAS GENERALES ACCESO
OBRAS MARITIMAS
OBRAS TERRESTRES
O.M. EXTERIORES
O.M. INTERIORES
O.T. PORTUARIAS
O.T ENLACE
ZONA MARITIVA GENERAL
ZONA MARITIMA DE OPER
ZONA TERRESTRE DE OPER
ZONA ALMACENES Y ENLACES
ZONA EVACUACION
ZONA MARITIMO - TERRESTRE DE OPERACIONES

fig. 2.



DIQUE PARALELO A LA COSTA UNIDO A TIERRA.- BARCELONA



DIQUE AISLADO PARALELO A LA COSTA.- GENOVA

fig. 4

DIQUES CONVERGENTES

30

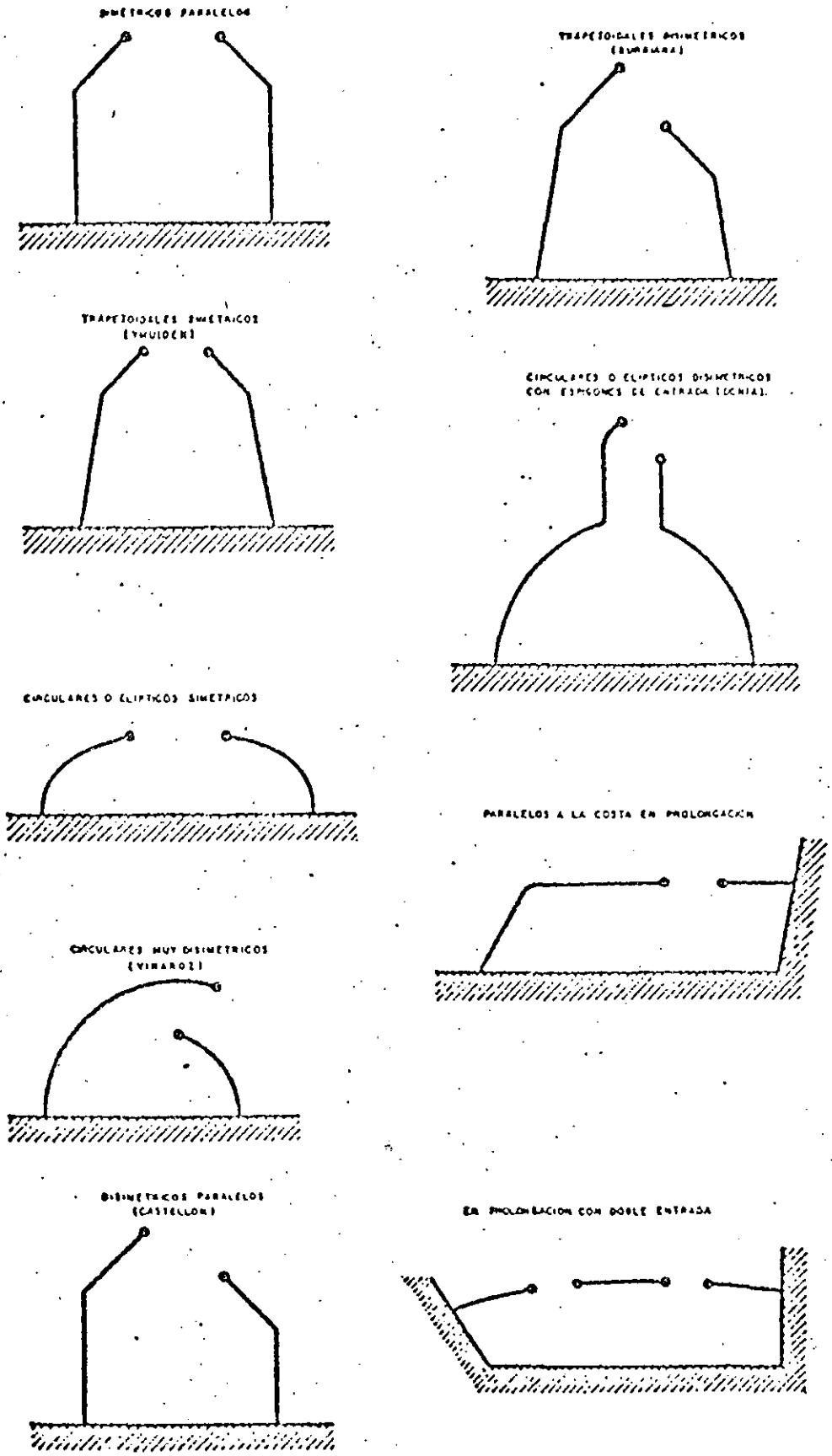
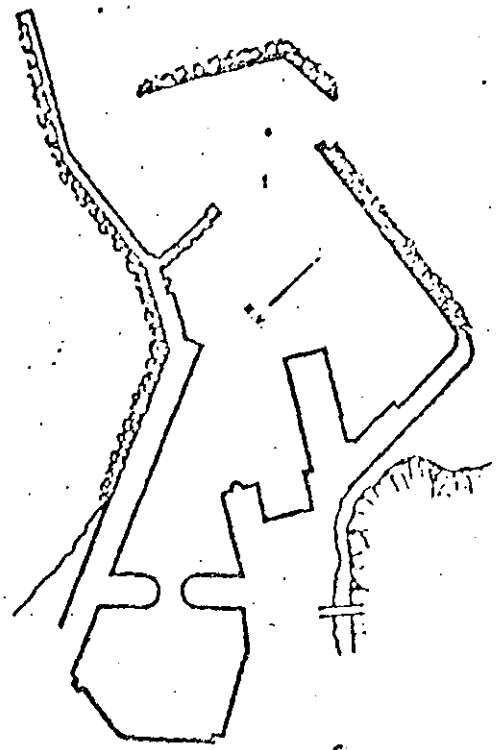


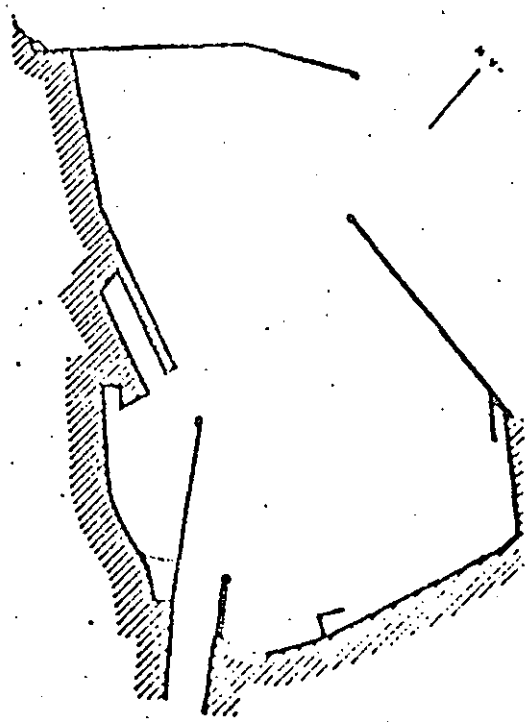
fig 5.

DIQUES CONVERGENTES CON ANTEMURAL



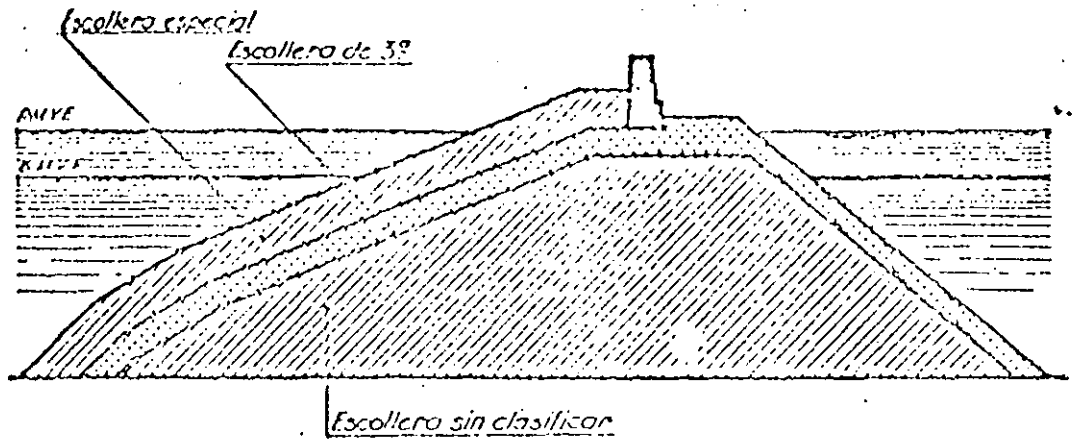
VALENCIA

fig. 6

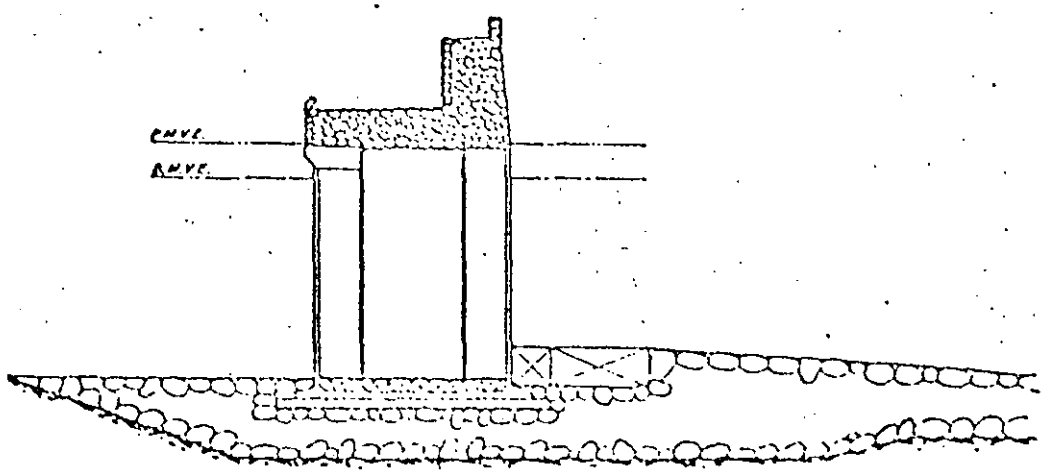


BILBAO

fig. 7

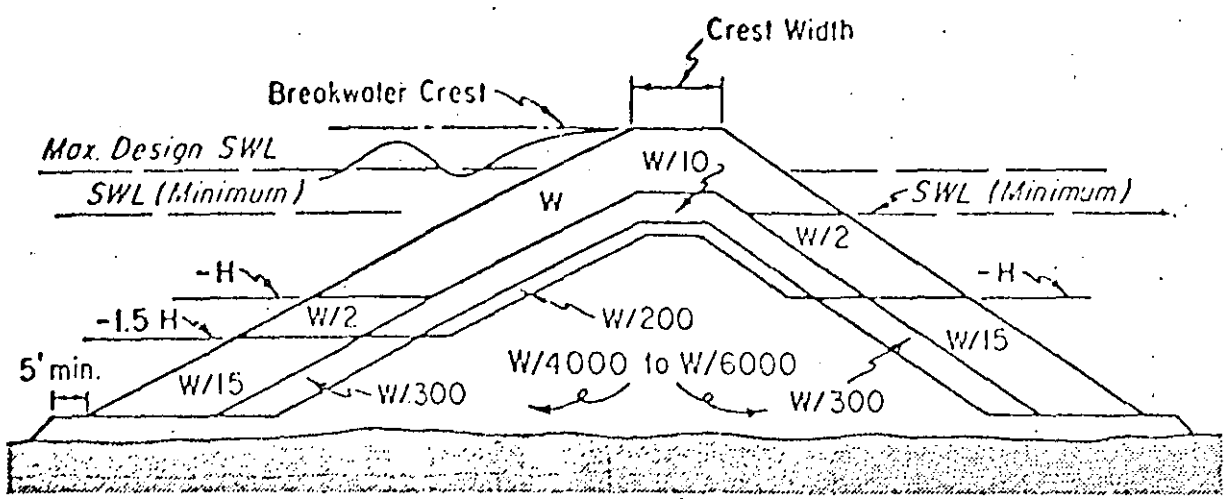


SECCION TIPO DE DIQUE ROMPEOLAS



SECCION TIPO DE DIQUE REFLEJANTE

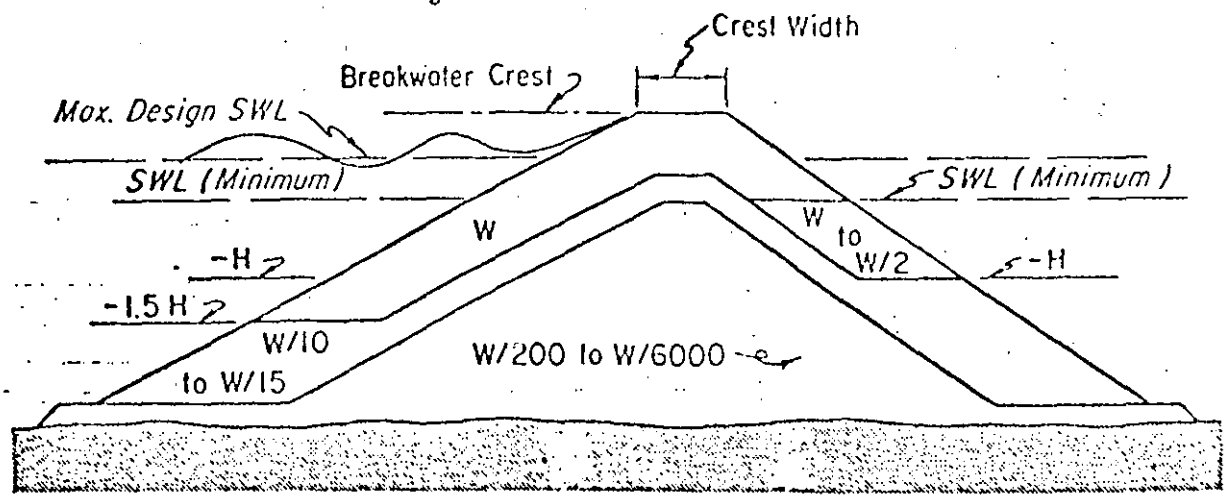
fig. 8



Idealized Multilayer Section

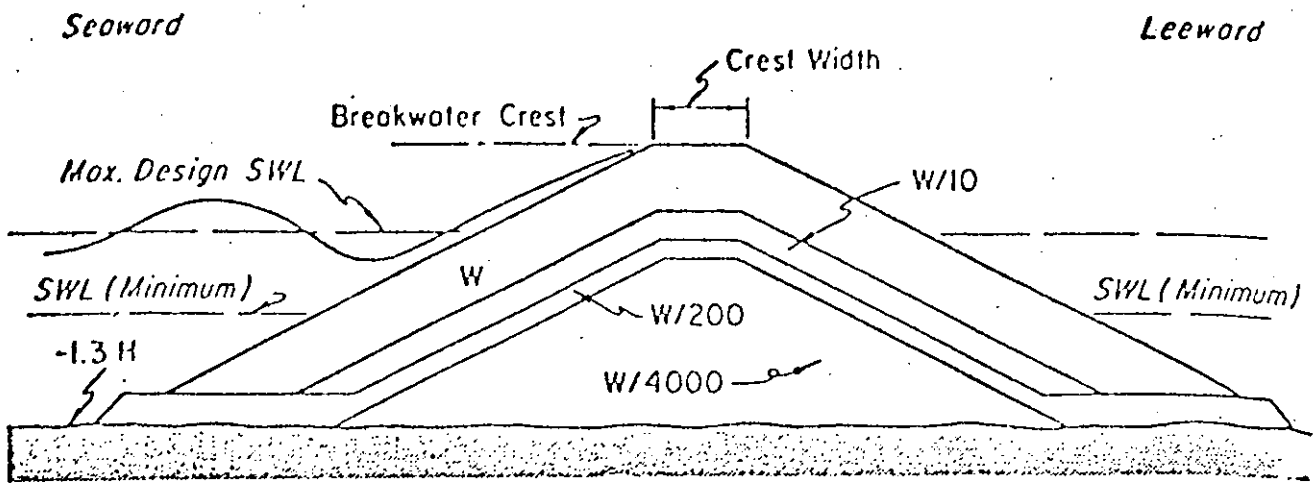
Rock Size	Layer	Rock Size Gradation (%)
W	Primary Cover Layer	125 to 75
W/2 and W/15	Secondary Cover Layer	125 to 75
W/10 and W/300	First Underlayer*	130 to 70
W/200	Second Underlayer	150 to 50
W/4000–W/6000	Core and Bedding Layer	170 to 30

*See Section 7.377g



Recommended Three-layer Section

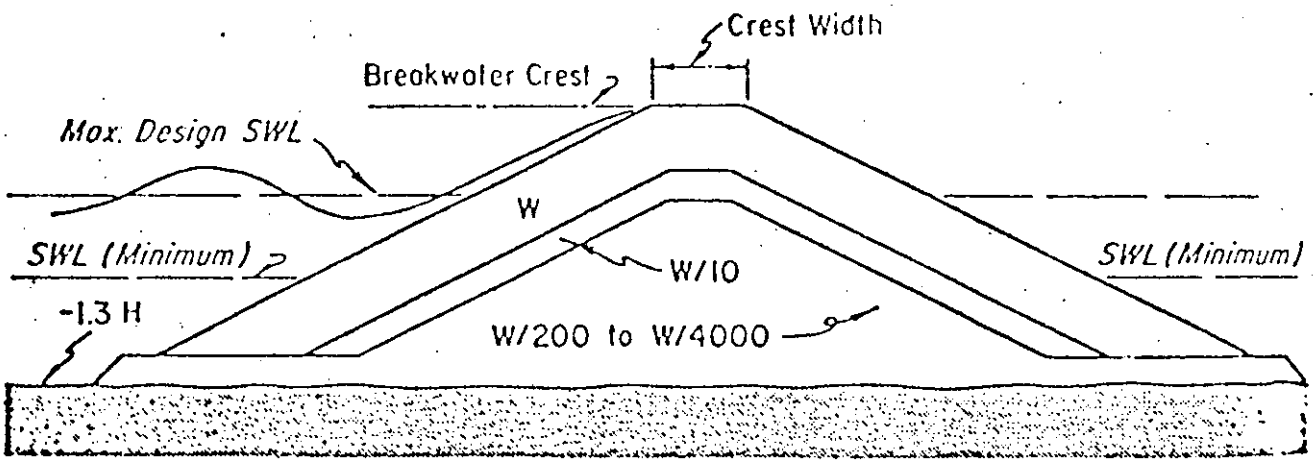
FIG.9 ENROCAMIENTO A TALUD PARA CONDICION DE OLA NO ROMPIENTE (NO OVERTOPPING)



Idealized Multilayer Section

Rock Size	Layer	Rock Size Gradation (%)
W	Primary Cover Layer	125 to 75
W/10	First Underlayer*	130 to 70
W/200	Second Underlayer	150 to 50
W/4000	Core and Bedding Layer	170 to 30

*See Section 7.377g



Recommended Three-layer Section

FIG. 10 ENROCAMIENTO A TALUD PARA CONDICION DE OLA ROMPIENTE (OVERTOPPING MODERADO)

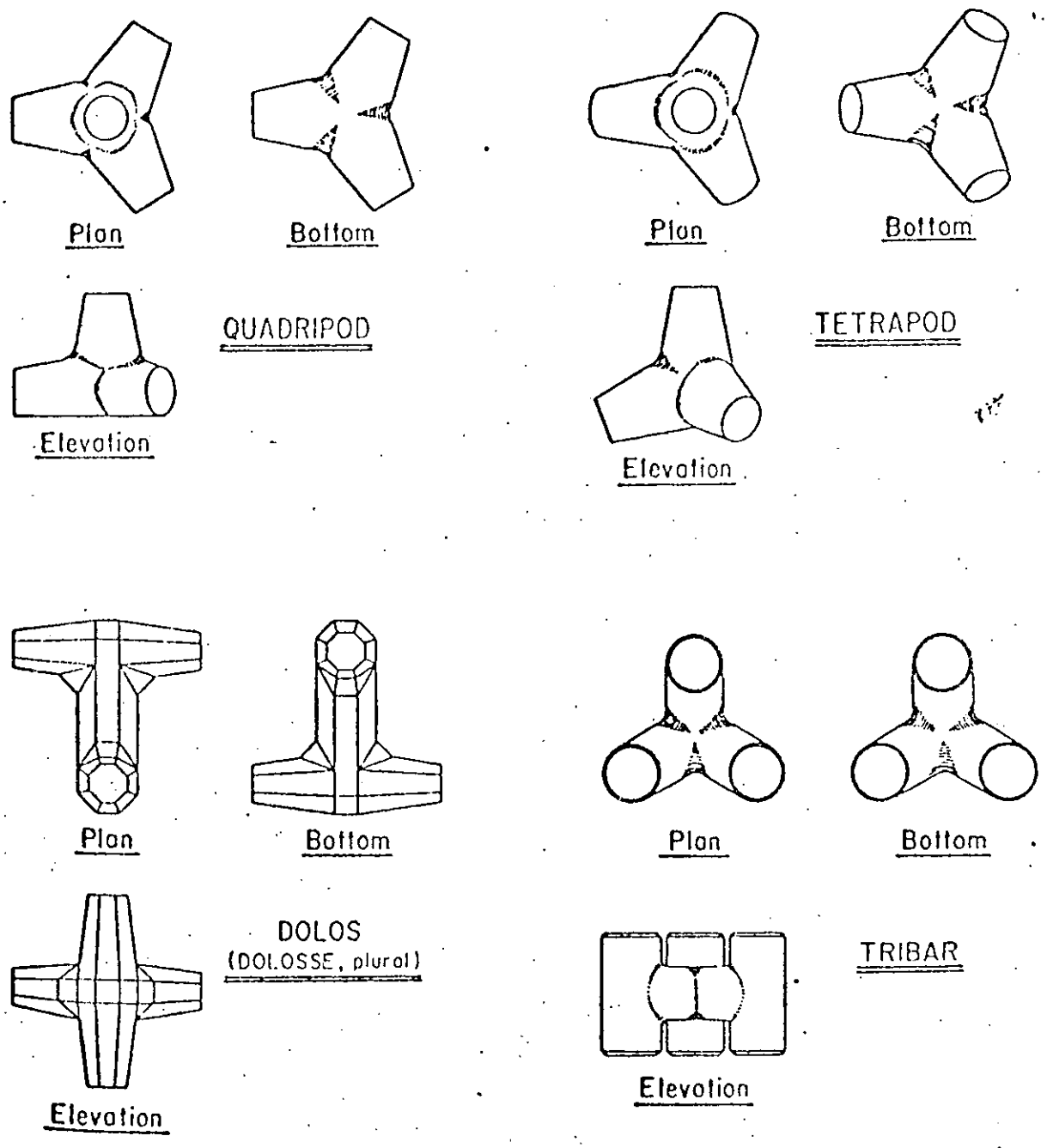
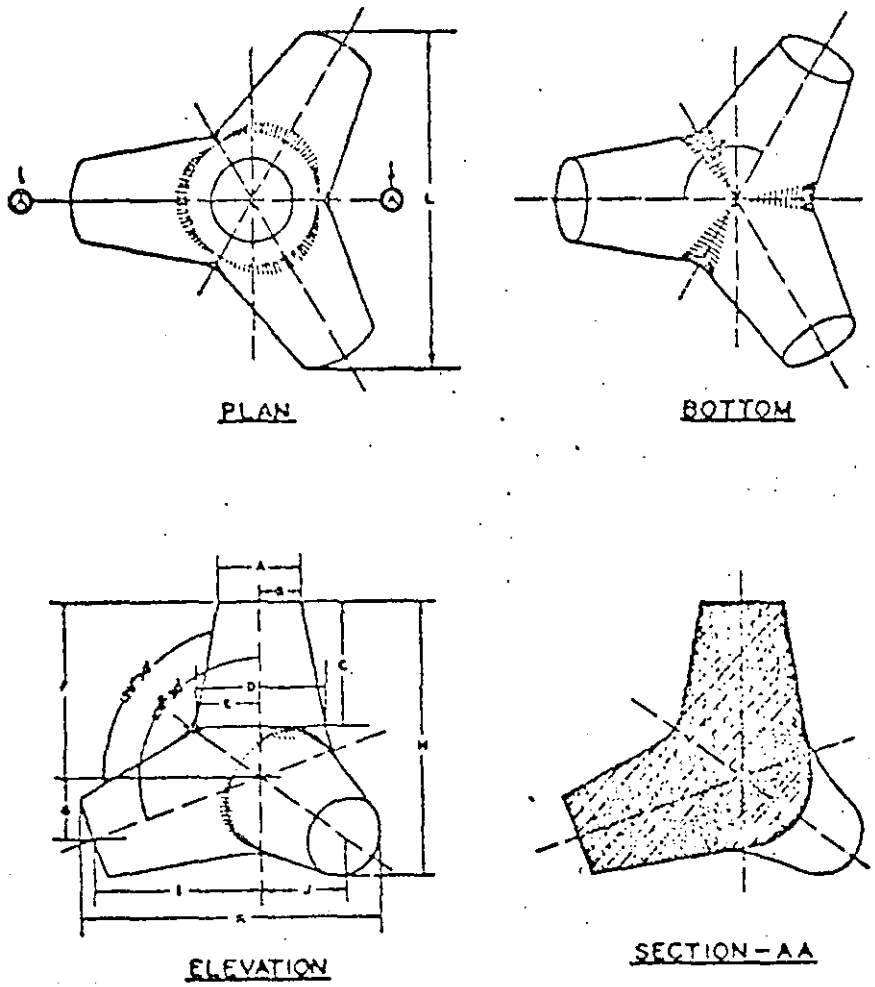


FIG. 11 ELEMENTOS DE CONCRETO PREFABRICADOS



UNIT WEIGHT LB/CU FT	VOLUME OF INDIVIDUAL ARMOR UNITS (CU FT)										
	7.14	14.28	28.57	71.43	142.86	214.29	285.71	357.14	428.57	500.00	571.43
	WEIGHT OF INDIVIDUAL ARMOR UNITS (TONS)										
140.0	0.50	1.00	2.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00
140.5	0.53	1.07	2.14	5.34	10.68	16.02	21.36	26.70	32.04	37.38	42.71
150.0	0.56	1.11	2.23	5.57	11.14	16.71	22.28	27.86	33.43	38.99	44.57
155.0	0.58	1.16	2.31	5.79	11.57	17.36	23.14	28.93	34.71	40.50	46.29
	AVERAGE MEASURED THICKNESS OF TWO LAYERS RANDOM PLACED (FT)										
	4.01	5.96	8.36	8.63	10.27	12.46	13.79	14.79	15.60	16.31	17.00
	NUMBER OF ARMOR UNITS PER 1000 SQ FT (TWO LAYERS RANDOM PLACED)										
	204.10	170.40	111.16	80.42	57.30	38.42	24.62	20.19	16.61	13.94	10.10
SYMBOL	DIMENSIONS OF ARMOR UNITS (FT)										
A	0.60	1.12	1.41	1.81	2.41	2.70	3.04	3.27	3.40	3.60	3.83
B	0.44	0.84	0.70	0.95	1.30	1.50	1.52	1.67	1.74	1.83	1.91
C	1.40	1.77	2.23	2.62	3.11	4.34	4.90	5.17	5.30	5.70	6.06
D	1.30	1.74	2.30	2.60	3.70	4.30	4.72	5.10	5.42	5.70	5.90
E	0.90	0.87	1.15	1.40	1.60	2.15	2.37	2.55	2.71	2.95	3.08
F	1.00	1.30	2.00	2.00	2.16	3.00	3.47	3.77	7.01	7.00	6.10
G	0.63	0.70	1.00	1.30	1.71	1.30	2.15	2.51	2.47	2.60	2.72
H	2.54	3.71	4.07	4.34	7.00	8.14	10.77	10.64	11.32	12.13	13.00
I	1.70	2.35	2.81	3.04	4.04	5.66	6.10	6.57	6.90	7.30	7.60
J	0.90	1.11	1.41	1.92	2.42	2.77	3.00	3.30	3.40	3.67	3.84
K	2.11	4.04	5.00	6.61	8.71	9.17	10.77	11.32	12.50	13.23	13.83
L	2.54	4.40	5.81	7.62	9.00	10.40	12.00	13.00	13.64	14.07	14.83

NOTE: DATA BASED ON TETRAPODS USED IN MODEL TESTS CONDUCTED AT THE WATERWAYS EXPERIMENT STATION

VOLUME OF INDIVIDUAL ARMOR UNIT = 0.280 H^3

where:

A = 0.302 H C = 0.215 H
B = 0.151 H H = Overall dimension of unit
C = 0.477 H I = 0.606 H
D = 0.470 H J = 0.303 H
E = 0.235 H K = 1.091 H
F = 0.644 H L = 1.201 H

Armor layer thickness (2 units) = 1.361 H

FIG. 12 ESPECIFICACIONES DEL TETRAPODO

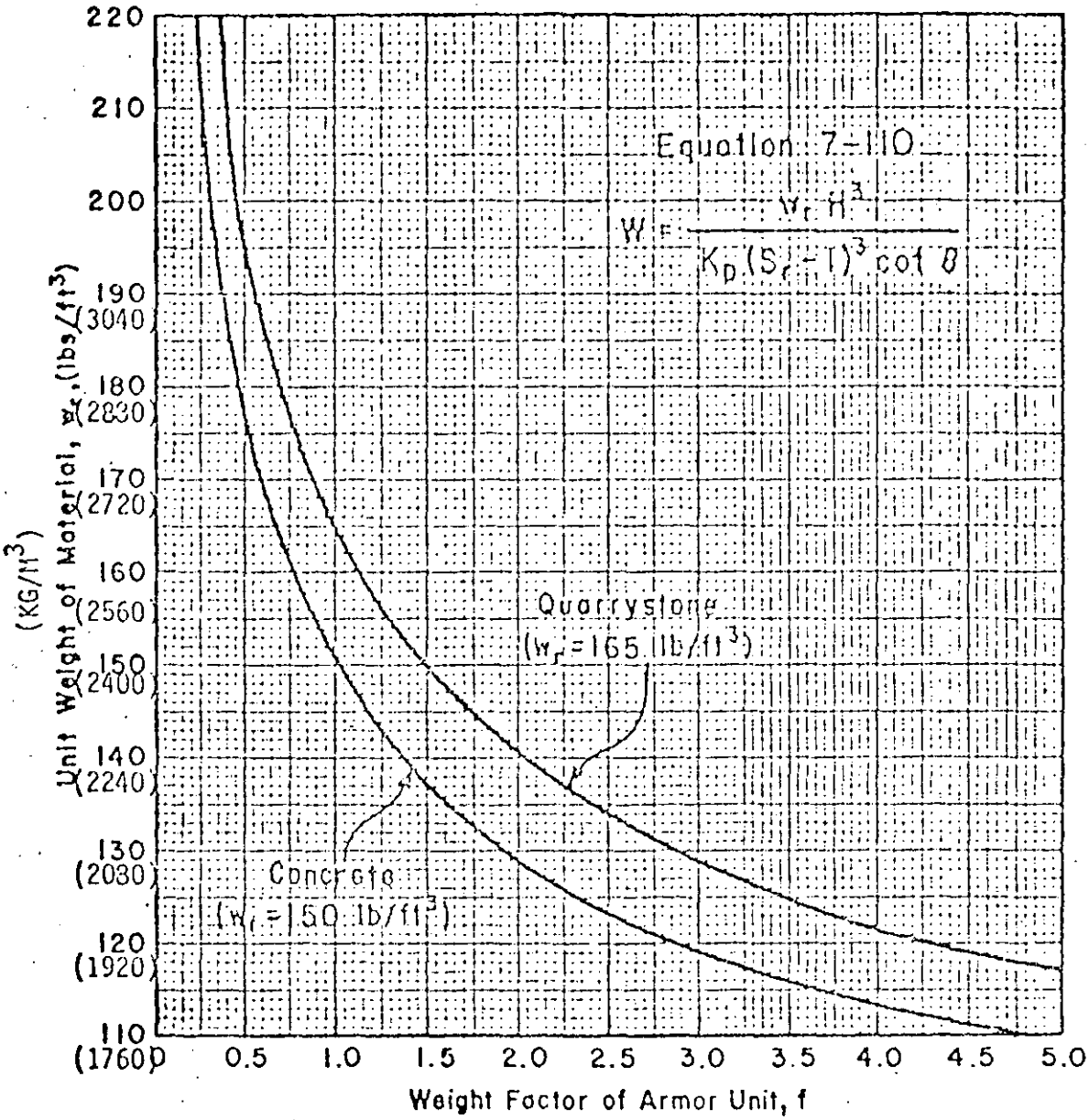


FIG.13 EFECTOS EN EL CAMBIO DE PESO ESPECIFICO DE UNIDAD DE CORAZA

Concreto W_r = 2400 Kg/m^3

Piedra W_r = 2650 Kg/m^3

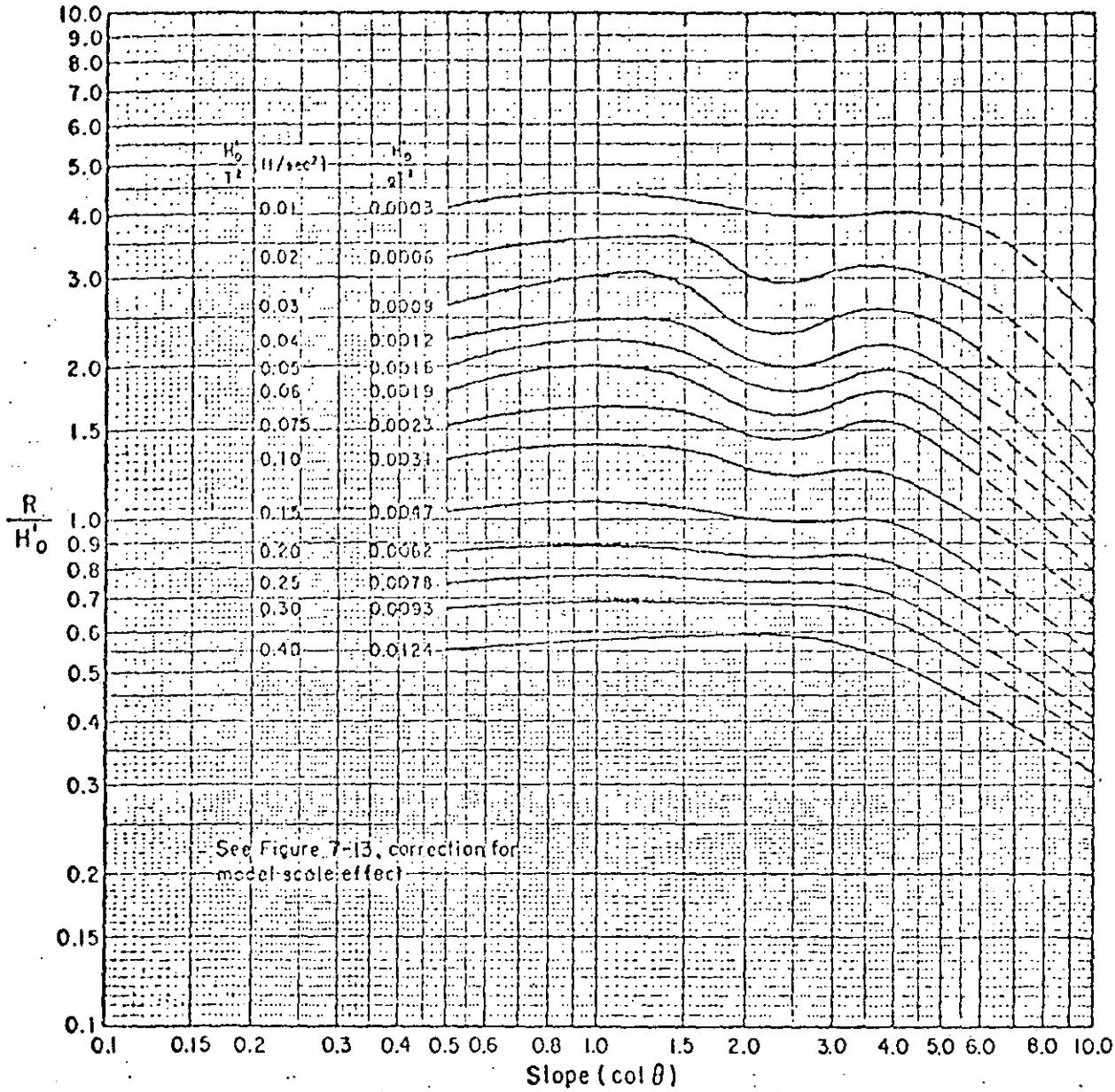


FIG. 15 RUN UP EN PENDIENTE IMPERMEABLE Y LISA

$ds/H'_o = 0$ B = 1:10

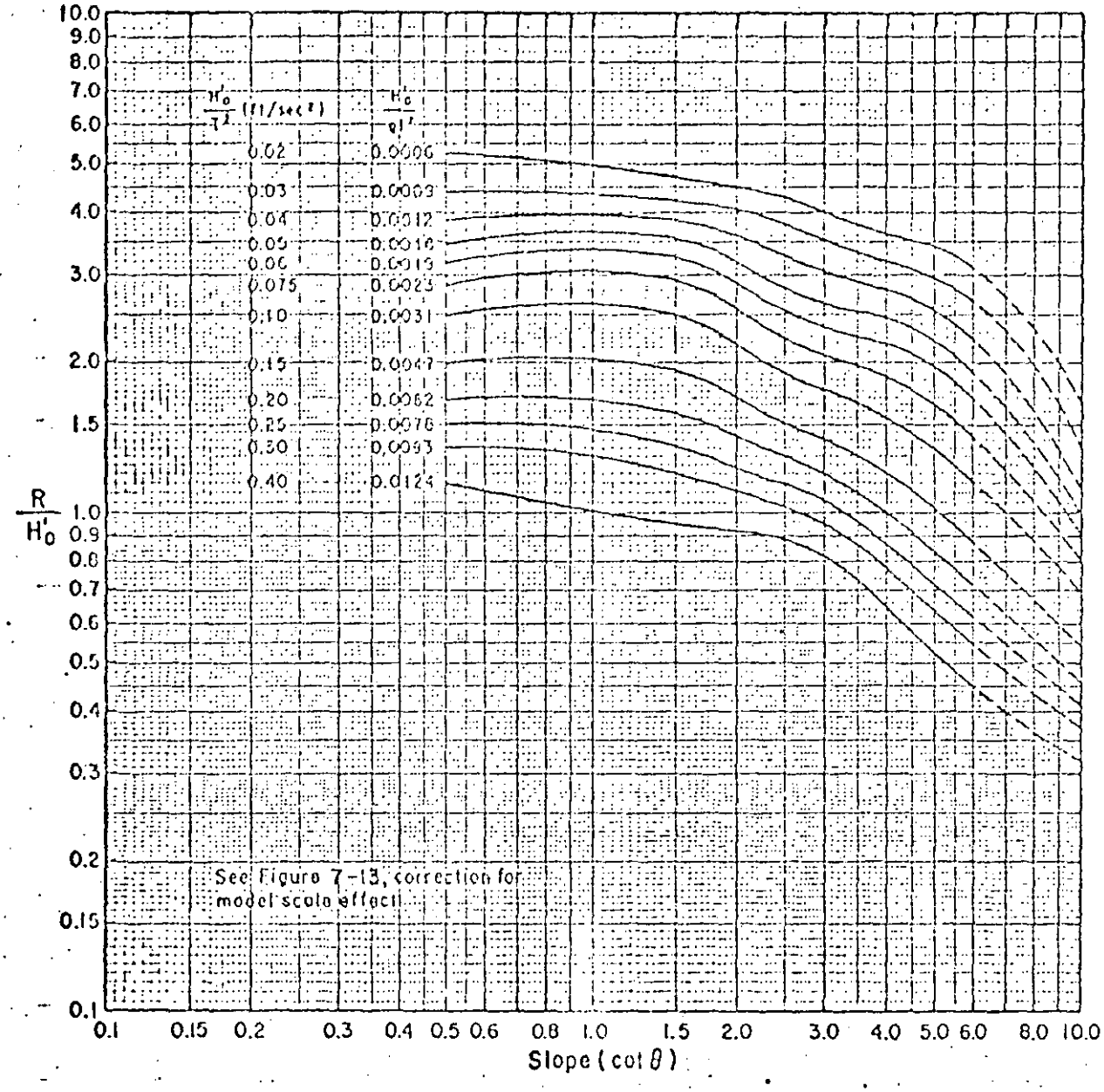


FIG. 16 RUN UP EN PENDIENTE IMPERMEABLE Y LISA,

$d_s / H'_0 = 0.45$ B= 1:10

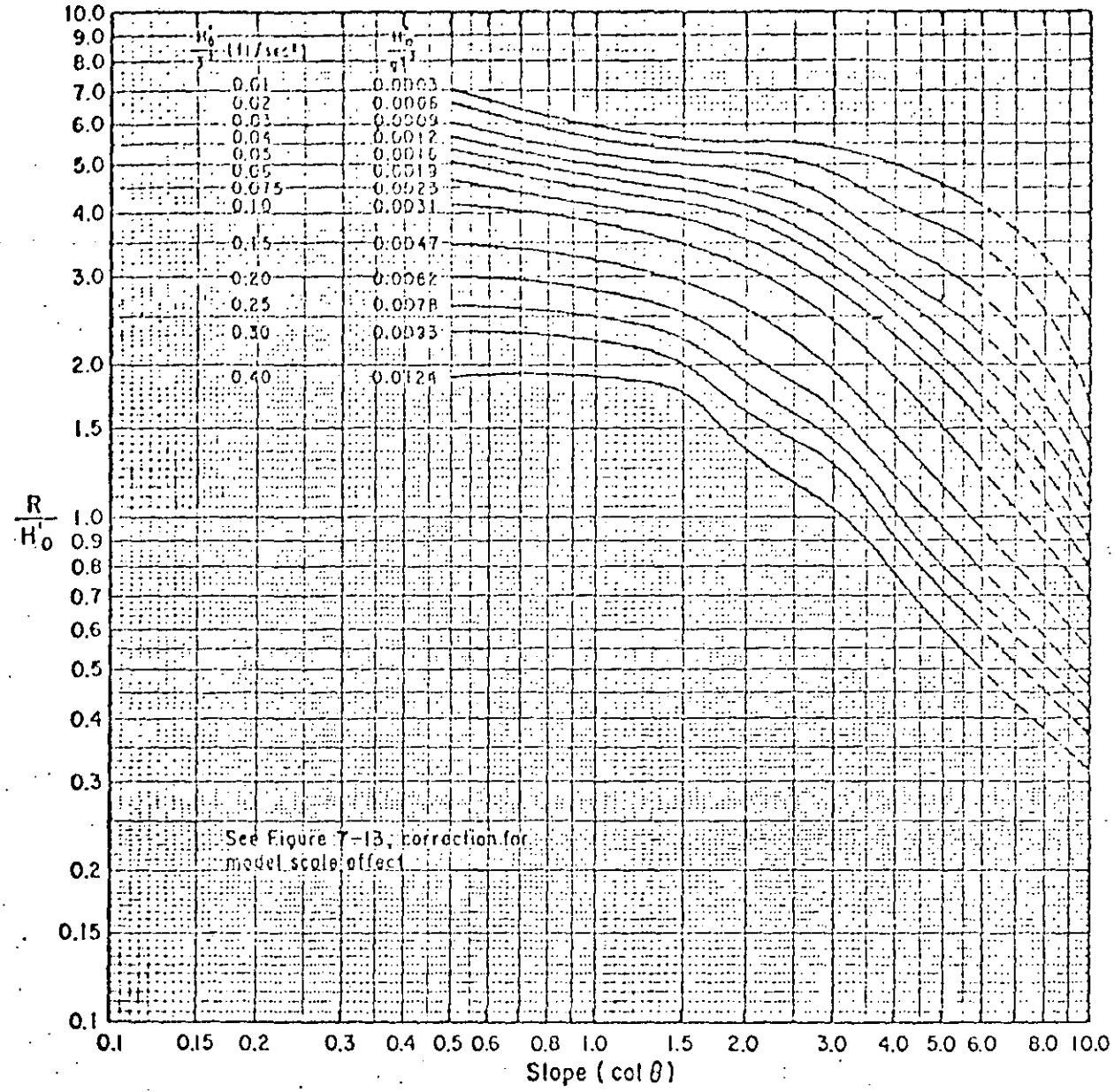


FIG. 17 RUN UP EN PENDIENTE IMPERMEABLE Y LISA,

$d_s/H_0' = 0.8$ B: 1:10

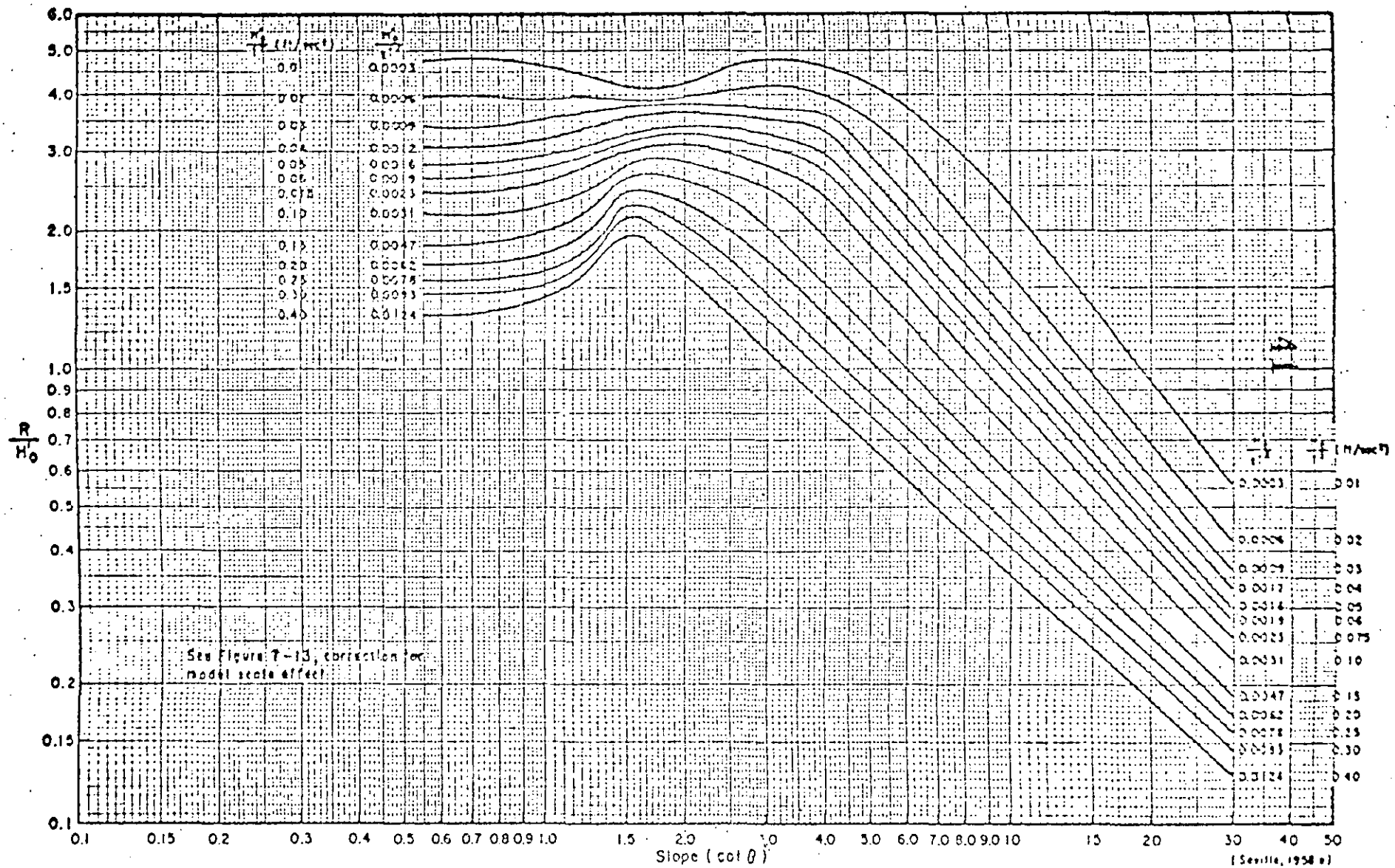


FIG. 18 RUN UP EN PENDIENTE IMPERMEABLE Y LISA

$d_s / H_o' = 2,0$

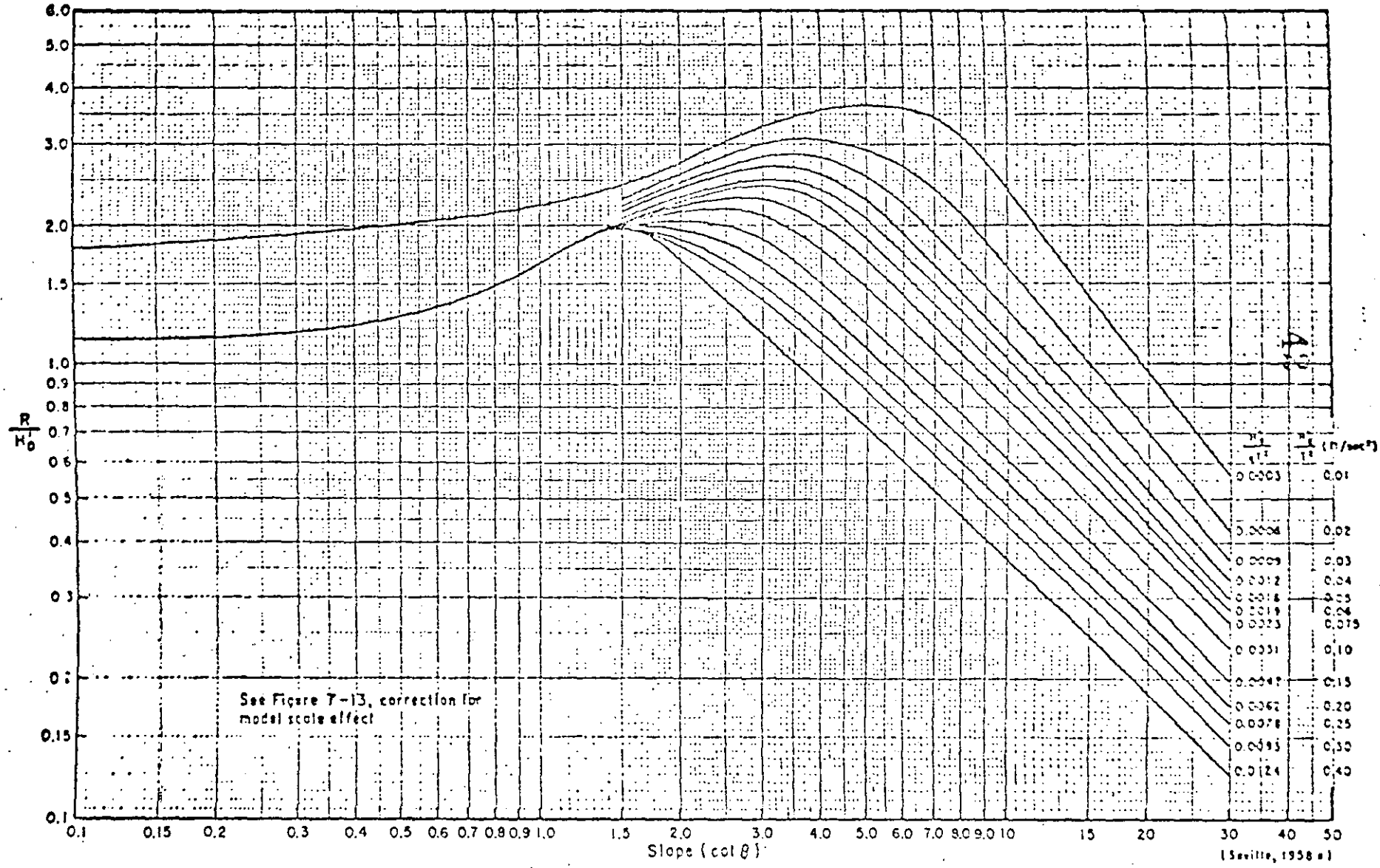


FIG. 19 RUN UP EN PENDIENTE IMPERMEABLE Y LISA

$d_s / H'_0 \geq 3$

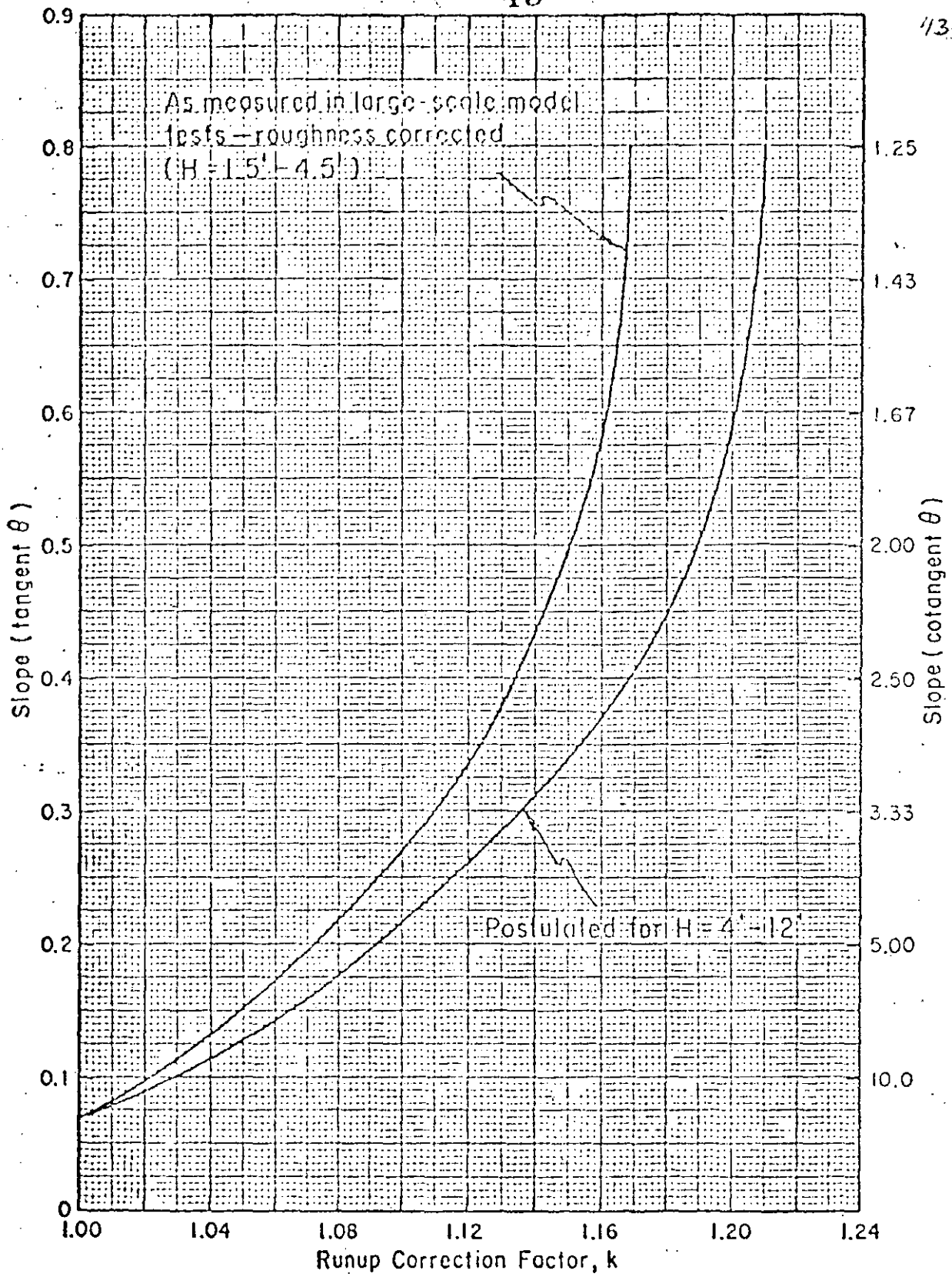
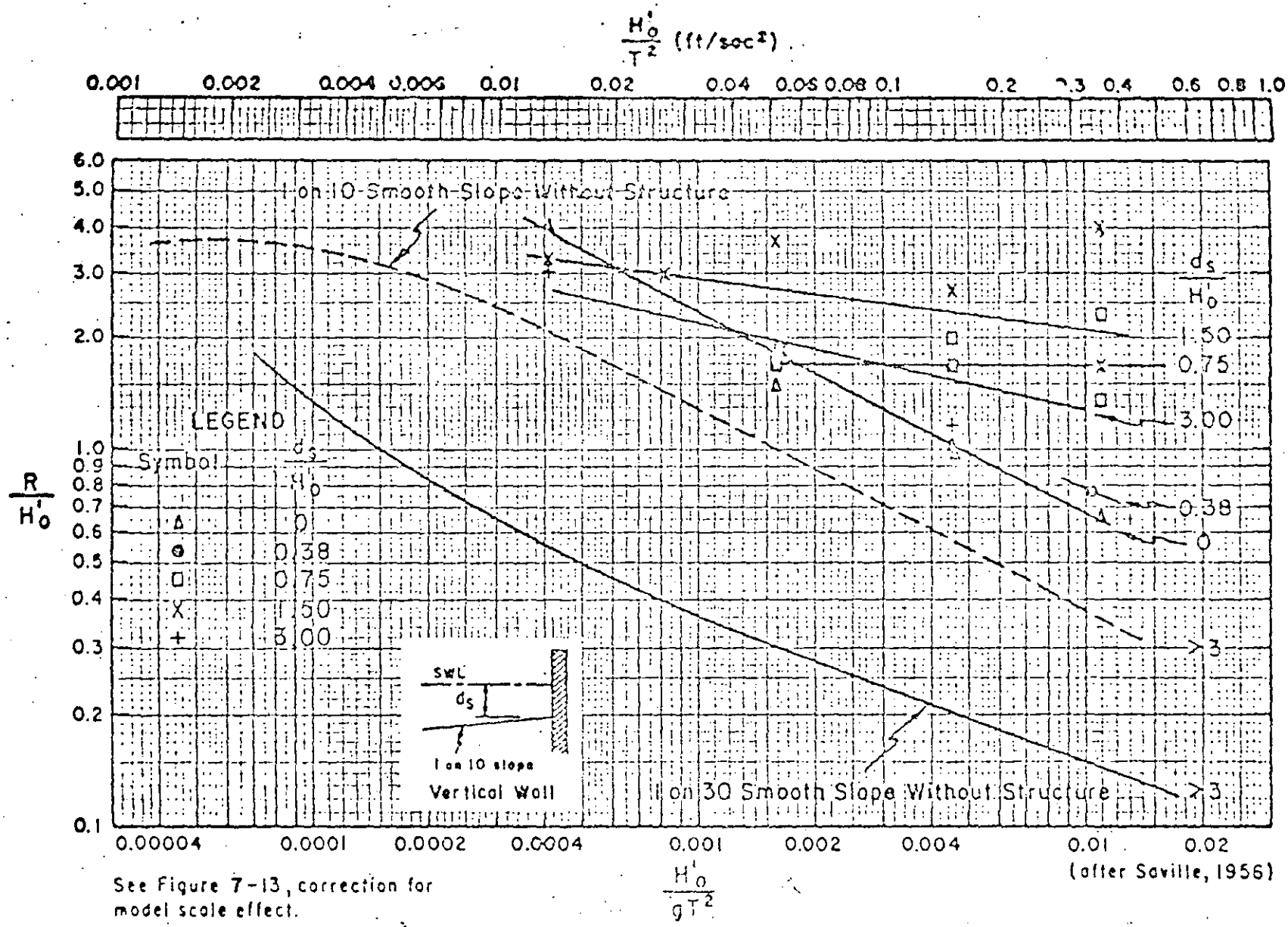


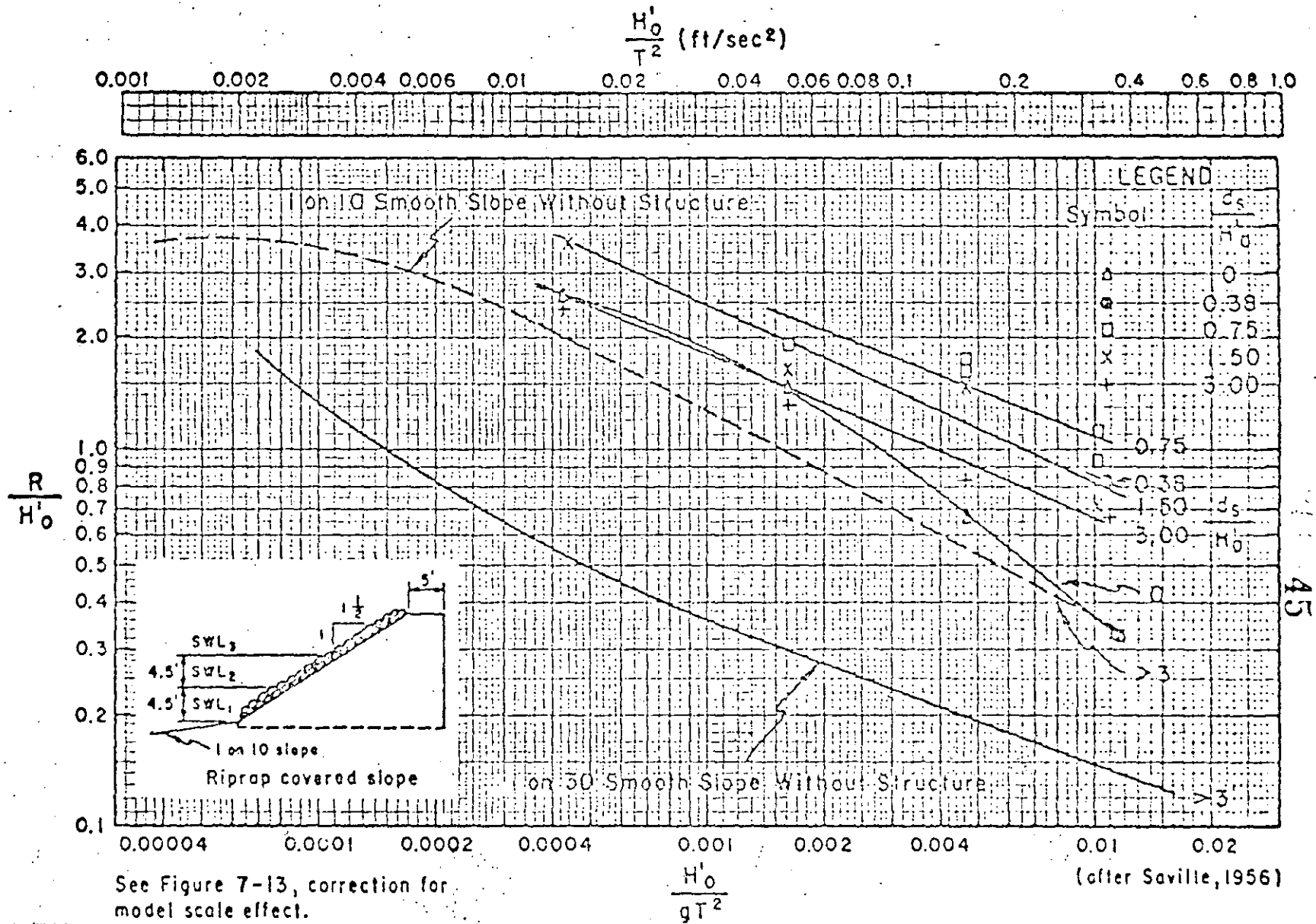
FIG.20 CORRECCION AL RUN UP POR EFECTOS DE ESCALA.



See Figure 7-13, correction for model scale effect.

(after Saville, 1956)

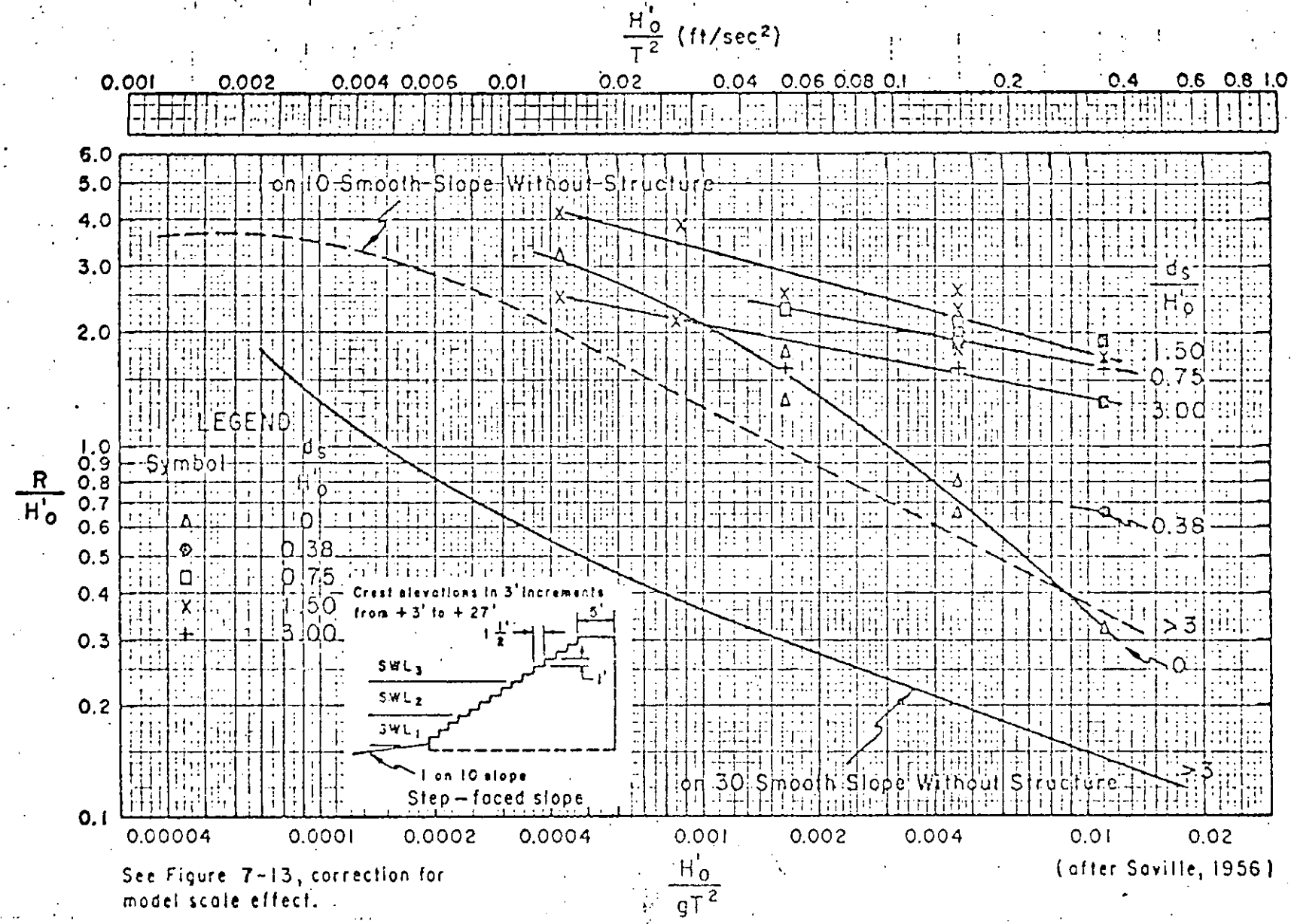
FIG. 21 RUN UP EN MURO VERTICAL E IMPERMEABLE VS. Ho/gT2



See Figure 7-13, correction for model scale effect.

(after Saville, 1956)

FIG. 22 RUN UP EN ENROCAMIENTO CON TALUD 1:1.5 VS. Ho' / gT2



See Figure 7-13, correction for model scale effect.

(after Saville, 1956)

FIG.23 RUN UP EN PENDIENTE ESCALONADA 1: 1.5 VS. Ho/ gT2

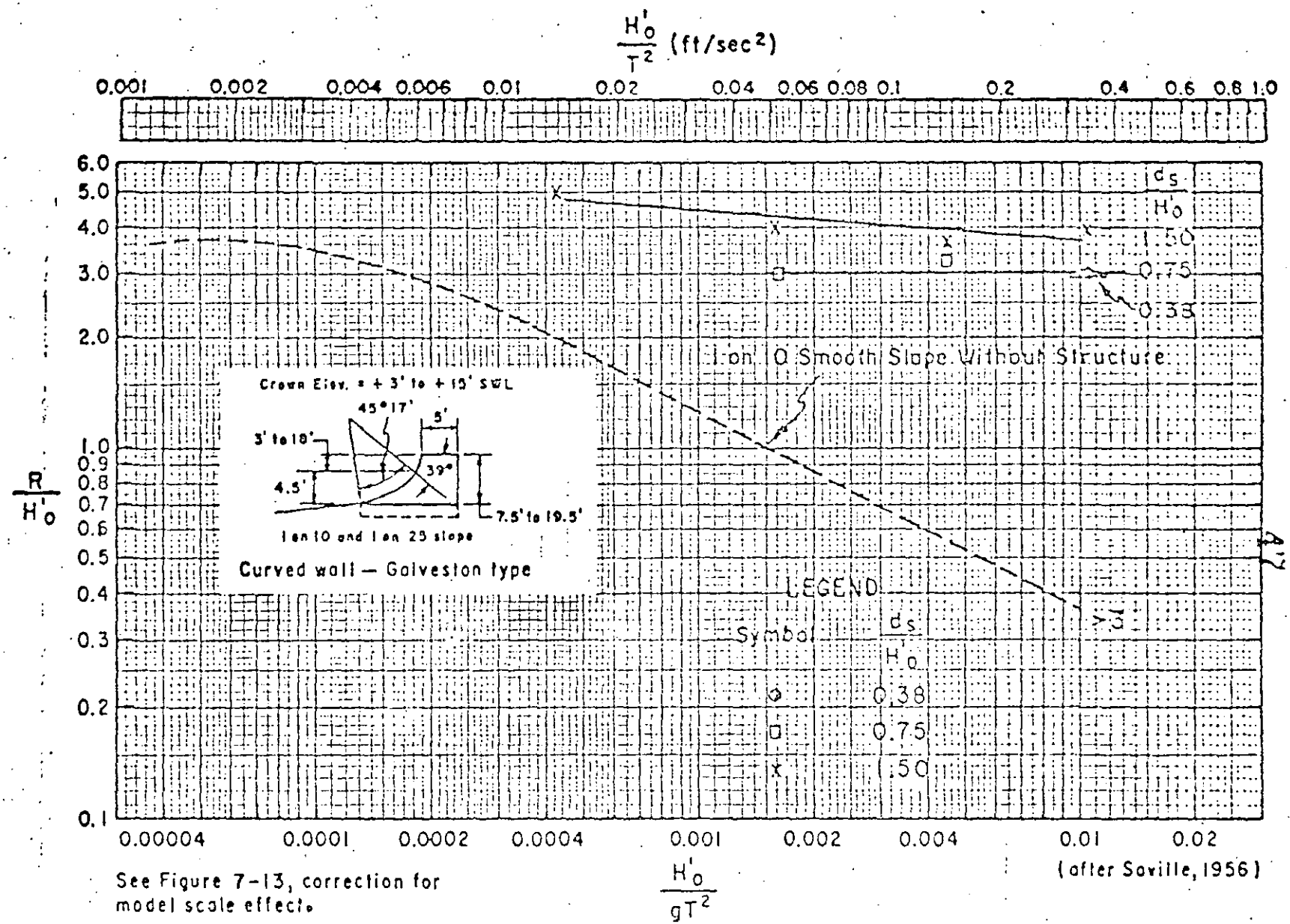


FIG. 24 RUN UP EN UN MURO DE MAR VS. Ho'/ gT2

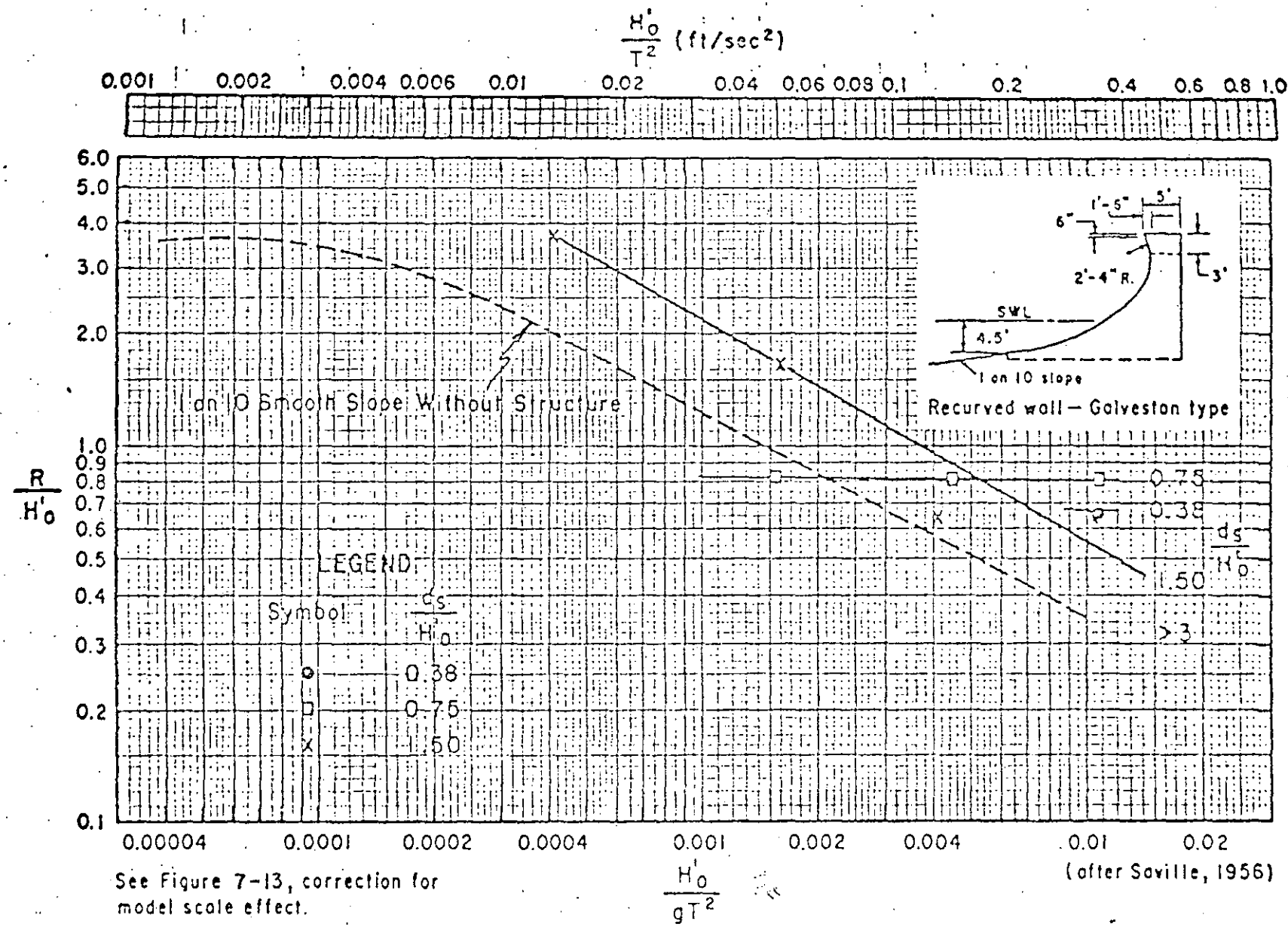


FIG.25 RUN UP EN UN MURO DE MAR TIPO GALVESTON VS. H_o'/gT^2

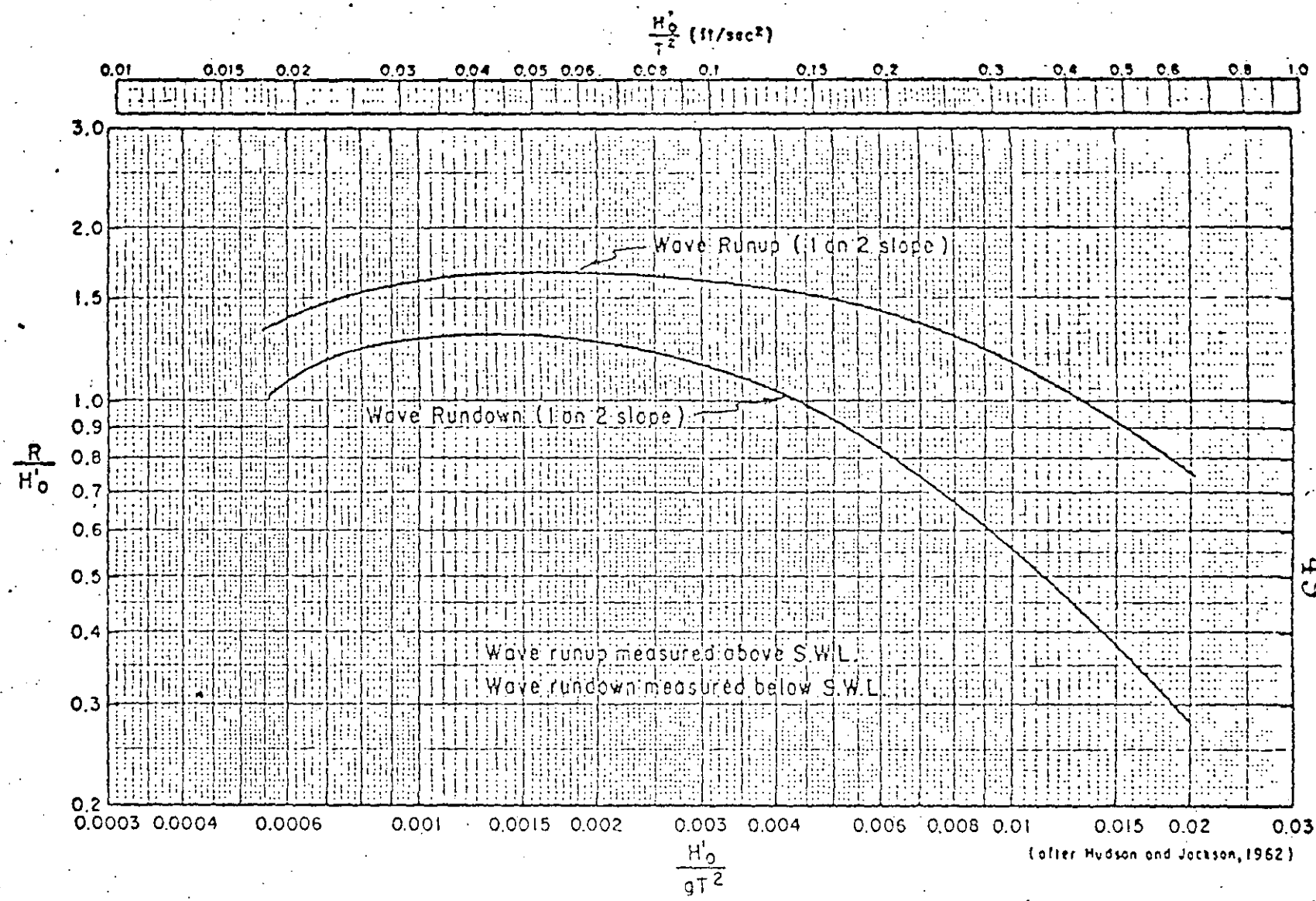


FIG. 26 RUN UP Y ESCURRIMIENTO EN ENROCAMIENTO GRADUADO, PENDIENTE 1:2 VS. Ho' / gT2

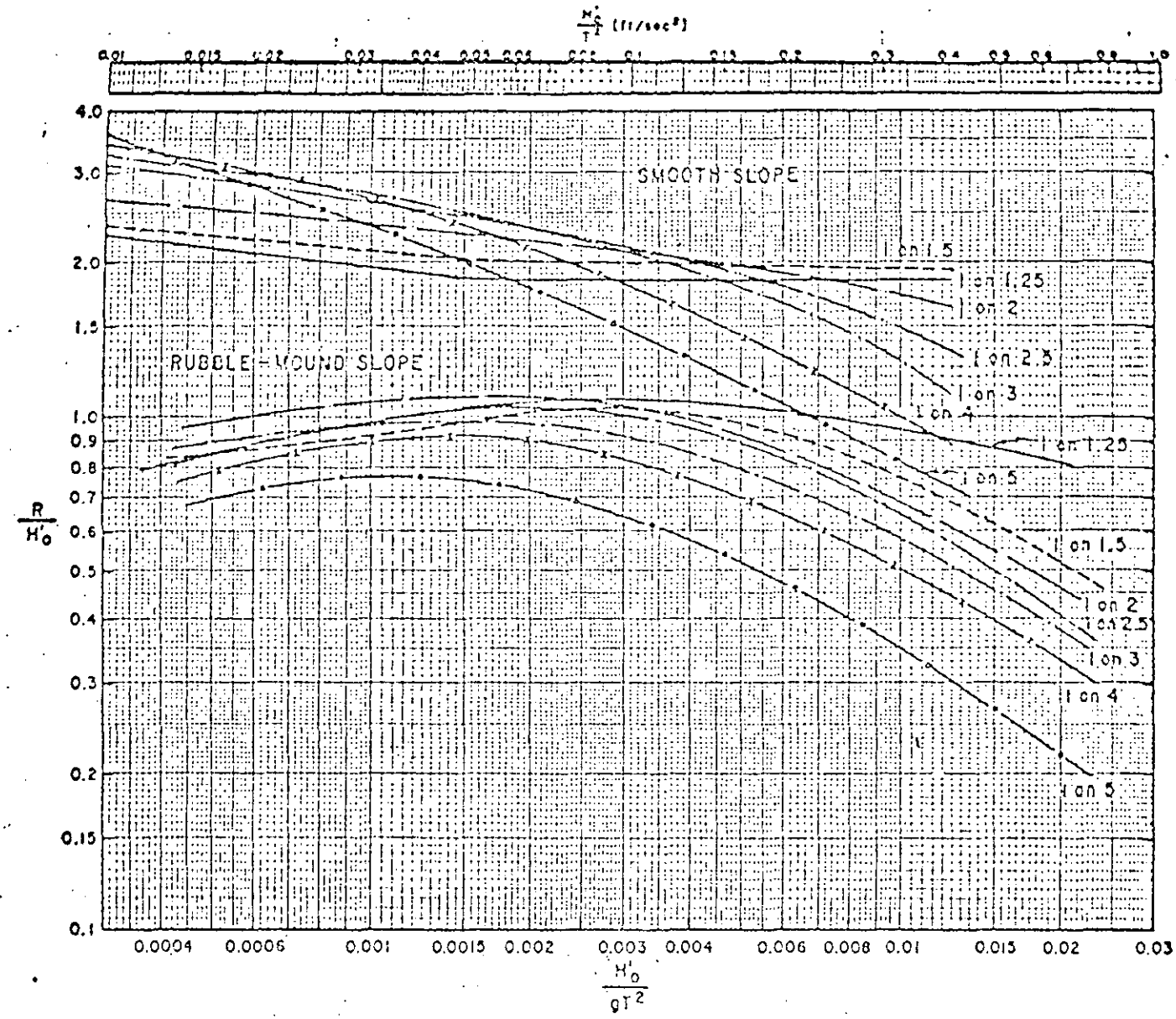


FIG. 2 7 COMPARACION DE RUN UP EN PENDIENTES LISAS Y RUGOSAS (Datos para $d_s / H_o' > 73.0$)

52

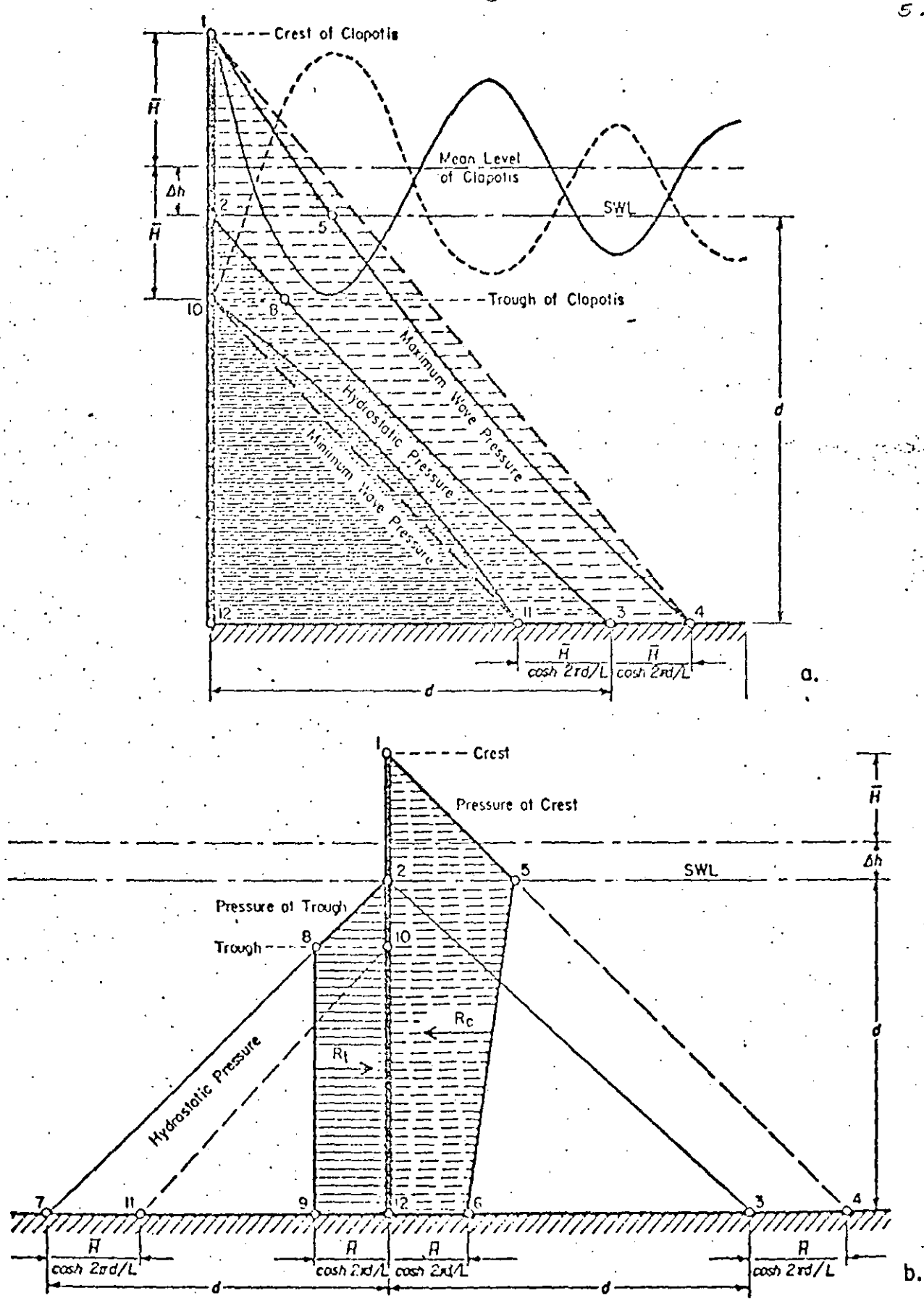


Fig. 28. Wave force diagrams for fully reflected waves

TABLA 1 VALORES DE K_D RECOMENDADOS PARA DISEÑO

Recommended* Values of K_D for Design of Structure Trunk

Breaking and Nonbreaking Waves, No-Damage and No-Overtopping Criteria

Unit	n	Placing Technique	K_D Breaking Waves	K_D Nonbreaking Waves
Smooth quarrystone	2	Random	2.1	2.4
Rough quarrystone	2	Random	3.5	4.0
Tetrapod	2	Random	7.2	8.3
Quadripod	2	Random	7.2	8.3
Tribar	2	Random	9.0	10.4
Tribar	1	Uniform	12.0	15.0
Dolos	2	Random	22.0**	25.0**

* Breaking-wave data are tentative and subject to change after more comprehensive ES 815 tests are completed.

** Tentative and subject to change after comprehensive ES 815 tests are completed. A few preliminary ES 815 tests, conducted in 1971, indicated that K_D for dolosse on steep slopes may be limited by slope failure rather than damage to the armor-unit cover layer. Therefore, a sea-side slope steeper than cot α = 2.0 is not recommended at this time.

Recommended* Values of K_D for Design of Structure Head

n = 2, Random Placing Technique, No-Damage and No-Overtopping Criteria

Unit**	cot α	K_D Breaking Waves	K_D Nonbreaking Waves
Smooth quarrystone	1.5-3.0	1.7	1.9
Rough quarrystone	1.5	2.9	3.2
Rough quarrystone	2.0	2.5	2.8
Rough quarrystone	3.0	2.0	2.3
Tetrapod and quadripod	1.5	5.9	6.6
Tetrapod and quadripod	2.0	5.5	6.1
Tetrapod and quadripod	3.0	4.0	4.4
Tribar	1.5	8.3	9.0
Tribar	2.0	7.8	8.5
Tribar	3.0	7.0	7.7
Dolos	2.0	15.0	16.5
Dolos	3.0	13.5	15.0

* Tentative and subject to change after comprehensive ES 815 tests are completed.

** No data presently available for other armor units.

TABLA 2 TIPOS DE ELEMENTOS DE CONCRETO PREFABRICADOS

Name of Unit	Development of Unit Country	Year	U. S. Patent Number	Reference Number
Akmon	Netherlands	1962	None	23
Bipod	Netherlands	1962	None	23
Cob	England	1969	None	24
Cube*	—	—	None	8
Cube (modified)	USA	1959	None	12
Dolos	Rep. So. Africa	1963	None	13
Dom	Mexico	1970	(?)	—
Gassho block	Japan	1967	None	25
Grobbelaar block	Rep. So. Africa	1957	None	26
Hexaleg block	Japan	(?)	None	27
Hexapod	USA	1959	None	12
Hollow square	Japan	1960	3,176,468	25,28
Hollow tetrahedron	Japan	1959	None	25,14,29
Interlocking H-block	USA	1958	None	30
N-shaped block	Japan	1960	3,176,468	25,28
Pelican stool	USA	1960	None	15
Quadripod	USA	1959	None**	12
Rectangular block*	—	—	None	16
Stabit	England	1961	None	17
Stabilopod	Rumania	1965	None	31
Sta-Bar	USA	1966	3,636,713	32
Sta-Pod	USA	1966	3,399,535	32
Stolk cube	Netherlands	1965	3,548,600	33
Svee block	Norway	1961	3,210,944	34
Tetrahedron (solid)	USA	1942	None	12
Tetrahedron (perforated)	USA	1959	None	12
Tetrapod	France	1950	2,766,592	9,12
Toskane	Rep. So. Africa	1966	None	26
Tribar	USA	1958	2,909,037†	12,35
Trigon	USA	1962	(?)	—
Tri-long	USA	1968	None	36
Tripod	Netherlands	1962	None	23

* Cubes and rectangular blocks are known to have been used in masonry type breakwaters since early Roman times, and in rubble-mound breakwaters during the last two centuries. The cube was tested at WES as early as 1943.

** Patent for tetrapods applies also to quadripods.

† Royalty free to agencies of U. S. Government.

The underscored units have been tested, some extensively, at WES.

Table 7

Recommended Values of K_D for Design of Structure Trunk When Some Damage to Structure Can Be Allowed; n = 2, Random Placing Technique, Nonbreaking Waves*

Unit	D, Percent					
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50
Smooth quarrystone						
H/H_{DW}	1.00	1.08	1.19	1.29	1.41	1.54
K_D	2.4	3.0	4.0	5.1	6.7	8.7
Rough quarrystone						
H/H_{DW}	1.00	1.08	1.23	1.37	1.47	
K_D	4.0	4.9	7.3	10.0	12.4	
Quadripod and tetrapod						
H/H_{DW}	1.00	1.09	1.21	1.32	1.41	1.50
K_D	8.3	10.8	14.5	19.2	23.4	27.8
Tribar						
H/H_{DW}	1.00	1.11	1.30	1.50	1.59	
K_D	10.4	14.2	22.8	35.2	41.8	
Dolos	(No data presently available)					

* See paragraph 14.

DETERMINACION DE LA ALTURA DE OLA DE CALCULO

Por Rafael DEL MORAL CARRO
Director del Laboratorio de Puertos

y Rafael ESCUTIA CELDA
Ingeniero de Caminos del Laboratorio de Puertos

El desarrollo del transporte marítimo de los últimos años, ha ido forzando la capacidad de los barcos hacia un gigantismo que ha obligado a los grandes puertos a buscar nuevas areas adecuadas a este incremento de calados, al agotarse las areas protegidas, bien natural o artificialmente, que el hombre habia escogido en anteriores décadas.

Este nuevo planteamiento, en areas costeras profundas hasta ahora no utilizadas, da como consecuencia una gran inseguridad al ignorar si la extrapolación de las teorias empleadas hasta la fecha, y sancionadas por la práctica, es correcta o no.

La experiencia de importantes averias producidas en diques de grandes profundidades hace sospechar que la extrapolación del tratamiento determinístico preconizado por Iribarren para la determinación de las características del oleaje, que él admitia ser una simplificación de la complejidad de la realidad que se da en la naturaleza, no es adecuada. Igualmente, la generalización de las formulas para el cálculo de los pesos de los elementos de la principal, deducidas para oleaje regular, y relacionadas con el punto anterior mediante un simple aumento de la altura de cálculo para salvar el paso del oleaje regular al real irregular, es inadecuada dentro del campo de grandes profundidades a que nos referimos. La frontera que separa ambos campos ya es más dificil de delimitar.

El problema se complica, aún más, por la carencia actual de fuentes de información fiables de datos de oleaje sobre el cual se pueda elaborar una estadistica representativa de los fenómenos locales, no teniendo otra alternativa el proyectista que aceptar como buenas unas bases de partida muy discutibles. Las campañas de toma de datos es uno de los objetivos prioritarios que persigue el Laboratorio de Puertos y desde estas lineas hacemos una llamada de atención para concienciar a los portuarios sobre las graves inconvenientes que plantea la pobreza de información básica.

El proyecto definitivio de las obras de abrigo de un puerto es función de las necesidades previstas en su desarrollo y de los condicionantes maritimos.

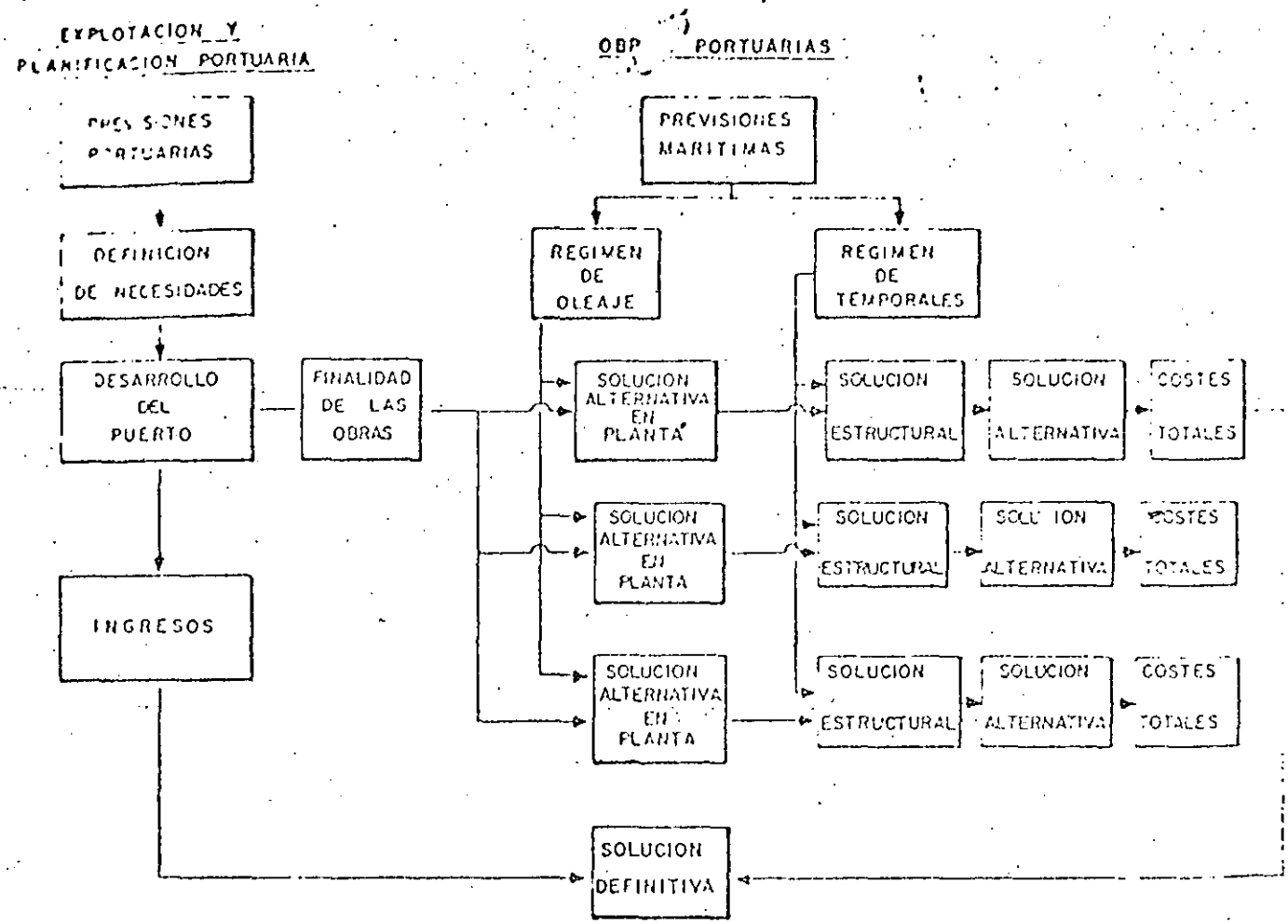
Elegido el año horizonte para el desarrollo del puerto, mediante una previsión de tráfico podremos conocer las consecuentes necesidades tanto de áreas de agua abrigada como de lineas de atraque, equipo de manipulación, superficies de almacenamiento y vias de comunicación que dentro de una racional explotación portuaria nos den una capacidad de tráfico acorde con la previsión realizada.

Estas necesidades deben quedar reflejadas en unos planos de planta compatibles con los condicionamientos fisicos propios del puerto tales como la presencia de cauces que impidan el desarrollo del puerto en determinada dirección; el entorno ciudad-puerto, la batimetria y geotecnica de los posibles emplazamientos de las obras y sobre todo, por las condiciones que impone el mar como agente dominante.

En el análisis de las diversas soluciones alternativas, la acción del mar interviene en dos facetas diferentes. Por un lado será necesario estudiar el régimen de oleaje para definir la situación en planta de los diques de forma que las condiciones de abrigo creadas permitan la operatividad del puerto durante un porcentaje de dias suficiente. Fijada la planta de las soluciones alternativas, el siguiente paso es determinar, en funcion de las condiciones extremas del mar definidas por el régimen de temporales, la solución estructural óptima para cada solución obteniéndose entonces la definición completa de las alternativas y por lo tanto el coste de cada una de ellas que deberá incluir, además de los costes de construcción, las pérdidas previstas por averias en el dique y las debidas al porcentaje de tiempo en el cual las funciones portuarias deberán suspenderse por no cumplirse las condiciones de abrigo requeridas.

La comparación de los costes con los ingresos portuarios, calculados segun las hipotesis de partida, será la base para la decisión final.

DETERMINACION DE LA ALTURA DE OLA DE CALCULO



Este trabajo trata únicamente del proceso a seguir para llegar a la solución estructural óptima, determinada ya la solución en planta. Para ello, es necesario:

1. El cálculo o dimensionamiento de las diversas secciones del dique ante diferentes hipótesis de temporales.
2. Elección de unos criterios que lleven a la obtención de la solución estructural óptima.

El cálculo o dimensionamiento de las secciones de un dique será objeto de otra publicación donde se expondrán los diversos aspectos a considerar en el cálculo, así como los métodos normalmente empleados. Sin embargo, y dada su estrecha relación con el punto segundo, se incluye en esta exposición unas notas necesarias para poder comprender y juzgar los procedimientos seguidos para llegar a la solución óptima.

Por tanto, en este artículo, que es un resumen avance de una de las publicaciones de la serie patrocinada por la Dirección General de Puertos, se pretende reflejar todos estos problemas, recogiendo la inquietud de multitud de consultas presentadas ante este Laboratorio. Los autores hemos intentado tener en cuenta las tendencias existentes, basándonos en la experiencia acumulada: en la dirección de los ensayos realizados en el Laboratorio de Trondheim (Noruega), para el dique en talud del superpuerto de Bilbao; en el asesoramiento de los realizados en el Danish Hdraulic Institute para el dique vertical de la IV Planta Siderúrgica de Sagunto; en la preparación de las últimas conclusiones del «Rapport Final de la 2ª Commission Internationale pour l'Etude des effets des Lames» (1977) del A.I.P.C.N., así como en los primeros trabajos realizados para la 3.ª «Commission Internationale pour l'etude des effets des Lames», constituida expresamente con este fin.

A lo largo de las sucesivas páginas, hemos querido expresar nuestra prudencia ante todo proceso matemático que, al encadenar sucesivas hipótesis cada una de ellas con errores perfectamente naturales del orden del 10 al 20 %, sin saber hacia dónde se dirigen estos errores, nos puede llevar a conclusiones finales posiblemente separadas de la realidad hasta incluso un 200 %.

Igualmente expresamos nuestra intranquilidad ante la dificultad de generalizar resultados, ya que al considerar todas las variables que realmente influyen en un fenómeno, es necesario multiplicar hasta tal punto los ensayos que hacen inviable el buscar seriamente resultados generales fiables.

COMPORTAMIENTO DE UN DIQUE ANTE EL OLEAJE

57

CUANDO se somete un dique a la acción de un temporal de intensidad superior a su capacidad resistente, se producen avaerías que pueden llegar a considerarse como destrucción del dique si la intensidad del temporal alcanza una cierta magnitud. El conocimiento de la evolucion de las averias, es decir, del comportamiento del dique frente al oleaje, y consecuentemente, de los métodos apropiados de cálculo, tiene una importancia fundamental para llegar a su correcto dimensionamiento.

Los métodos de cálculo pueden clasificarse en dos grupos:

— Métodos semi-empiricos o empiricos generales.
— Métodos empiricos particulares.

En el primer grupo se incluyen aquellos metodos basados en consideraciones teóricas, y ajustados a través de la experimentacion, cuya aplicación puede ser considerada general dentro de una serie de limitaciones dependientes de la amplitud de la experimentación realizada. El inconveniente que presentan estos métodos, independientemente de su mejor o peor exactitud, es consecuencia de la necesidad de la generalización, que obliga a realizar los ensayos de tarado de la formulacion en unas condiciones poco reales. Asi por ejemplo, los ensayos sobre diques en talud han sido efectuados con un talud indefinido y los correspondientes a diques verticales, sobre un paramento que no permite el rebase. La aplicación de los resultados a los casos particulares, donde el talud no es indefinido, y se corona éste con un espaldón reflejante; o al tratarse de un dique vertical, el disponer un botaolas para disminuir el rebase, puede conducir a resultados erróneos. A estas diferencias en cuanto a la forma de la seccion, se puede añadir la forma de realización de los ensayos en cuanto al oleaje a que está sometido. Gran cantidad de fórmulas de aplicacion general han sido obtenidos a través de ensayos con oleaje regular o monocromático. Este tipo de oleaje es esencialmente diferente al existente en la naturaleza. Desde hace más de una década se han realizado ensayos tendentes a conseguir una fórmula de equivalencia entre oleajes regular e irregular sin resultados definitivos hasta el momento. Por otro lado, el gran número de variables que intervienen en la definición de un temporal en la naturaleza impide la realización de ensayos con oleaje irregular de forma general. Debido a estas deficiencias, sólo es recomendable el empleo de estos métodos a nivel de anteproyecto debiendo recurrir siempre que sea posible a los métodos empiricos particulares para llegar al dimensionamiento definitivo.

Los métodos empiricos particulares consisten en ensayos en modelo reducido de las diversas secciones tipo del dique realizados en las condiciones más próximas posibles a las existentes en la naturaleza. El equipo de que constan los canales de ensayo es capaz de reproducir temporales con las caracteristicas que se deseen. Con ello se consigue comprobar, previamente a la construcción del dique, el efecto de los posibles temporales y dimensionarlo de forma mucho mas aproximada que con los métodos anteriores

El desarrollo de las averias en los diques difiere segun su tipologia. Pueden considerarse dos grandes grupos a efectos de comportamiento los diques verticales y los diques en talud.

Los primeros estan constituidos básicamente por un muro cuyo paramento del lado del mar es vertical construidos normalmente mediante bloques o cajones prefabricados. El peso del muro a través del rozamiento con la banqueta de cimentación produce un esfuerzo horizontal resistente que debera ser capaz de soportar los esfuerzos producidos por el temporal de cálculo. Estos esfuerzos en síntesis son de dos tipos: un esfuerzo horizontal sobre la cara exterior del dique y un esfuerzo vertical ascendente debido a la subpresión generada por el paso de la ola. Cuando las solicitaciones debidas al oleaje superan un cierto umbral, el dique deja de ser estable produciéndose un desplazamiento de la cuya magnitud depende de la intensidad de aquellas solicitaciones y de su duracion. Aunque podria admitirse, en funcion de las caracteristicas del dique, un desplazamiento acumulado máximo de las secciones a partir del cual se considere como averia total, la dificultad en la evaluación del desplazamiento debido a la accion de una sola ola y de los desplazamientos acumulados, producidos por olas contenidas en un mismo temporal o en sucesivos temporales, obliga en la practica normal, a suponer que la excedencia de las condiciones de calculo implica la destruccion del dique.

Los diques en talud presentan un comportamiento diferente en razón de su diferente constitución. La destruccion de un dique en talud no es subita, sino que viene precedida por una serie de averias en el manto de protección en forma de elementos ▷

(cantos de escollera, bloques, tetrápodos, etc.) desplazados por el oleaje fuera de la sección o al menos fuera de la zona donde ejercen su función resistente. El desarrollo de las averías depende de la intensidad del temporal y de su duración. Sin embargo, cuando el temporal excede el de iniciación de averías pero su intensidad no es muy elevada, el desarrollo de las averías se detiene alcanzando un estado de equilibrio que puede ser de dos tipos: absoluto y ficticio. En el primer caso, la duración no tiene influencia puesto que la sección es totalmente estable. En el segundo caso, la estabilidad puede prolongarse durante un cierto tiempo a partir del cual el desarrollo de las averías continúa. Cuando la intensidad del temporal es suficientemente elevada, el crecimiento de los daños es continuo y función de la duración sin llegar a alcanzar en ningún momento una situación de estabilidad frente al oleaje.

De acuerdo con lo expuesto, el comportamiento del dique podría estar representado por sus curvas de averías que proporcionan, en su acepción general, una relación entre la intensidad del temporal, su duración, y los daños acumulados producidos. En las curvas que se muestran a continuación (figura 1) la intensidad del temporal estará representada por la altura de ola significante, H_s.

La curva 1 representa la curva de daños correspondiente a un oleaje de altura de ola significante H_{s1}. Los daños crecen a medida que se incrementa la duración, llegando un momento en que dejarían de producirse daños. Los daños máximos producidos son d_1%.

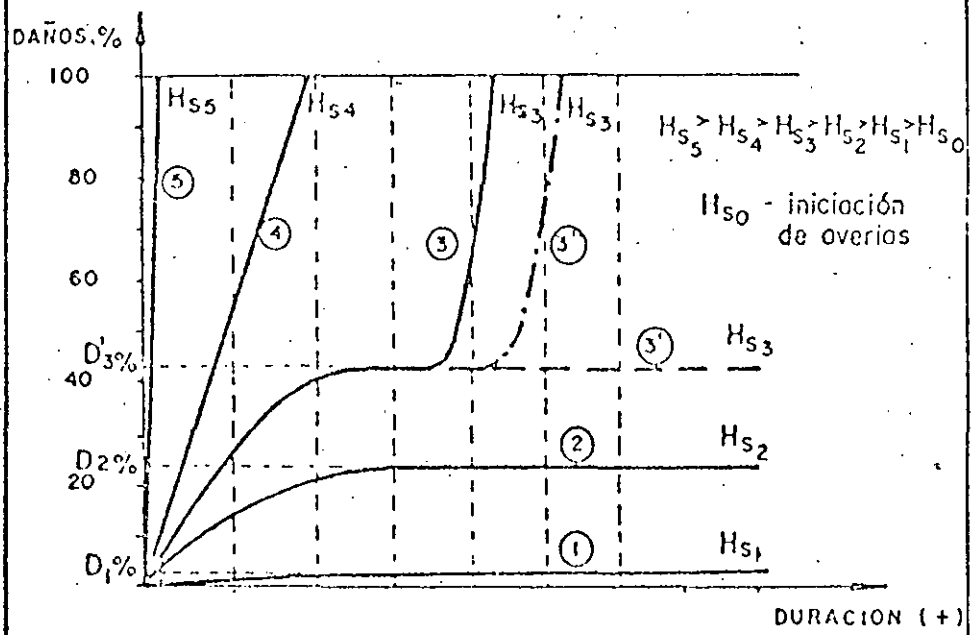


FIG. 1.– CURVAS DE AVERIAS DE UN DIQUE EN TALUD.

La curva 2 corresponde a un oleaje de altura H_{s2}. Como puede observarse, el crecimiento de los daños es superior, pero se alcanza igualmente la estabilidad para un nivel de daños d_2%.

Las curvas para la altura H_{s3} corresponden a la fase de estabilidad ficticia. En este momento, el comportamiento de la sección no puede predecirse y por ello se han dibujado tres curvas que muestran diferentes posibilidades.

La curva 3 muestra una fase de estabilidad, pero, a partir de un cierto momento, continúa el incremento de daños alcanzándose la rotura rápidamente.

Para la curva 3', la fase de estabilidad es duradera prolongándose indefinidamente.

La curva 3'' es similar a la curva 3. En este caso la estabilidad se prolonga durante más tiempo, pero la destrucción ha tenido lugar igualmente.

La curva 4, para la altura de ola H_{s4}, muestra un crecimiento casi constante de los daños hasta alcanzar la destrucción total en un plazo de tiempo relativamente breve.

Finalmente, la curva 5 representa la evolución de averías para un temporal H_{s5} que produce la rotura inmediata de la sección.

La determinación de las curvas de averías es importante en cuanto proporciona una información fundamental sobre el comportamiento de la sección y permite realizar una previsión de la posible evolución de los daños en el dique a lo largo de su vida previsible, de acuerdo con la probabilidad de ocurrencia de temporales de diversas duraciones y de la repetición de temporales. Con ello, se podría dimensionar un dique bajo criterios de rotura. Sin embargo, en la práctica, esto no es factible en la mayoría de los casos; las curvas de averías se podían obtener mediante laboriosos ensayos en modelo reducido, pero la translación de resultados a la realidad está imposibilitada por la carencia de datos estadísticos fiables que relacionen temporales de una cierta intensidad con sus duraciones.

En consecuencia, y como conclusión a estos últimos párrafos, se puede decir que el dimensionamiento de un dique vertical es posible hacerlo para condiciones de rotura, mientras que el de un dique en talud sólo para condiciones de iniciación de averías.

DIMENSIONAMIENTO DE UN DIQUE

PREVIAMENTE al estudio de las diversas alternativas estructurales de las secciones de un dique hay que realizar una predicción de oleaje donde, como objetivo final, se obtendrá la distribución extremal de temporales o régimen de temporales. Un régimen de temporales proporciona la probabilidad de ocurrencia de cada temporal de una intensidad dada y simultáneamente —ya que está relacionado con esa probabilidad— el periodo medio de retorno definido como el intervalo de tiempo medio entre la presentación de dos temporales cuyas intensidades excedan una dada.

La forma típica de presentación de un régimen de temporales se muestra en la figura 2, donde en ordenadas figura la intensidad de temporal (definida por su H_s máxima) y en abscisas la probabilidad de un temporal no sea excedido, $F(H_s)$. El periodo medio de retorno, T, correspondiente a un temporal de intensidad H_s se puede calcular mediante la relación:

$$T = \frac{1}{1 - F(H_s)}$$

En definitiva, el régimen de temporales *no* indica cuál deberá ser la altura de ola de cálculo

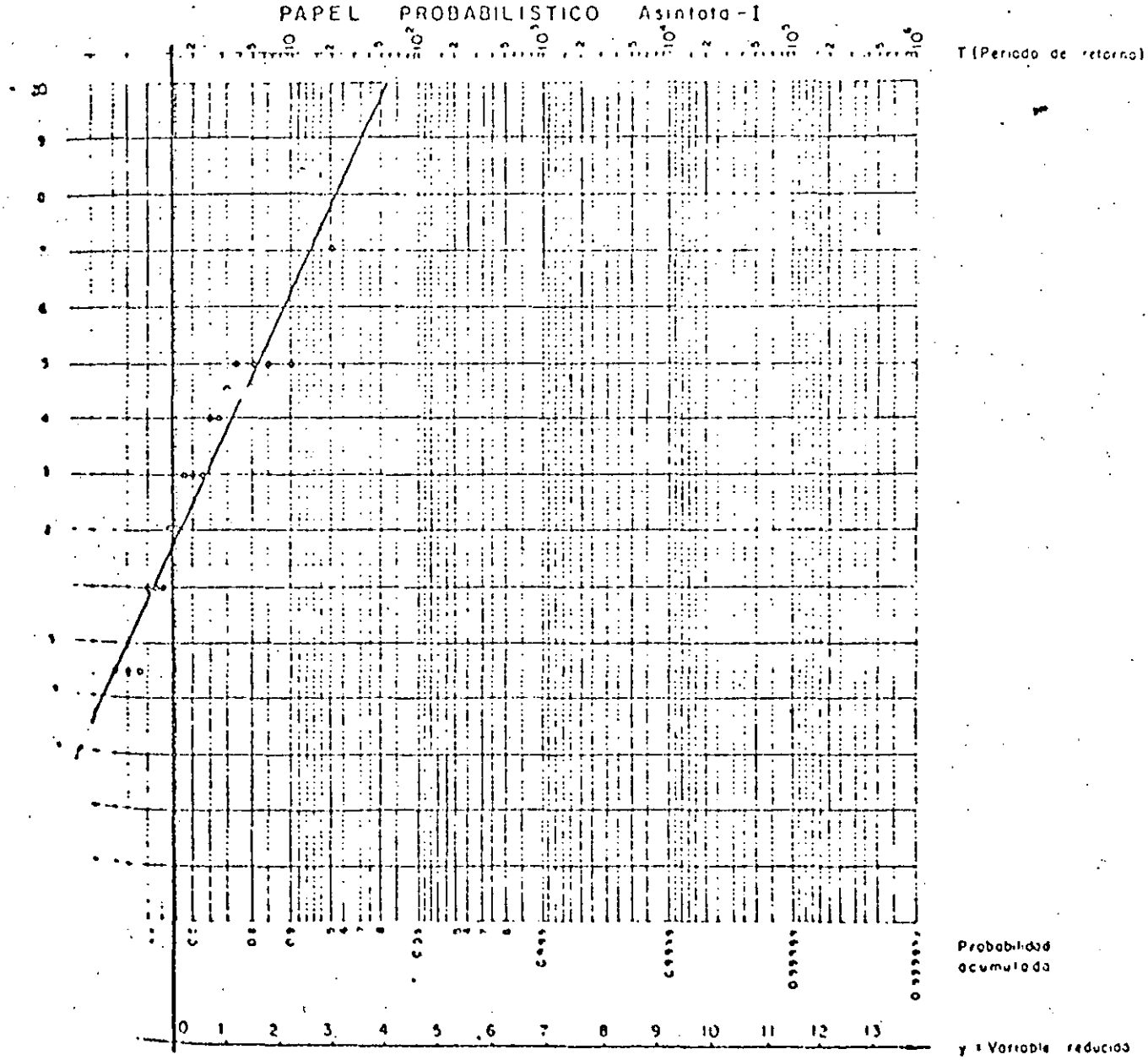


FIG 2—REGIMEN DE TEMPORALES

para el dique, sino simplemente la probabilidad de excedencia en un año de las condiciones de cálculo o dimensionamiento que hayan sido tomadas.

Iribarren, dando un avance gigantesco en su epoca, propuso un método determinista para el cálculo de la altura de ola simple obteniéndola mediante la fórmula $H = 1,2\sqrt{F}$, modificable por los planos de refracción y sujeta a unos ciertos coeficientes de seguridad. Sin embargo, esta postura determinista no es compatible con la realidad, puesto que es evidente, de acuerdo con la naturaleza, que, en general, la ocurrencia de temporales de diversas intensidades es siempre posible. Lógicamente cuanto mayor sea la intensidad del temporal, menor será la probabilidad de que éste ocurra, y viceversa.

Entonces, es incuestionable, que salvo en condiciones muy particulares (como puede ser la limitación de altura de ola por rotura de ésta) es absolutamente imposible calcular una obra marítima de forma que soporte todos los temporales que se puedan presentar durante la vida previsible de la obra. Cualquiera que sea la altura de ola de cálculo en los niveles de dimensionamiento en que nos movemos siempre existe una probabilidad, o un riesgo de que ésta sea superada. Si la altura de ola de cálculo es relativamente pequeña, la probabilidad de que se presente un temporal de altura superior será grande y existirá un riesgo alto de que la obra sea destruida durante su vida. Si aumentamos la altura de ola de cálculo, las probabilidades de destrucción disminuirán, pero el coste de construcción será más elevado que en el caso anterior. Se plantea entonces un problema de decisión: ¿qué altura de ola se debe adoptar como más conveniente para el cálculo?, o lo que es lo mismo, ¿qué periodo de retorno se debe tomar para fijar la altura de ola de cálculo?

La presente publicación no pretende solucionar el problema de la decisión, sino proporcionar unos elementos de juicio que faciliten la tarea.

Dos han sido los artículos seleccionados relativos al tema:

— CRITERIO DE RIESGO, de León E. Borgman.
— DISEÑO OPTIMO DE UN DIQUE, de J. van de Kreeke y A. Paape.

Borgman, en su artículo, presenta tres modelos para la evaluación del riesgo. La diferencia entre ellos está, exclusivamente, en las hipótesis de partida en cuanto a ocurrencia de sucesos. No obstante, los tres modelos proporcionan la misma información. De ellos, el más interesante a efectos prácticos es el modelo I, ya que los requerimientos básicos admiten, en parte, una respuesta. Este modelo consta de dos apartados claramente diferenciados. En primer lugar, y apoyándose en el régimen de temporales, proporciona la probabilidad o «riesgo» de que un temporal de una cierta intensidad, H_s sea superado durante la vida previsible de la obra, L. La ecuación que proporciona el «riesgo» es:

$$E_1 = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^L$$

donde T es el periodo medio de retorno del temporal, cuya intensidad es H_s. Ello permite conocer el riesgo de destrucción o de iniciación de averías de un dique conocidos el régimen de temporales, su vida previsible, y la intensidad del temporal de destrucción del dique o de iniciación de averías según el caso.

Con estos datos, es el criterio del ingeniero que proyecta la obra el que debe decidir qué nivel de riesgoa considera admisible teniendo en cuenta:

— Las características tanto físicas como económicas de la estructura.
— La finalidad de la obra
— La importancia de los bienes defendidos o protegidos

La parte segunda del modelo proporciona la probabilidad de que dado un valor de daños, éste no sea superado durante la vida de la obra, y, de forma particular, la probabilidad de que los daños sean nulos. Sin embargo, todo el proceso está apoyado en una distribución típica empírica de daños que no ha sido contrastada con una distribución de daños real. Bajo este aspecto, y hasta un mejor conocimiento de la bondad del ajuste o de una nueva función de distribución, la aplicación de esta segunda parte del método no es viable.

Otro criterio de dimensionamiento es el propuesto por Van de Kreeke y Paape. Según ellos, la altura de ola de cálculo óptima es la que corresponde a una estructura para la cual la inversión efectuada sea mínima. Esta inversión es la suma de los costes de construcción y el valor de las pérdidas económicas debidas a avería o rotura de la estructura teniendo en cuenta no sólo el valor de la propia obra sino también los bienes defendidos por ella. De forma gráfica, las curvas de costes y pérdidas económicas adoptan la forma que se muestra en la figura 3.

La aplicación del estudio económico difiere en la obtención de la curva de pérdidas económicas según se trate de un dique vertical o de un dique en talud. Las diferencias son consecuencia de su diferente comportamiento frente al oleaje.

En el caso de un dique vertical, si éste ha sido dimensionado para una altura de ola significante H_{s_0}, cuando ésta es excedida se produce, o se considera que se produce, la destrucción total de la obra. Las pérdidas económicas deberán incluir el costo de reconstrucción del di-

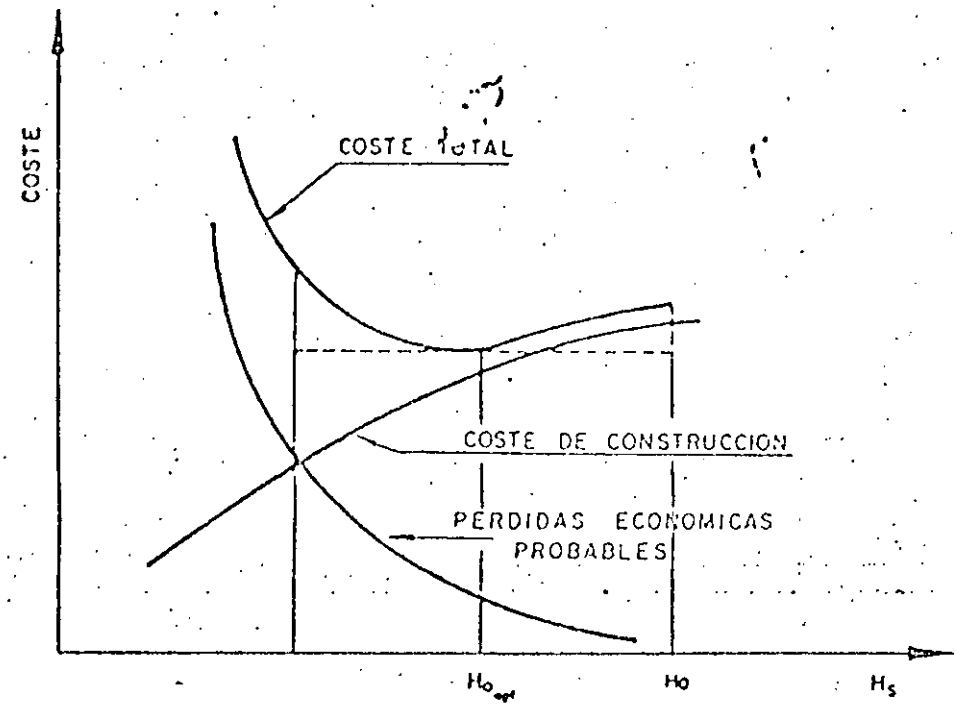


FIG 3.– RELACION COSTES–ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE

que, βP, donde β es un factor de mayoración de costes y las pérdidas en bienes defendidos, B. Este valor puede ser capitalizado aplicándole entonces un factor que depende del interés continuo anual, i, que adopta la forma:

$$\frac{100}{i}\left(1-e^{-\frac{iL}{100}}\right),$$

siendo L la vida probable de la obra. La probabilidad de que se produzca la destrucción del dique puede ser obtenida del régimen de temporales calculando la probabilidad de excedencia anual de H_{s0}. En resumen, la curva de costes totales cuyo mínimo hay que determinar adquiere la siguiente expresión:

$$C(H_s) = P(H_s) + \frac{100}{i}\left(1-e^{-\frac{iL}{100}}\right).$$

$$.Pr(H_s > H_{s0}) \quad \{\beta P(H_s) + B\}$$

Cuando se trata de un dique en talud el proceso es similar a partir del momento de la rotura, pero esta situación viene precedida por una fase de averías parciales que hay que considerar. Cuando se producen solo averías parciales, las pérdidas económicas sólo incluyen los costes de reparación del manto principal del dique, ya que los daños no afectan al resto de la estructura y tampoco a los bienes protegidos. Para el cálculo de estas pérdidas es necesario disponer de las curvas de averías que permiten conocer, dada la presentación de un temporal de una cierta H_s, el porcentaje de daños, d, que registrará la sección. La expresión final del coste total será:

$$C(H_s) = P(H_s) + \frac{100}{i}\left(1-e^{-\frac{iL}{100}}\right).$$

$$\cdot \Sigma \Delta Pr(H_s)\, \Delta W$$

dondo:

$$\Delta Pr(H_s) = Pr(H_{s_i} \leq H_s < H_{s_{i+1}})$$

$$\Delta W = \frac{d_i}{100}\beta P_M$$

para la fase de averías parciales, siendo $[H_{s_i}, H_{s_{i+1}}]$ intervalos de alturas de ola definidos en la zona de averías parciales, d_i el porcentaje de averías medio correspondiente al intervalo y P_M el coste de construcción del manto principal.

Para la fase de rotura del dique:

$$\Delta Pr(H_s) = Pr(H_s > H_{s_i})$$
$$\Delta W = \beta P + B$$

siendo H_{s_i} la altura de ola significante del temporal que produce la rotura de dique.

En el caso de que se considere que el interés del capital sea igual a la tasa de incremento de costes, las expresiones anteriores adoptan la forma.

$$C(H_s) = P(H_s) + L \cdot Pr(H_s > H_{s0}) \{\beta P(H_s) + B\}$$
$$C(H_s) = P(H_s) + L\, \Sigma \Delta Pr(H_s) \cdot \Delta W$$

ANALISIS DE LAS VARIABLES

ESTUDIO ECONOMICO

Los datos de entrada necesarios para realizar el estudio económico de una obra son:

Régimen de temporales. Proporciona la relación entre altura de ola significante representativa de un temporal y su probabilidad de presentación, obtenida mediante el ajuste estadístico a una serie de puntos.

Las estimas obtenidas a partir de la muestra ajustada a los puntos mediante diversos métodos pueden dar resultados ampliamente variables lo cual implica una variación igualmente amplia en la obtención de la solución óptima. Es, por lo tanto, muy importante conocer de antemano cual es el tipo de distribución que debe emplearse.

Altura de ola de dimensionamiento para fórmulas de estabilidad. Existe una gran disparidad de criterios en cuanto a qué altura de ola característica debe tomarse para el cálculo. Las más usadas son las siguientes:

$H_{1/3} = H_s$
$H_{1/10} = 1{,}271\ H_s$
$H_{1/20} = 1{,}403\ H_s$
$H_{1/100} = 1{,}666\ H_s$
$H_{0.01} = 1{,}513\ H_s$
$H_{máx.N_1} = 1{,}60\ H_s$
$H_{máx.N_2} = 1{,}90\ H_s$
$H_{máx.N_3} = 2{,}00\ H_s$

tomándose frecuentemente los valores de $H_{máx.N}$ para el cálculo de diques verticales y valores menores para el caso de diques en talud.

Para cualquiera de ellas, conociendo su relación con H_s, se puede modificar el régimen de temporales para adecuarlo a esta altura de ola característica.

El problema de elección de la más apropiada para el calculo es complicado, y mas aún, teniendo en cuenta que los esfuerzos producidos sobre diques verticales son funcion del cuadrado de la altura de ola en el término más significante y para los diques en talud, del cubo de la misma. Este problema desaparece automáticamente mediante ensayos en canal de oleaje irregular ya que en él se reproducen uans condiciones de oleaje muy similares a las relaes siendo suficiente el valor de H_s para definir el oleaje.

Coste de construcción. Para realizar el estudio económico es conveniente definir a lo largo del dique tramos de características similares a los que se pueda asignar la misma sección. Para cada tramo se realizará su estudio económico. Es recomendable obtener los costes de construcción directamente de la sección dimensionada en lugar de emplear una fórmula función de la altura de ola de cálculo que, aunque pueda ser un procedimiento muy rápico, puede conducir a errores que afectarían el resultado del estudio económico.

Evaluación de la curva de averías (diques en talud). Como se indicó anteriormente, la curva de averías interviene en el estudio económico y por lo tanto debe ser determinada con la mayor exactitud. Uno de los errores más frecuentes que se cometen es no considerar, cuando se manejan curvas de averías teóricas, el criterio seguido en la determinación de los porcentajes de daños. Así, por ejemplo, en la curva de averías proporcionada por Iribarren, los porcentajes están referidos al «manto activo» cuya longitud es seis veces la arista del cubo de volumen equivalente al del elemento tipo del manto principal y su espesor es de una sola capa. Otro de los factores que pueden inducir a error es la dispersion normal que ofrecen las curvas de averías. Es conveniente repetir los ensayos varias veces en las mismas condiciones para adoptar para el estudio economico el valor medio de las curvas.
tar para el estudio economico el valor medio de las curvas.

Evaluación de las perdidas en bienes defendidos. El peso en el resultado final de las perdidas debidas a daños en los bienes defendidos es tan grande que exige un delicado estudio. En la evaluación se deben considerar:

a) Pérdidas directas en bienes defendidos en el puerto (muelles, equipo terrestre, buques resguardados, etc.)

b) Pérdidas indirectas como consecuencia menos inmediata de la rotura del dique. En este punto se incluyen no solo la perdida de ingresos por las diferentes tarifas portuarias durante la reconstrucción del dique sino también y una vez finalizadas las obras la debida a la desviación de tráfico a otros puertos que guarda una cierta inercia y los perjuicios causados a industrias afines del puerto y que de alguna manera dependan de el para su normal funcionamiento.

Vida previsible de la obra. Así como el coste de construccion (P) y las pérdidas en bienes defendidos (B) son datos, exclusivamente, del estudio economico, el régimen de temporales (para la altura de ola característica adecuada) y la vida previsible de la obra son también datos para la determinación del riesgo.

Realizado ya el estudio económico y determinadas las condiciones de cálculo óptimas, tal como veremos en las conclusiones, es conveniente calcular el

riesgo de destrucción o de iniciación de averías que implica aquella elección. Si éste es aceptable, se toman como definitivas. Si no es así, se determinan fijando el nivel de riesgo admisible. Si, para el estudio económico, la determinación de P y/o B no ha sido correcta, el error no tendrá influencia en el cálculo del riesgo correspondiente y por tanto, en cierta medida, podrá ser detectado. No ocurre lo mismo con el régimen de temporales y la vida previsible de la obra, ya que al ser comunes a ambos análisis, no tienen posibilidad de contraste.

Por ello, y por la influencia que tiene en el resultado final, la evaluación de la vida previsible de la obra requiere un cuidadoso análisis a través del estudio del papel futuro que desarrollará la obra proyectada en la vida del puerto.

APLICACION DEL CRITERIO DE RIESGO

Los datos necesarios para la obtención de la altura de ola de cálculo son:

— Régimen de temporales.

— Vida previsible de la obra.

— Nivel de riesgo admisible.

Para los dos primeros son válidos los comentarios realizados en la parte correspondiente del estudio económico.

Nivel de riesgo admisible

En su elección, como ya se indicó anteriormente, hay que tener en cuenta:

— Las características de la estructura (rígida, semirrígida o deformable).

— La finalidad de la obra.

— La importancia de los bienes defendidos.

Una estructura deformable admite la posibilidad de averías parciales cuando la altura de ola de cálculo es superada hasta un cierto límite. No ocurre así cuando se trata de obras rígidas, es decir, obras para las cuales la excedencia de la altura de ola de cálculo implica su destrucción total. (El hecho de un desplazamiento admisible tal como se apunta en la exposición del estudio económico de Kreeke y Paape no se considera como avería, puesto que no es susceptible de reparación.) Según esto, es evidente, que en igualdad de condiciones, el nivel de riesgo que se podría admitir para una u otra es diferente; se puede admitir un riesgo más alto para diques de escollera que para diques verticales.

El nivel de riesgo admisible debe ser también reflejo de la importancia de la obra en cuanto al fin para la cual ha sido proyectado. Cabe hacerse la pregunta ¿qué sucedería si dejase de cumplir su función durante un tiempo? La respuesta a esta pregunta no da una idea de los perjuicios que puede causar. No debe tratarse del mismo modo una obra de protección de un puerto del cual depende el funcionamiento de un área industrial que una obra cuya finalidad sea la estabilidad de una playa, por ejemplo.

De igual forma debe ser considerada la importancia de los bienes defendidos, e incluso, en muchos casos admiten una valoración conjunta con el párrafo anterior. El resultado de esta valoración es el que condiciona en mayor medida el nivel de riesgo considerado como admisible.

Recordaremos que para el caso de diques verticales, el riesgo admitido es de rotura, y para el caso de diques en talud, es de iniciación de averías.

COMPARACION DE AMBOS METODOS DE DIMENSIONAMIENTO

Para la comparación de ambos métodos se han realizado unos ejemplos de dimensionamiento de diques verticales y diques en talud. Para clarificar la influencia de las diversas variables que intervienen en el estudio, se realizó éste bajo diferentes hipótesis de vida previsible y bienes defendidos. En el ejemplo de diques verticales se varió ligeramente el régimen de temporales para mostrar la sensibilidad de la solución ante esta variación, y en el ejemplo de diques en talud, la forma de evaluar el coste de construcción del dique.

Hay que señalar que en los ejemplos realizados en la publicación se ha considerado como única variable definitoria de la intensidad de los temporales la altura de ola significante, sin tener en cuenta otras variables ya especificadas anteriormente. En este artículo sólo se recogen las curvas y los cuadros correspondientes a los resultados finales.

El esquema que se ha seguido en ambos ejemplos es el mismo. Primeramente se realiza el estudio económico obteniéndose las curvas de costes de construcción, de pérdidas económicas probables y de costes totales como suma de las anteriores. Determinados los costes mínimos, y por lo tanto la altura de ola significante óptima para el cálculo, se calcula el riesgo que implica tal elección. A continuación se realiza el análisis de riesgo donde se determina la altura de ola significante para el cálculo a través de la adopción de unos niveles de riesgo admisibles. Finalmente, se comparan los resultados obtenidos en uno y otro caso.

Diques verticales

El ejemplo se realizó con dos valores de la vida previsible de la obra: L = 50 años y L = 20

DETERMINACION DE LA ALTURA DE OLA DE CALCULO

años, y con dos valores de bienes defendidos: B = 0 y B = 2.10⁶ pts. En el analisis de riesgo, queda también recogida la diferente importancia de la obra, reflejada en B, al adoptarse dos niveles de riesgo distintos: 10% que corresponderia a B = 0 y 2,5% que corresponderia a B = 2 × 10⁶ pts. Para determinar la sensibilidad de la solucion ante el regimen de temporales se realizaron los calculos para dos regimenes de temporales proximos entre si.

ESTUDIO ECONOMICO

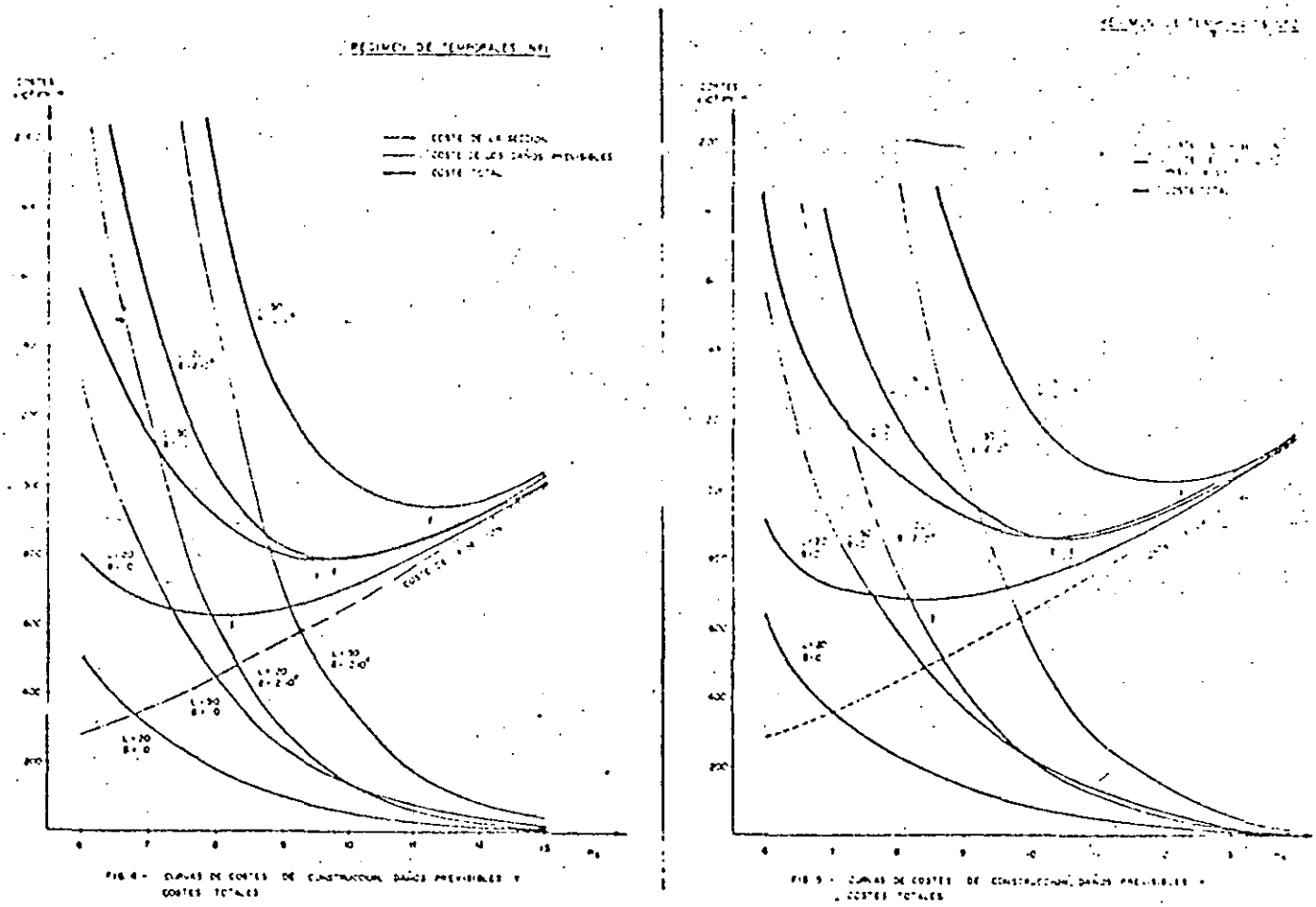


FIG 4 - CURVAS DE COSTES DE CONSTRUCCION, DAÑOS PREVISIBLES Y COSTES TOTALES

FIG 5 - CURVAS DE COSTES DE CONSTRUCCION, DAÑOS PREVISIBLES Y COSTES TOTALES

RIESGOS DE ROTURA QUE IMPLICA LA ELECCION DE LA ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE OBTENIDA DEL ESTUDIO ECONOMICO

Régimen de temporales n.° 1

L años	B ptas ml	H_{s} metros	T años	RIESGO %
50	2·10⁶	11,25	1 250	3,92
50	0	9,50	294	15,66
20	2·10⁶	9,75	400	4,88
20	0	8,20	111	16,56

Régimen de temporales n.° 2

L años	B ptas ml	H_{s} metros	T años	RIESGO %
50	2·10⁶	12,25	1 538	3,20
50	0	10,30	370	12,66
20	2·10⁶	10,60	424	4,31
20	0	8,50	105	17,42

ANALISIS DE RIESGO

				REGIMEN DE TEMPORALES	
				n.° 1	n.° 2
L años	B ptas ml	RIESGO DE ROTURA %	T años	H_{s} metros	H_{s} metros
50	$2 \cdot 10^{6}$	2,5	1975	11,90	12,60
50	0	10,0	475	10,10	10,60
20	$2 \cdot 10^{6}$	2,5	790	10,80	11,50
20	0	10,0	190	8,80	9,30

COMPARACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO ECONOMICO Y DEL ANALISIS DE RIESGO

Régimen de temporales n.° 1

L	B	ESTUDIO ECONOMICO		ANALISIS DE RIESGO	
años	ptas ml	H_{s}(m)	Riesgo(%)	H_{s}(m)	Riesgo(%)
50	$2 \cdot 10^{6}$	11,25	3,92	11,90	2,5
50	0	9,50	15,66	10,10	10,0
20	$2 \cdot 10^{6}$	9,75	4,88	10,80	2,5
20	0	8,20	16,56	8,80	10,0

Régimen de temporales n.° 2

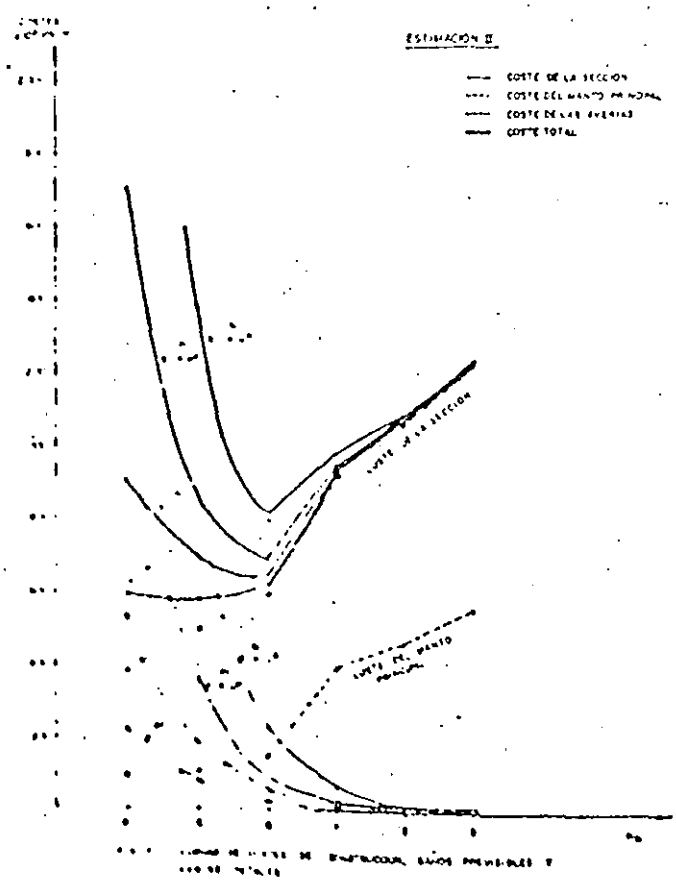
L	B	ESTUDIO ECONOMICO		ANALISIS DE RIESGO	
años	ptas ml	H_{s}(m)	Riesgo(%)	H_{s}(m)	Riesgo(%)
50	$2 \cdot 10^{6}$	12,25	3,20	12,60	2,5
50	0	10,30	12,66	10,60	10,0
20	$2 \cdot 10^{6}$	10,60	4,31	11,50	2,5
20	0	8,50	17,42	9,30	10,0

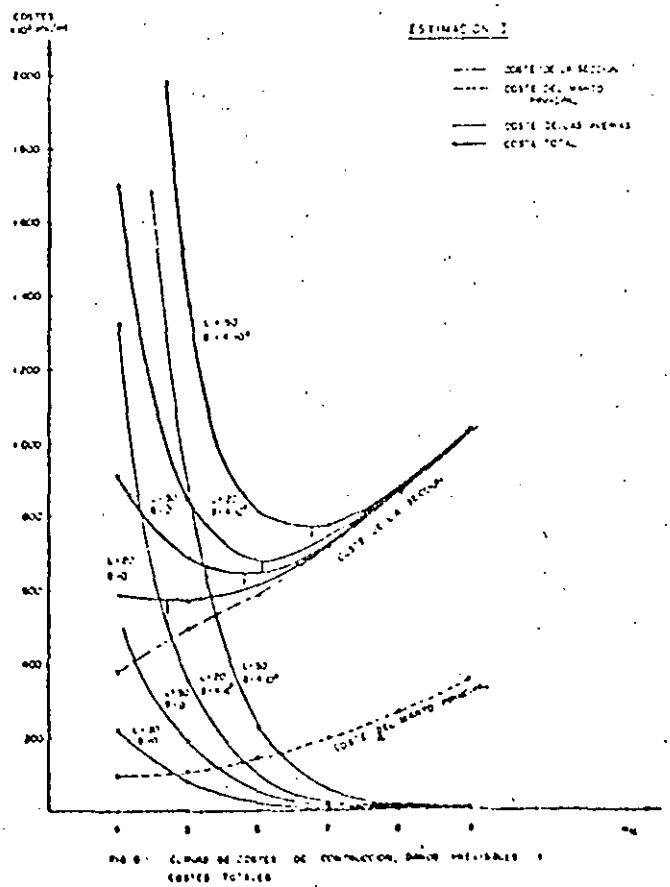
DETERMINACION DE LA ALTURA DE OLA DE CALCULO

Dique de escollera

Las variaciones de las hipótesis de partida son L = 50 años y L = 20 años y B = 0 y B = 4·10⁶ pesetas. En relación con estos valores de los bienes defendidos se adopto para el analisis de riesgo unos niveles de 15% y 30% respectivamente. El ejemplo se realizó para dos formas de evaluación de costes de construcción: «estimacion I» basada en una formula de calculos de costes y «estimacion II» donde se calculaban los costes directamente de la seccion dimensionada.

ESTUDIO ECONOMICO





RIESGO DE INICIACION DE AVERIAS QUE IMPLICA LA ELECCION DE LA ALTURA DE OLA SIGNIFICANTE OBTENIDA DEL ESTUDIO ECONOMICO

L	B	ESTIMACION I			ESTIMACION II		
años	pts ml.	H_{s1}(m)	T (años)	Riesgo(%)	H_{s1}(m)	T (años)	Riesgo(%)
50	$4 \cdot 10^4$	6,76	114	35,66	6,00	58	58,15
50	0	5,80	48	64,73	5,80	48	64,73
20	$4 \cdot 10^4$	6,05	61	28,34	6,00	58	29,42
20	0	4,70	18	67,27	4,70	18	67,27

ANALISIS DE RIESGO

L años	B pts ml.	RIESGO %	T años	H_{s1} m
50	$4 \cdot 10^4$	15	308	7,87
50	0	30	141	7,00
20	$4 \cdot 10^4$	15	123	6,85
20	0	30	57	5,97

COMPARACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO ECONOMICO Y DEL ANALISIS DE RIESGO

L	B	ESTUDIO ECONOMICO				ANALISIS DE RIESGO	
		ESTIMACION I		ESTIMACION II			
años	pts ml.	H_{s1}(m)	Riesgo(%)	H_{s1}(m)	Riesgo(%)	H_{s1}(m)	Riesgo(%)
50	$4 \cdot 10^4$	6,76	35,66	6,00	58,15	7,87	15
50	0	5,80	64,73	5,80	64,73	7,00	30
20	$4 \cdot 10^4$	6,05	28,34	6,00	29,42	6,85	15
20	0	4,70	67,27	4,70	67,27	5,97	30

COMENTARIOS GENERALES

Como consecuencia de los ejemplos expuestos se pueden hacer una serie de observaciones.

La aplicación correcta del estudio económico no es sencilla. En él intervienen una gran cantidad de variables que tomando valores diferentes dentro de la realidad modifican sensiblemente la altura de ola significante de cálculo, y por lo tanto la sección definitiva. Otro factor expuesto anteriormente, no reflejado en los ejemplos, es el interés que se podía aplicar al capital. En los ejemplos se ha considerado que este igualaba la tasa de alza de costes, pero si aplicamos el estudio económico, tal como viene reflejado en multitud de publicaciones, donde únicamente se considera el interés aplicado al capital, los valores mínimos de costes totales, y por lo tanto, los niveles de cálculo se desplazan hacia la izquierda de los gráficos con lo cual se abaratan los costes de construcción pero aumentan los riesgos.

En definitiva, el método permite, manejando las variables de forma siempre razonable, a través del estudio económico, llegar a justificar cualquier solución dentro de unos límites más o menos amplios.

En el caso de que dos proyectistas realicen el mismo proyecto, es muy probable que empleando ambos el estudio económico alcancen resultados bastante diferentes, resultados que por otro lado estarían respaldados por consideraciones siempre justificables.

Un criterio que proporciona más transparencia a la justificación de la solución adoptada es el análisis de riesgo. En él, una vez definida la vida probable de la obra, todas aquellas consideraciones están refundidas en una: el nivel de riesgo que se considera admisible para la obra. Por ello, es siempre conveniente después de realizar el estudio económico calcular cual es el riesgo que implica la solución óptima obtenida, porque no hay que olvidar que la destrucción de la obra proyectada, hecho probable si el riesgo es alto, la convierte en la menos económica de todas, puesto que el coste final llegará a ser tres o cuatro veces el coste inicial de construcción.

DETERMINACION DE LA ALTURA DE OLA DE CALCULO

Aún suponiendo que los datos de partida sean absolutamente ciertos, ¿por qué razon el estudio economico *no* proporciona la mejor solución? La respuesta está en el hecho de que el estudio económico es válido cuando se aplica a la construcción de un número elevado de obras de las mismas caracteristicas, como, por ejemplo, podria ser una fábrica de viguetas y se intentase dimensionar la vigueta más económica (independientemente de las normas oficiales de seguridad). Aplicando el estudio económico, de todas las viguetas fabricadas de acuerdo con la más económica, algunas se romperian, pero las perdidas ocasionadas por su rotura estarian compensadas por el ahorro de material en las viguetas que no han roto, siendo la suma total de costes minima de acuerdo con el estudio economico. Esto es cierto en este caso porque tenemos una muestra suficientemente amplia para que se pueda asegurar que las leyes estadisticas que se han manejado en el estudio economico se van a cumplir.

Trasladando estos razonamientos al campo de las obras maritimas, el estudio economico podria ser plenamente valido si dimensionáramos conjuntamente un número N (suficientemente grande) de diques en las mismas condiciones. Del estudio económico obtendremos las alturas de ola de cálculo correspondientes a los diques más económicos, a las cuales corresponderá un riesgo determinado de averias. A lo largo de la vida previsible de las obras, es probable que algun dique sufra averias o incluso en algun caso es posible que se produzca la rotura. De acuerdo con el estudio económico, la suma de costes de construcción mas los derivados de la reparación y reconstrucciones será menor que en el caso de que se haya realipre en el supuesto de que las bases de partida sean ciertas). Ello significa que el ahorro conseguido en la construcción de las secciones compensa sobradamente las inversiones que haya que realizar en las reparaciones o reconstrucciones, o, en otras palabras, la cantidad ahorrada en unos puertos servirá para financiar las averias registradas en otros. Entonces en el conjunto de diques dimensionados, de acuerdo con el estudio económico, podemos establecer dos grupos: el correspondiente a los diques que serán averiados o destruidos, y el grupo de los diques que no sufrirán averias y que indirectamente financiarán los costes de reparación de los del primer grupo.

En la práctica real, el estudio se aplica exclusivamente para dimensionar las obras de abrigo de un puerto, aunque el estudio económico se desarrolla exactamente igual que si se aplicara a un número N de diques. Si las obras que hoy proyectamos, finalizada posteriormente su vida previsible, se encuadran dentro del segundo grupo, habrian sido las mas economicas, e incluso más de lo esperado del estudio economico, puesto que no contribuiran a la reparacion de averias en otros diques. Sin embargo, si el dique pertenece al primer grupo, no contaremos, producido el desastre, con el ahorro teorico de los pertenecientes al segundo, con lo cual el dique será el menos económico de todos. En resumen, el resultado del estudio económico nos deja en una situacion de desconocimiento de que es lo que le puede ocurrir a lo largo de su vida previsible.

Este razonamiento al que se ha llegado viene avalado por la tesis doctoral de E. Copeiro, que abarcando un problema más general sobre «analisis extremal sobre variables meteorologicas», llega por caminos distintos e independientemente a

Llegado este momento, la utilidad del analisis de riesgo es clara: de él obtenemos la probabilidad o riesgo de que durante la vida de la obra esta pueda sufrir averias o ser destruida, es decir, la probabilidad de que se encuadre en el primer grupo o en el segundo. Si el riesgo de averia o destruccion es grande acudiremos a una solucion mas conservadora que la teoricamente más economica. De acuerdo con esto, podriamos llegar al mismo punto adoptando previamente unos niveles de riesgo admisibles y dimensionar para ellos nuestra seccion. El concepto de riesgo es mas claro que el obtenido del estudio económico, aunque mucho más problemático en el momento de tomar decisiones especialmente en este campo donde no existen directrices orientadoras.

De acuerdo con lo expuesto, la conclusion final es la siguiente: el estudio economico de una sección es útil para proporcionar un orden de magnitud del nivel al cual debera ser dimensionada, pero consideramos que es siempre necesario apoyarse en el analisis de riesgo para definir la solucion definitiva, solucion a la cual se puede llegar directamente mediante este último criterio.

BIBLIOGRAFIA

— A.I.P.C.N. Rapport: Fiabilité de la Commission Internationale pour l'Etude des Effets des Lames. Anejo al Boletin numero 25 (Vol III 1976).

— BORGMAN, Leon: Risk Criteria. A.S.C.E., 1963 WW3.

— IRIBARNEN, Ramon: Formula para el cálculo de los diques de escolleras naturales o artificiales. XXI. C.I.N. Estocolmo, 1965.

— LE MEHAUTE, Bernard: Simulation in Coastal Engineering. A.S.C.E., 1976 WW3.

— VAN DE KREEKE, J. y PAAPE, A.: On Optimum Breakwater Design. Coastal Engineering, 1964 Cap. 34.

— SHORE PROTECTION MANUAL. C.E.R.C. 1973.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

DIMENSIONAMIENTO PORTUARIO Y OBRAS EXTERIORES

ING. JULIO PINDTER VEGA

SEPTIEMBRE, 1984

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

D I V I S I O N D E E D U C A C I O N C O N T I N U A

U N A M

C U R S O : "PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS"

T E M A : DIMENSIONAMIENTO PORTUARIO Y OBRAS EXTERIORES.

ANEXO 1 : DIMENSIONES Y CLASIFICACION DE CONTENEDORES.

EXPOSITOR : ING. JULIO PINDTER VEGA

Septiembre 30, 1983.

TIPOS Y DIMENSIONES DE CONTENEDORES.

DEFINICION.

DE ACUERDO A LAS NORMAS INTERNACIONALES DE 150 (INTERNATIONAL STANDARITATION ORGANITATION) SE DEFINE COMO CONTENEDOR A UN - ELEMENTO DEL EQUIPO DE TRANSPORTE, QUE CUMPLE CON LAS SIGUIENTES DISPOSICIONES:

a). DE CARACTER PERMANENTE Y POR TANTO SUFICIENTEMENTE RESISTENTE PARA PERMITIR SU USO REPETIDO.

b). ESPECIALMENTE IDEADO PARA FACILITAR EL TRANSPORTE DE MERCANCIAS POR UNO O VARIOS MODOS DE TRANSPORTE, SIN MANIPULACION INTERMEDIA DE LA CARGA.

c). PROVISTO DE DISPOSITIVOS QUE PERMITAN SU FACIL MANEJO Y, - EN PARTICULAR SU TRANSBORDO DE UN MODO DE TRANSBORDO A -- OTRO.

d). DISEÑADO DE MANERA QUE SEA FACIL DE LLENAR Y VACIAR.

e). DE UN VOLUMEN INTERIOR DE UN METRO CUBICO (35.3 pies cubicos), POR LO MENOS.

CARACTERISTICAS:

SI BIEN LOS CONTENEDORES DEBEN SER DE CONSTRUCCION RIGIDA, - ALGUNOS SON PLEGABLES, O PUEDEN SER DESMONTABLES Y POSTERIOR

MENTE SER ARMADOS NUEVAMENTE. PUEDEN SER DE ACERO, ALUMINIO, MADERA CONTRACHAPADA O FIBRA DE VIDRIO, O DE UNA COMBINACION DE ESTOS MATERIALES. EL CONTENEDOR PUEDE TENER UNA PUERTA EN UN EXTREMO O EN UNA PARED LATERAL O ESTAR DECUBIERTO EN SU - PARTE SUPERIOR PARA SER CARGADO Y/O DESCARGADO. LOS PRINCIPALES TIPOS DE CONTENEDORES QUE SE EMPLEAN ACTUALMENTE SON LOS DE 20 PIES, CON UN PESO BRUTO DE 20 TONS. Y LOS DE 40 PIES,- CON UN PESO BRUTO MAXIMO DE 40 TONS. DEBIDO A SU ESTANQUEI-- DAD, LOS CONTENEDORES PROTEJEN LA CARGA DE LA INTEMPERIE.

CLASIFICACION:

DE ACUERDO A LAS NORMAS 150, LOS CONTENEDORES DE LA SERIA 1 PARA CARGA GENERAL, SE MUESTRAN EN LAS SIGUIENTES TABLAS.

CLASIFICACION Y DIMENSIONES GENERALES.

LA SERIE 1 DE CONTENEDORES, TIENE UN ANCHO DE, 2438 mm.(8 - PIES). LA LONGITUD SE MUESTRA EN LA SIGUIENTE TABLA.

CLASIFICACION	ALTURA	LARGO	
		m.	ft.
1 AA	8' 6"	12	40
1 A	8'		
1 AX	8'.- X VARIA DE 0 A 8'		
1 BB	8' 6"	9	30
1 B	8'		
1 BX	8'.- X VARIA DE 0 A 8'		
1 CC	8' 6"	6	20
1 C	8'		
1 CX	8'.- X VARIA DE 0 A 8'		
1 D	8'	3	10
1 DX	8'.- X VARIA DE 0 A 8'		

DIMENSIONES EXTERNAS Y PESO MAXIMO PERMISIBLE.

CLASIFICACION	LARGO mm.	LARGO pies	LARGO pul.	ANCHO mm.	ANCHO pies	ALTURA mm.	ALTURA pies	ALTURA pul.	PESO BRUTO MAXIMO PERMISIBLE kg.	PESO BRUTO MAXIMO PERMISIBLE lb.
1 AA	12192	40		2438	8	2591	8	6	30480	67200
1 A	12192	40		2438	8	2438	8		30480	67200
1 AX	12192	40		2438	8	2438	8		30480	67200
1 BB	9125	29	11 1/4	2438	8	2591	8		25400	56000
1 B	9125	29	11 1/4	2438	8	2438	8		25400	56000
1 BX	9125	29	11 1/4	2438	8	2438	8		25400	56000
1 CC	6058	19	10 1/2	2438	8	2591	8	6	20320	44800
1 C	6058	19	10 1/2	2438	8	2438			20320	44800
1 CX	6058	19	10 1/2	2438	8	2438	8		20320	44800
1 D	2991	9	9 3/4	2438	8	2438	8		10160	22400
1 DX	2991	9	9 3/4	2438	8	2438	8		10160	22400

DIMENSIONES INTERNAS.

Altura mínima	(1A,1B y 1C)	2197 mm.	68 1/2	pul
	(1AA, 1BB y 1CC)	2350 mm.	92 1/2	"
Altura mínima de la puerta	(1A, 1B y 1C)	2134 mm.	84	"
	(1AA, 1BB y 1CC)	2261 mm.	89	"
Ancho mínimo		2330 mm.	91 3/4	"
Ancho mínimo de la puerta		2286 mm.	90	"

* La altura mínima no incluye a los contenedores refrigerados, los cuales tienen generalmente menor ó igual a 2077 mm. (81 3/4")

** El ancho mínimo para contenedores refrigerados es 2200 mm.(86 5/8")

LOS CONTENEDORES ESTAN DISEÑADOS PARA SER APILADOS HASTA -- SEIS ALTURAS EN PATIOS DE ALMACENAMIENTO (EN LA PRACTICA -- CINCO ALTURAS, DEPENDIENDO DE LA VELOCIDAD DE LOS VIENTOS - DOMINANTES Y REINANTES). A BORDO DE LAS EMBARCACIONES,LA ALTURA DE ESTIBA EN BODEGA ES DE HASTA NUEVA CONTENEDORES Y - SOBRE CUBIERTA Y TAPA ESCOTILLAS DEL 25 AL 35% DE LA ESTIBA EN BODEGA, O SEA DE TRES A CUATRO CONTENEDORES,NORMALMENTE VACIOS.

CONTENEDORES FUERA DE LAS NORMAS 150:

LOS CONTENEDORES DE 20' ESTAN DISEÑADOS PARA OPERAR CON CARGA BRUTA DE 20,320 KG., SIN EMBARGO EN ALGUNAS RUTAS SE MANEJAN DE 24,000 KG.

LOS CONTENEDORES-TANQUE GENERALMENTE ESTAN DISEÑADOS PARA - 24,000 KG., DE PESO BRUTO, PERO EXISTEN DE 25,000 KG.. EN - LAS RUTAS MARITIMAS DE AMERICA DEL NORTE SE UTILIZAN CONTENEDORES DE 40' X 8' X 6" (2900 mm.). LOS CUALES NO SON UTILIZADOS EN PAISES CON LIMITACIONES DE DESCARGA POR EJE Y GALIBO DE PUENTES.

CONTENEDORES SEALAND (35 PIES DE LARGO)

EN ESTE TIPO DE CONTENEDORES LOS PUNTOS DE IZAJE DE LAS ESQUINAS ES DIFERENTE A LOS CONTENEDORES-150, POR LO QUE HAY QUE PREVER ESTO EN EL DISEÑO DEL BASTIDOR DE IZAJE DE LOS - CONTENEDORES. SEA-LAND INTRODUJO UN NUEVO CONTENEDOR DE 40' CON DOBLE SISTEMA DE IZAJE.

CONTENEDOR DE 45 PIES DE LARGO.

EN LAS RUTAS ENTRE FILIPINAS, JAPON Y EE.UU. SE INICIO LA - UTILIZACION DE ESTE TIPO DE CONTENEDORES, POR LO QUE SE TENDRA QUE ESTUDIAR SU POSIBLE UTILIZACION EN UN FUTURO EN --- NUESTRO PAIS.

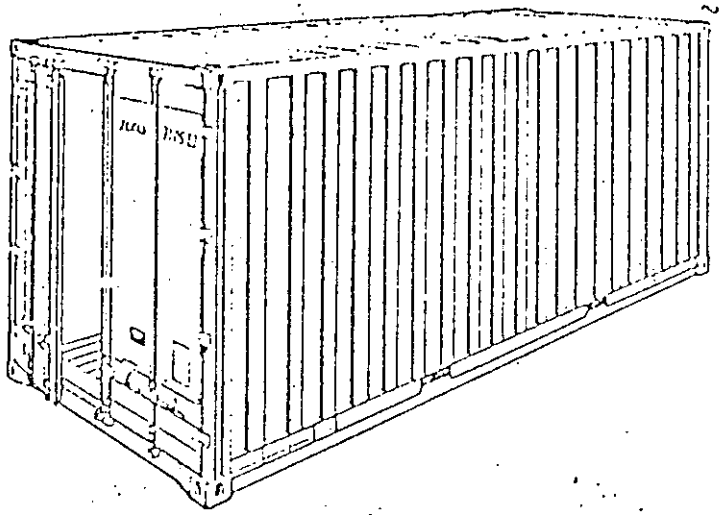
TIPOS DE CONTENEDORES 150.

1.- CONTENEDORES DE CARGA GENERAL.

COMPRENDE LOS CONTENEDORES CERRADOS CON PUERTAS EN UN EXTREMO Y EN LAS PAREDES LATERALES; LOS DE TECHO ABIERTO; LOS DE PAREDES LATERALES ABIERTAS; LOS DE PAREDES Y TECHO ABIERTO, PLATAFORMAS, MEDIA ALTURA Y LOS VENTILADOS (NO ISOTERMOS).

20'x8'x8' Dry Cargo

CARGA SECA

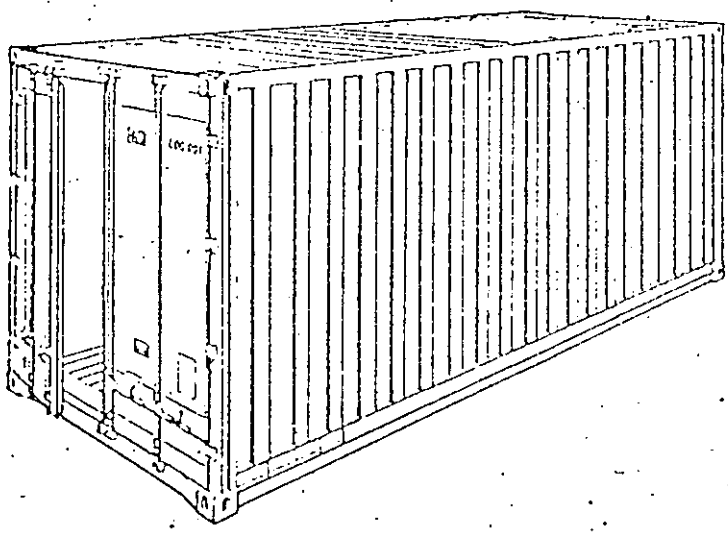


Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
JLCU containers approved by Germanische Lloyd and/or American Bureau of Shipping.
BSLU/EACU containers approved by Lloyds Register of Shipping.
Certified for inland transport under customs seal.

Fittings:
- fork pockets
- fumigation point

20'x8'x8'6" Dry Cargo

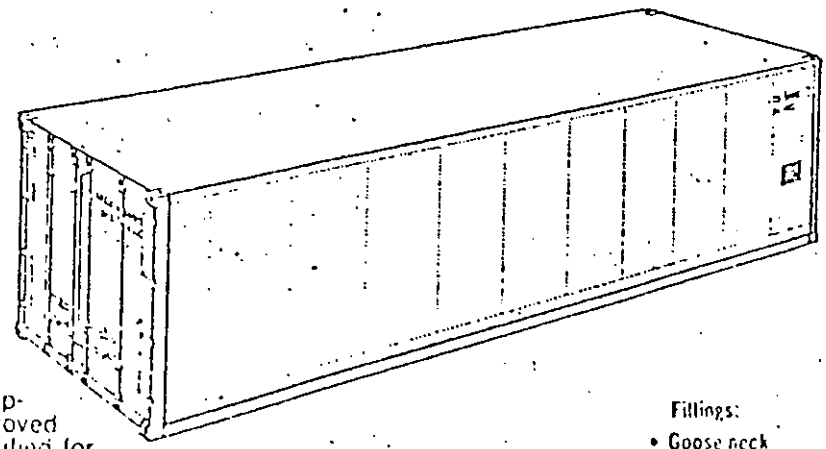
CARGA SECA



Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
Approved by Lloyds Register of Shipping.
Certified for inland transport under customs seal.

40'x8'x8'6" Dry Cargo

CARGA SECA

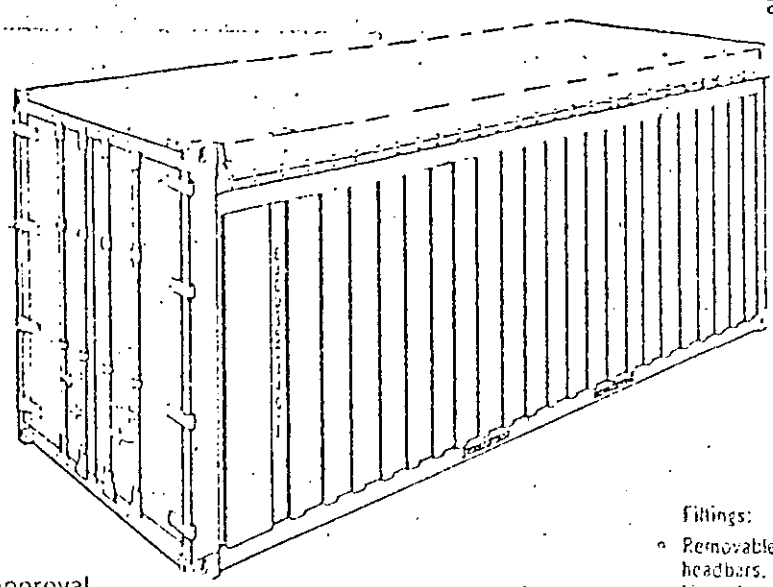


Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards. JLCU containers approved by Germanische Lloyd and/or American Bureau of Shipping. BSLU/EACU containers approved by Lloyds Register of Shipping. Certified for inland transport under TIR approval.

Fittings:
- Goose neck
- Fumigation point

20'x8'x8' OpenTop

SIN TECHO

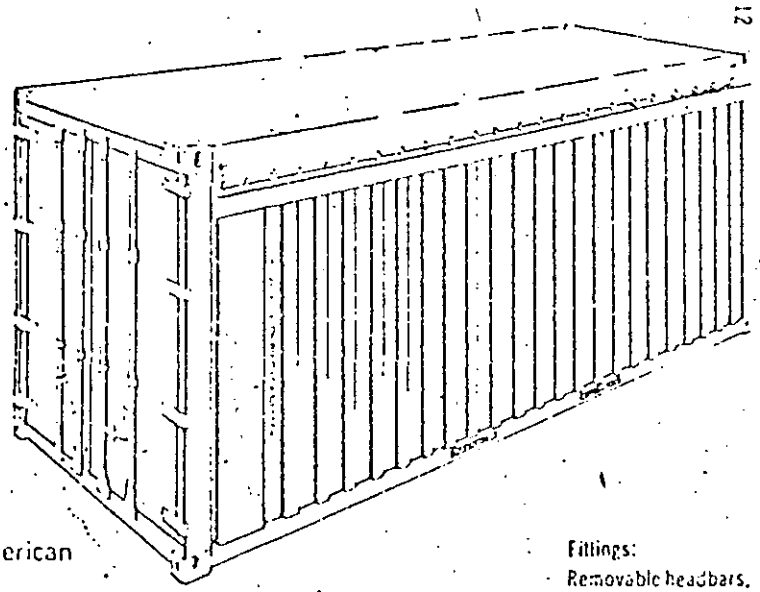


Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
Approved by Lloyds Register of Shipping.
Certified for inland transport under TIR approval.

Fittings:
- Removable headbars.
- tarpaulins

20'x8'x8'6" OpenTop

SIN TECHO

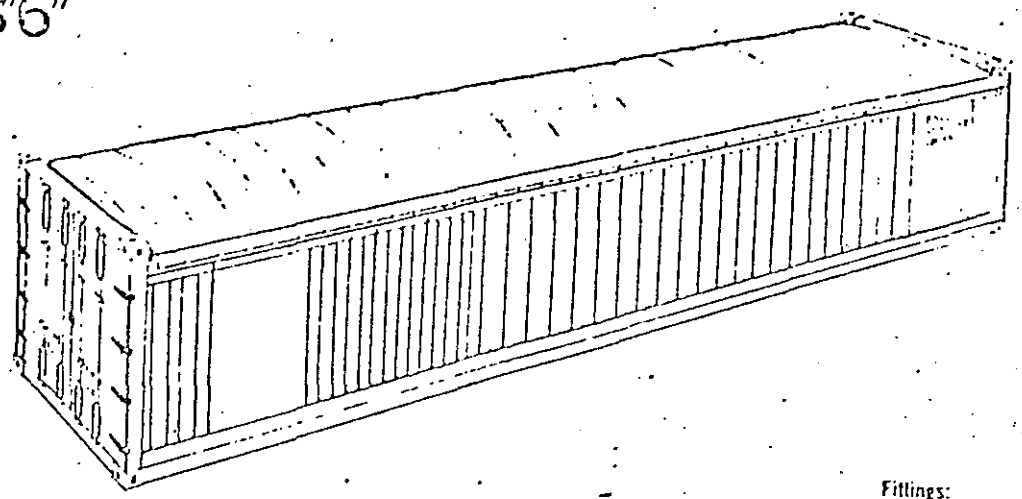


Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
Approved by Germanische Lloyd and/or American Bureau of Shipping.
Certified for inland transport under TIR approval.

Fittings:
- Removable headbars, tarpaulins

40'×8'×8'6"
OpenTop

SIN TECHO

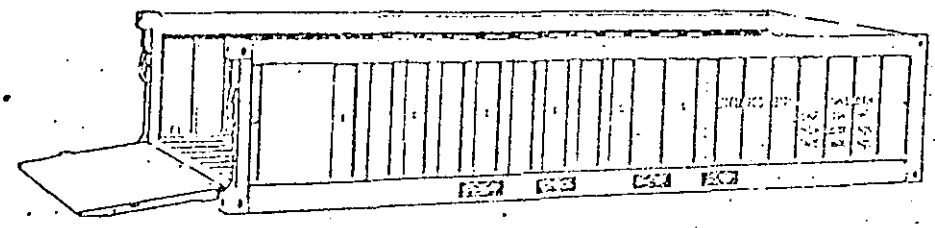


Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
Approved by Lloyds Register of Shipping.
Certified for inland transport under TIR approval.

Fittings:
Removable headbars, tarpaulins and lift out bows

20'x8'x4'
Bin

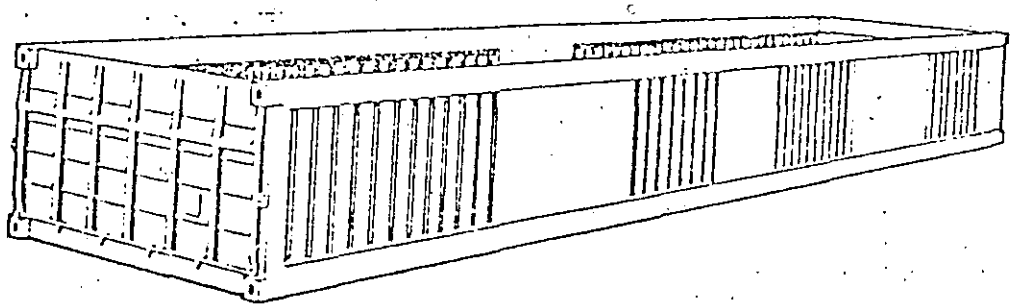
MEDIO CONTENEDOR



Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
JLCU containers approved by Germanische Lloyd and/or American Bureau of Shipping.
BSLU and EACU containers approved by Lloyds Register of Shipping.
Not certified for inland transport under TIR approval.

40'x8'x4'
Bin

MEDIO CONTENEDOR

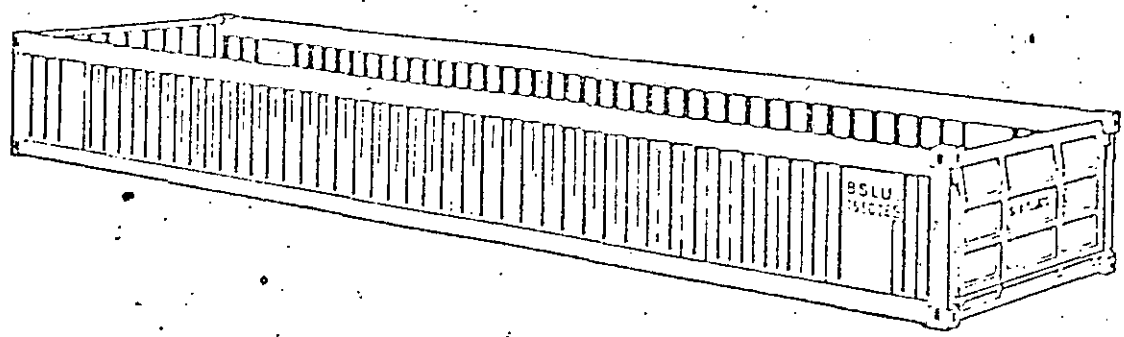


Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
Approved by Germanische Lloyd and/or American Bureau of Shipping.
Not certified for inland transport under TIR approval.

40'x8'x4'3"
Bin

MEDIO

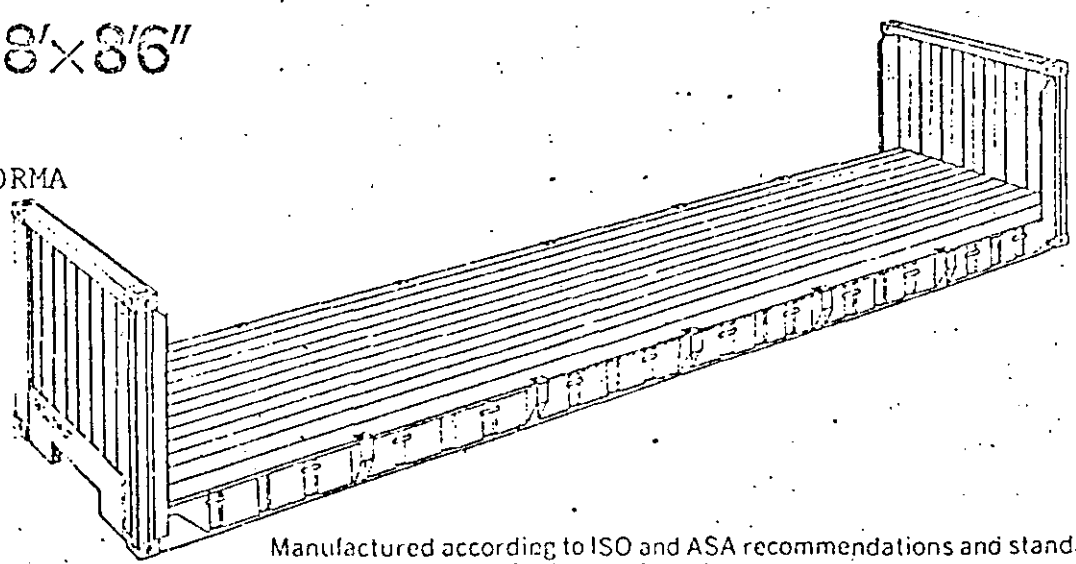
CONTENEDOR



Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
Approved by Lloyds Register of Shipping.
Not certified for inland transport under TIR approval.

40'x8'x8'6"
Flats

PLATAFORMA



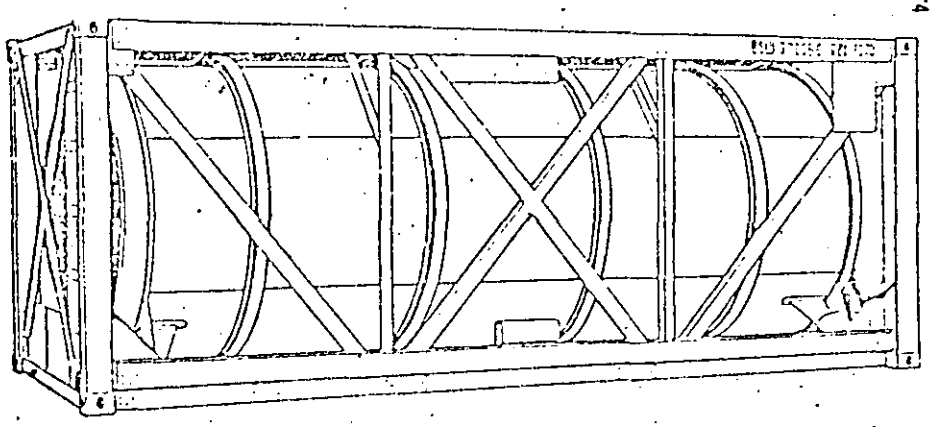
Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
Approved by Lloyds Register of Shipping.
Not certified for inland transport under TIR approval.

2.- CONTENEDORES CISTERNA .- PARA EL TRANSPORTE DE LIQUIDOS A GRANEL Y DE GAS COMPRIMIDO.

3.- CONTENEDORES TANQUE .- PARA CARGA SECA A GRANEL, DE DESCARGA A GRAVEDAD O POR PRESION.

20'x8'x8'
Tank

TANQUE

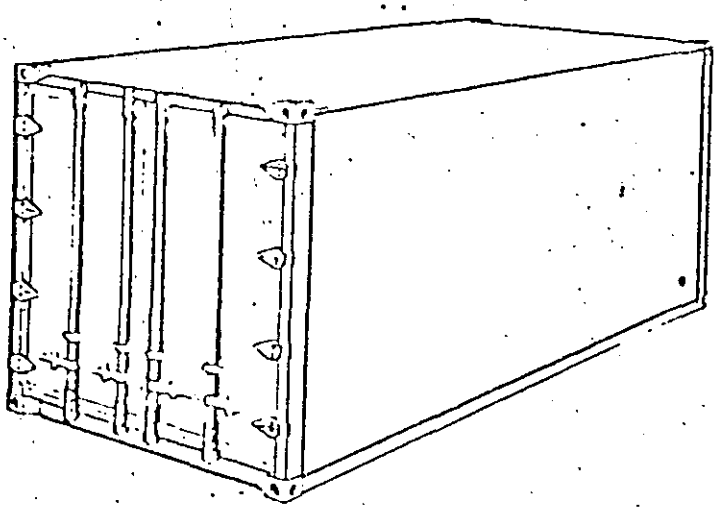


Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
JLCU containers approved by Germanische Lloyd and American Bureau of Shipping.
BSLU/EACU containers approved by Lloyds Register of Shipping.
Certified for inland transport under TIR approval.
DOT certificates: JLCU Nos. 6253, 6858. BSLU/EACU No. 6500.

4.- CONTENEDORES ISOTERMO.

20'x8'x8'
Insulated

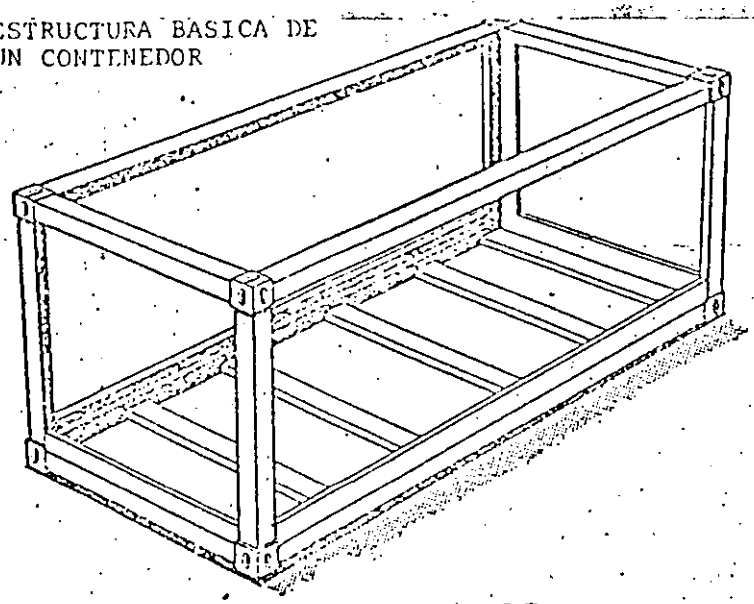
150 TERMOS

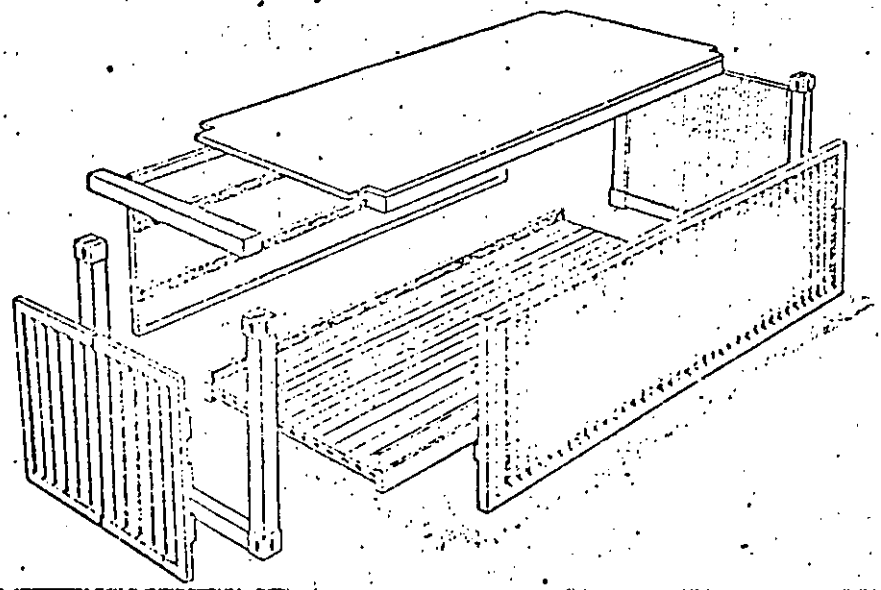


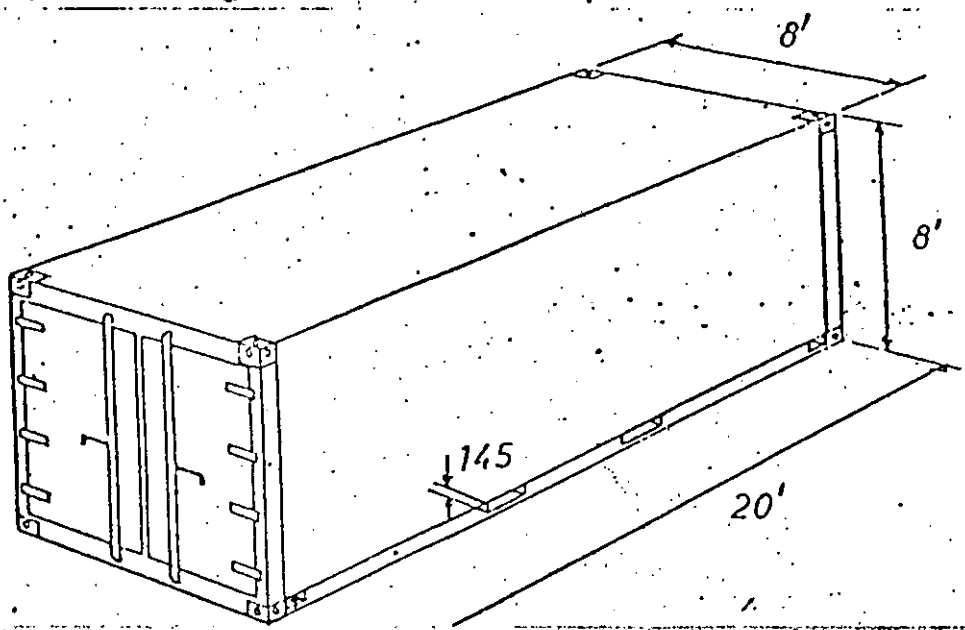
Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
JLCU containers approved by American Bureau of Shipping.
BSLU/EACU containers approved by Lloyds Register of Shipping.
Certified for inland transport under customs seal.

5.- CONTENEDORES ESPECIALES.- PLEGABLES, PARA GANADO Y CON PERFORACIONES PARA PIERNAS DE SOPORTE.

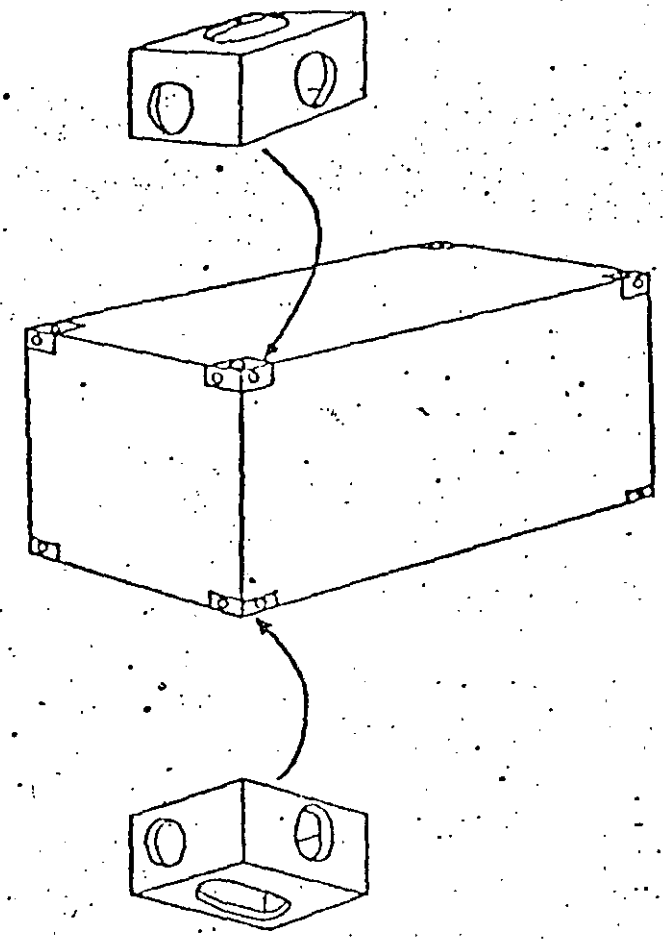
ESTRUCTURA BASICA DE
UN CONTENEDOR

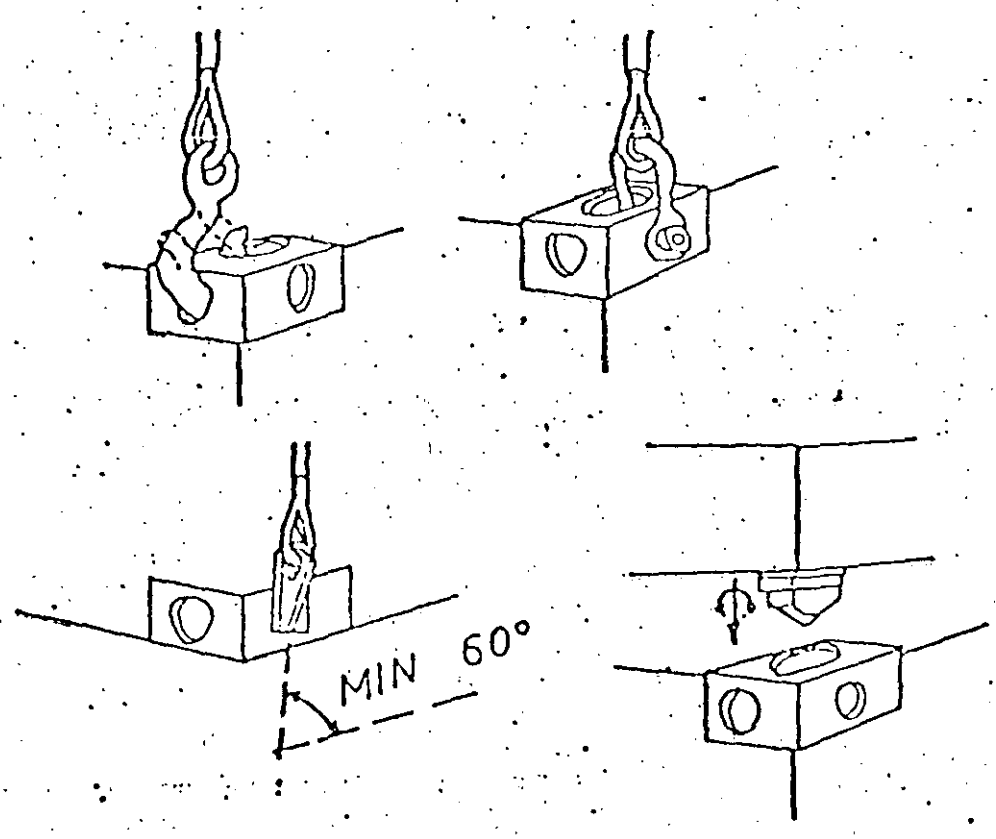




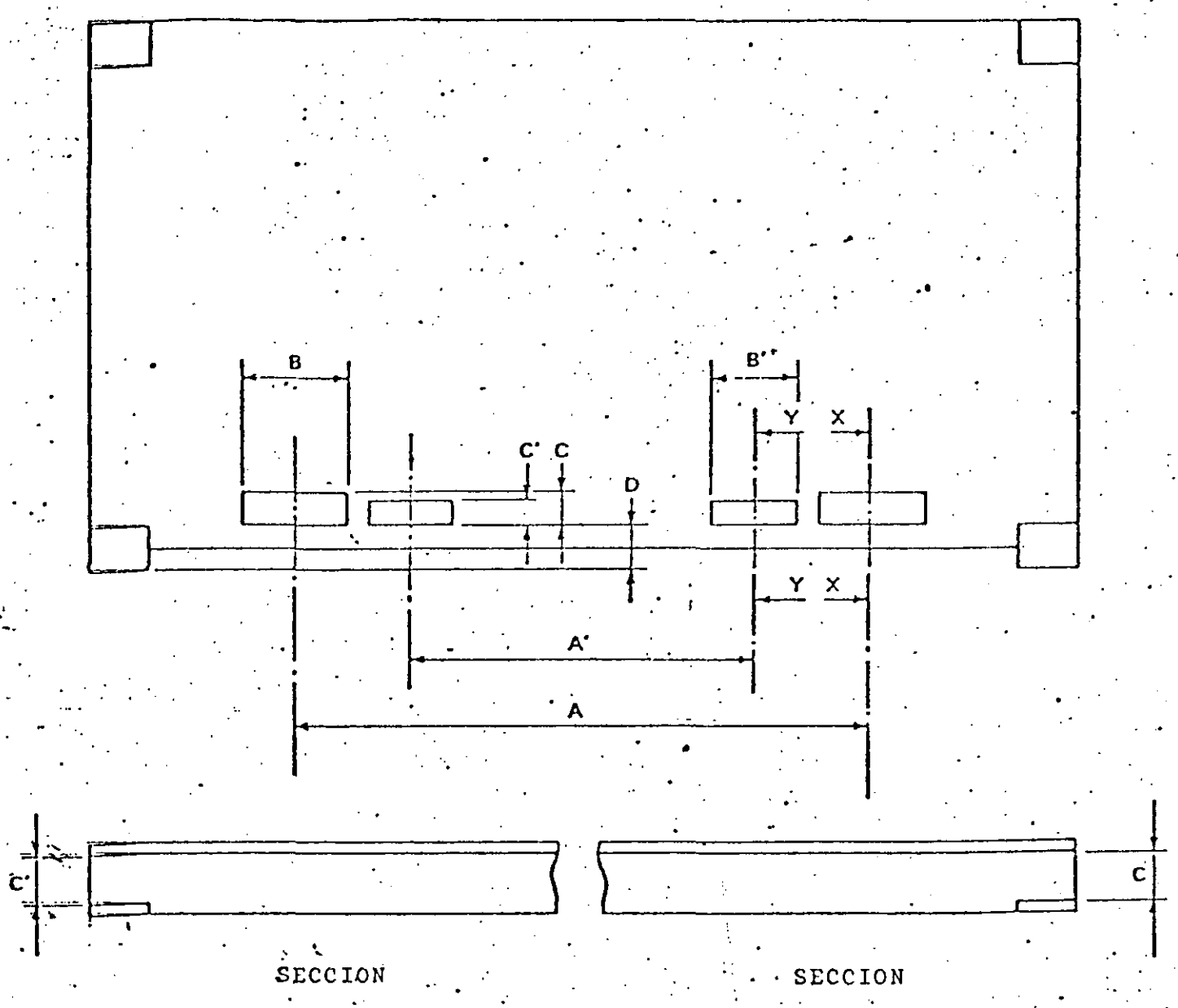


SISTEMA PARA IZAJE Y FIJACION DE CONTENEDORES EN CUBIERTA DEL BARCO.





DIMENSIONES DE TUNELES PARA HORQUILLAS DE MONTACARGAS



CONTENEDOR	DIMENSIONES													
	TUNELES PARA CARGA/DESCARGA DE CONTENEDORES CARGADOS								TUNELES PARA CARGA/DESCARGA DE CONTENEDORES VACIOS					
	mm				in				mm			in		
	A	B	C	D	A	B	C	D	A'	B'	C	A'	B'	C'
1CC 1C	2 000 ± 50	355 min.	115 min.	20 min.	81 ± 2	14 min.	4½ min.	0.8 min.	900 ± 50	305 min.	102 min.	35½ ± 2	12 min.	4 min.
1D	900 ± 50	305 min.	102 min.	20 min.	35½ ± 2	12 min.	4 min.	0.8 min.						

NOTE - C' ALTURA LIBRE

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

DIMENSIONAMIENTO PORTUARIO Y OBRAS INTERIORES

ING. JULIO PINDTER VEGA

SEPTIEMBRE, 1984

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

I N D I C E :

I N D I C E :

d

I N D I C E :

MANEJO DE CARGA EN LOS PUERTOS:

A N T E C E D E N T E S:

A un puerto convergen como mínimo dos modos de transporte.- En lo general son del orden de cuatro; vía marítima, ferrocarril, autotransporte y vías fluviales, otros casos son -- los ductos para el manejo de fluidos.

La coordinación de las operaciones de transbordo de mercancias del sistema de transporte marítimo al terrestre y vice versa, hacen del puerto una entidad compleja, formada por - fases y subfases, cada una de las cuales tiene una función específica en el transbordo de la carga.

La complejidad es mínima en el caso de mercancias tales como el petroleo, que se bombea por oleoductos con muy poca in-- tervención manual y poco uso de equipo de manejo de carga.- La complejidad máxima se presentará en el caso de carga ó - descarga de buques de carga general, que pueden estar formados por cientos de paquetes distintos de productos manufacturados ó semielaborados, enviados por un sin número de comerciantes. Algunos de estos bultos pueden ser fragiles; otros pueden ser perjudicados por el calor, el frio o la humedad, muchas mercancias pueden ser de gran valor aumentando el riesgo de hurto; productos agricolas ambasados; productos quimicos suceptibles a contaminar otras cargas, etc.

La complejidad aumenta cuando se desconoce la fecha del arribo de los buques al puerto, entorpeciendo la coordinación --

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

OBRAS EXTERIORES

ING. J. GUILLERMO MACDONEL

SEPTIEMBRE, 1984

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

OBRAS EXTERIORES

J. Guillermo Macdonel *

1. ANTECEDENTES

En virtud de la creciente necesidad de materias primas por parte de los países desarrollados y de productos elaborados por los restantes, el desigual reparto de estas materias primas sobre la superficie de la tierra, lo cual obliga a la realización de transportes masivos desde los centros productores hasta los consumidores y por otras muchas razones, se ha originado la creación de una red de transportes que cubre toda la superficie terrestre.

Esta red forma una verdadera cadena, cuyos eslabones son los distintos medios de transporte o manipulación, pudiendo estos ser del tipo sencillo (unión de dos puntos por un transporte terrestre) o el de máxima complejidad cuando se trata de unir dos lugares situados en continentes diferentes, realizando la transferencia de mercancía entre los distintos modos de transporte.

Por lo anterior, es un tanto díficil definir a un puerto, sobre todo tratando de encerrar en una definición la misión del puerto conteniendo todas sus facetas. Podríamos entonces decir que:

> "Puerto: Es el conjunto de obras, instalaciones y organizaciones, que permite al hombre aprovechar un lugar de la costa más o menos favorabde, para realizar las operaciones de intercambio entre el tráfico marítimo y terrestre, atender a las necesidades de los medios de transporte y facilitar el desarrollo de cuantas actividades con

---

* Ingeniero Civil. Director General de Puertos Industriales. Comisión Nacional Coordinadora de Puertos.

él relacionadas se instalen en su zona"

Los puertos pueden clasificarse de muy diversas maneras, dependiendo entre otros muchos factores del emplazamiento o localización. En algunas ocasiones, la localización del puerto es tal, que la naturaleza proporciona en forma completamente natural, condiciones para que los barcos puedan navegar, y al mismo tiempo tener la protección que es requerida para poder hacer las operaciones de carga y descarga.

En algunas otras ocasiones, es necesario crear las condiciones de navegabilidad y abrigo por medio de obras de ingeniería, las que en terminos generales son bastante costosas.

2. CLASIFICACION DE LAS OBRAS PORTUARIAS

Tratando de esquematizar de una manera general al puerto, podemos decir que este queda integrado por las siguientes zonas: (fig. 1 y 2)

2.1 Zona marítima
- Zona de acceso y maniobra
- Areas de abrigo y fondeo
- Esclusas y dársenas

2.2 Zona marítima y terrestre protuaria
- Areas de atraque
- Muelles
- Terraplenes de primera línea para operaciones

2.3 Zona terrestre portuaria.
- Zona de bodegas de tránsito y almacenamiento
- Enlaces viales
- Segunda zona de almacenamiento
- Zona auxiliar

Para los fines de esta conferencia nos interesa con detalle la zona marítima, la que con las obras de acceso, abrigo y dársenas constituyen lo que genericamente se conoce con el nombre de OBRAS EXTERIORES.

3. OBRAS DE ACCESO Y MANIOBRA

El diseño de las obras de acceso y maniobra en la época actual debe tomar muy en cuenta los grandes cambios que el tráfico marítimo ha sufrido en los últimos años. Como es de todos conocido, los barcos han ido creciendo en tamaño y ahora es de lo mas natural hablar de barcos con portes de 100,000 TPM hasta - 500,000 TPM. Es lógico suponer entonces que, estos barcos requerirán de áreas y distancias de frenado mayores que los más pequeños. Así mismo, la maniobrabilidad de ellos requiere de áreas mayores para mantener la seguridad en todas las operaciones.

Es pues muy importante que para el diseño de este acceso se defina con mucho cuidado el "barco de proyecto"; con lo que quedarán definidas la "eslora", "manga" y "calado" respectivos.

Por otra parte, también deberán establecerse las condiciones de operatividad del puerto, entre las cuales se pueden mencionar:

- mareas: astronómicas y de tormenta.
- viento
- Oleaje
- Corrientes
- Visibilidad

3.1 Profundidad del canal de acceso.

La profundidad en el canal de acceso es una función de los siguientes factores:

- Calado del buque. Se deberá elegir siempre el de plena-carga.
- Sentado del buque por efecto de oleaje. (squat)

Este fenómeno se presenta cuando el buque entra en aguas bajas y que consisten en el hundimiento que este sufre por el incremento en la altura de ola. Este fenómeno se ha estudiado y es posible establecer este valor de una manera empírica. (Fluctúa entre 0.5m a 1.0m para barcos de 40 000 TPM a 250,000 TPM respectivamente)

- Oleaje de operación. El que en términos generales depende del regimen medio anual, pero que podría considerarse H= 3.0 m.
- Resguardo bajo la quilla, el cual permite dejar un espacio para que el barco pueda gobernar adecuadamente y con seguridad. (0.5 m en fondo arenoso 1.0 m en fondo rocoso)
- Aterramiento y dragados; los cuales en virtud de que son difíciles de precisar, deberan dejar un espacio libre como factor de seguridad en la profundidad. (0.5m)

En forma resumida, en la fig. 3 siguiente se indican los factores anteriores.

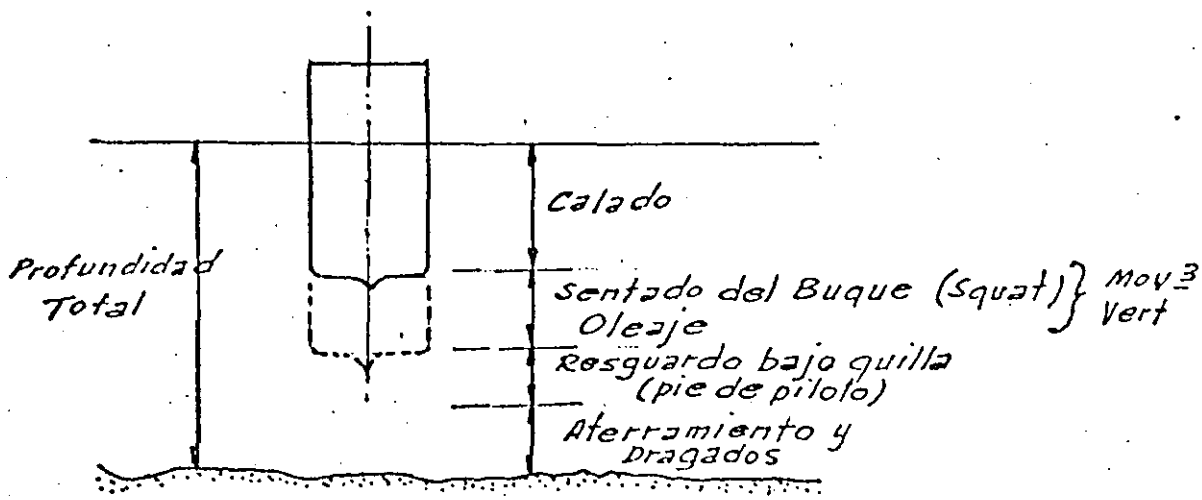


Fig. 3. Profundidad del Canal de Acceso

3.2 Ancho del Canal de Acceso

El ancho del canal de acceso depende también de varios factores, entre los cuales podemos mencionar:

- La manga, velocidad y maniobrabilidad del barco de diseño
- El número de sentidos de navegación
- La profundidad del canal
- El trazo en planta del canal
- La estabilidad de los taludes del canal
- Los vientos, corrientes y oleajes de través al eje del canal.

En términos generales no se recomienda que los canales de acceso permitan dos líneas de navegación y se sugiere que el ancho en la plantilla no sea menor de 5 veces la manga del barco de diseño.

De todas maneras, el ancho final, así como también la profundidad deberán ser analizadas en modelos especiales de maniobrabilidad.

3.3 Trazo del Canal de Acceso.

El canal de acceso debe trazarse de tal manera que la navegación se realice sin maniobras difíciles que sean originadas por corrientes transversales a dicho canal.

El trazo ideal del canal de acceso es el rectilíneo, lo cual es casi siempre difícil, ya que las batimetrías en general son irregulares y hacen por lo tanto necesario el cambio de dirección.

de preferencia, la dirección del canal deberá ser la misma que la del temporal, para que los anchos sean los mínimos.

En el caso de requerirse curvas, estas deberán ser muy amplias y los radios de cuando menos cinco esloras del barco de diseño.

En estas curvas, el ancho del canal también deberá ser incrementado en un ancho adicional igual a $\frac{L}{40}$, donde L es la eslora del barco.

Para mayores detalles en el dimensionamiento, se refiere al lector a la siguiente publicación:
" Big Tankers and Their Reception". Final Report 1974. Permanent International Association of Navigation - - Congresses."

4. OBRAS DE ABRIGO Y FONDEO

El abrigo necesario para los puertos ha de conseguirse mediante unas obras que impidan la acción del mar (salvo en los casos en que se trate de puertos naturales) y que al mismo tiempo cumplan con las condiciones necesarias en la entrada, evolución y giro; y que dejen superficie abrigada suficientemente.

De acuerdo con su trazo en planta podemos agrupar a los diques de abrigo en los siguientes tipos principales.

- Diques paralelos a la costa. (figura 4)
- Puede ser de dos tipos: dique arrancado desde la costa o dique aislado abierto por los dos extremos.
- Diques Convergentes (fig 5)

Este tipo de diques se utilizan en los puertos en que las profundidades se encuentran alejados de la costa, en donde existen algunos problemas de acarreo litoral, etc. Tiene el inconveniente de que si no se proyectan con la debida amplitud, el puerto puede quedar saturado en poco tiempo.

Tambien tienen el inconveniente de que permiten el paso del oleaje, no existiendo zona totalmente abrigada; en cambio ofrecen facil entrada al barco.

- Diques convergentes con antemurales

En algunos puertos con diques convergentes, donde los morros están muy separados entre sí dejando una boca muy amplia y poco abrigo, en vez de prolongar uno de los diques se prefiere dejar dos bocas a base de construir delante otro dique aislado.

Este tipo de diques presentan muchos inconvenientes para la navegación y son poco empleados.

- Diques paralelos entre si.

Se usa esta disposición de diques en los puertos creados avanzando sobre tierra o bien en las desembocaduras de ríos navegables. Ofrecen muchos inconvenientes, con azolvamientos importantes, malas condiciones a la navegación penetración de la -- agitación.

Las obras de abrigo, de acuerdo a las características de la estructura que la constituye las podemos clasificar como sigue:

- Diques rompeolas. (fig. 8) (a talud)

Este tipo de dique ofrece grandes ventajas desde el punto de - vista constructivo, pocos peligros de destrozos y averías, facil reparación de las que se originen , bajas cotas de corona-

nación, aunque en cambio requieren la existencia de canteras en lugares mas o menos próximos, pues en caso de no existir, es necesario utilizar elementos prefabricados en las capas exteriores, lo cual hace que se incremente el costo y el plazo de ejecución.

Por otra parte, tambien tienen el inconveniente de que resta superficie util a la zona abrigada, por la gran longitud de taludes.

- Diques Verticales (fig. 8)

El empleo de este tipo de dique es menos común que el rompeolas a talud mencionado anteriormente, por las condiciones especiales de cimentación y profundidad, debiendo esta última ser mayor de 2 H para evitar que las olas rompan contra ellos. Estos diques estan constituidos por grandes cajones de concreto, que se llevan flotando hasta el sitio de colocación en donde se hunden y se rellenan con arena. Tienen la ventaja de no requerir de canteras en las proximidades, y la relativa rapidez de construcción. Pueden además utilizarse como atracaderos, ya que presentan paramento vertical; aunque sus anchos no permiten que sobre la corona se realicen operaciones de carga general.

- Diques Mixtos.

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

con los otros modos de transporte.

En cualquier puerto, el manejo de la carga genera
es bastante más onerosa que la del petroleo ó los mi

La importancia de los puertos estriba en su contribución en los costos de terminal marítima, como parte de la cadena del transporte en la distribución de mercancias, que influyen en su precio de venta. El puerto en general y las diversas terminales marítimas en particular representan un eslabón de dicha cadena.

El nivel de los costos de terninal dependen de la eficiencia del puerto y de los salarios que perciben los obreros portuarios. La ineficiencia en un puerto propicia una mayor estadia de los barcos en puerto que se reflejará en un aumento del costo de transporte marítimo.

En los países industriales, aún teniendo puertos relativamente eficientes, los costos salariales son muy elevados, la manera de obtener disminuciones importantes en los gastos del transporte marítimo, es mediante una reducción del monto de la mano de obra en la terminal.

El el caso de manejo de graneles secos, se construyeron buques especializados, en el manejo de petroleo, se utilizan bombas de mayor potencia que reducen el tiempo del barco en puerto. Para

la carga general se inició la unitarización de la car de manipular bloques de carga mediante el agrupamiento tos y paquetes. Para la unitarización de la carga se em ron tarimas (Pallets) con la carga flejada permitiendo co ello un aumento en el rendimiento, siendo transportados en barcos convencionales de carga general.

Posteriormente para reducir aún más, el costo de la mano de obra, emplearon cajas de determinados tamaños que permirian la unitarización de la carga en grandes bloques. Estas cajas denominadas contenedores, primeramente fueron transportadas en barcos de carga general modificados y alijados y estibados con grúas del propio barco. Este sistema evolucionó y actualmente se cuenta con terminales especializadas para el manejo de contenedores con grúas en tierra y barcos especializados.- Este sistema iniciado en los países industriales, se a reflejado en los países como el nuestro que ya cuenta con terminales en los puertos de Lázaro Cárdenas, Mich., Veracruz, Coatzacoalcos, y Salina Cruz.

El establecimiento de terminales para el manejo de contenedores provoca una desocupación, lo que se compensa con la creación de trabajos auxiliares como son, limpieza y fumigación, la reparación de contenedores, etc.

Para que una terminal de contenedores, sea eficiente y económica, se precisa de grandes inversiones en instalaciones es-

ciales, cuya viabilidad económica a de basarse en función del volúmen previsto de carga a manejar y el grado en que esa carga permita el uso de contenedores en ambos sentidos del tráfico, es decir, en importancia y exportación, ya que el tráfico unidireccional acentúa el coeficiente vacio de los equipos.

Para los importadores y exportadores hay la posibilidad de escoger diferentes puertos para el manejo de sus mercancias. Estos puertos pueden hacerse la competencia ó bien trabajar en asociación especializandose cada uno en determinados tipos de carga. La elección del puerto para él manejo de sus mercancias depende de varios factores. El más importante es el costo relativo que supone para los comerciantes el envio de sus mercancias a cada uno de los puertos, con las operaciones de carga y descarga correspondiente. Los costos de transporte pueden guardar una estrecha relación con los costos reales de los medios e instalaciones de transporte, ó bien depender de la fijación de tarifas que se utilice en el sistema de transporte, ya que en este último caso, las líneas navieras, absorven parte del costo del transporte terrestre de las mercancias, en zonas distantes al puerto. En este caso se presenta un traslape de la zona de influencia (zona geográfica de la que reciben y a la que envian mercancias por via terrestre).

Para el mejoramiento de los puertos, es importante determinar de que manera se distribuyen los beneficios derivados de ese mejoramiento. Aparte de las mejoras obtenidas mediante cambios

administrativos para mejorar el rendimiento es necesario realizar inversiones, las cuales deberan justificarse relacionando el costo y los beneficios directos e indirectos, ya que éstos pueden ir a los navieros en forma de una reducción de las estadias, lo que aumenta la productividad de sus barcos, a los comerciantes en forma de una manipulación más rapida de sus mercancias y una disminución de daños y hurto, también sucede que parte de los beneficios se dirigen fuera del país que ha efectuado las mejoras portuarias como por ejemplo; cuando por el puerto pasa tráfico de otros países además del tráfico nacional.

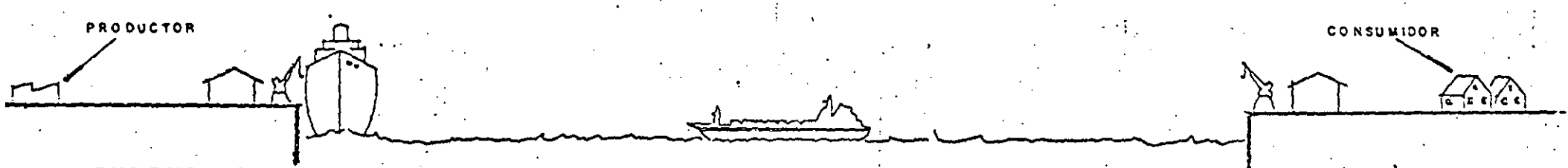
Cuando la carga se transporta en buques cisterna y/o graneleros, ó tramps (sin itinerario fijo), fletados por viaje ó por tiempo, es de esperarse que las mejoras portuarias se reflejen inmediatamente en una disminución de los fletes ó en una reducción de las estadias, las cuales reducen el valor del flete. Cuando el transporte se realiza en gran parte con buques de líneas regulares, por lo general, los beneficios no se reflejan en una disminución del flete a los usuarios nacionales.

Lo anterior obedece a que las "Conferencias Marítimas" (Agrupaciones de compañías navieras que operan en determinadas rutas) prorratean los fletes para un grupo de puertos. En caso de obtener una reducción del flete de las líneas regulares,

debido a las mejoras en el puerto éste beneficio se comparte con los puertos extranjeros de la zona, que no han realizado mejoras portuarias.

La máxima eficiencia sería el prestar servicios de puerta a puerta mediante el empleo de los diversos modos de tramporte con un solo responsable en el tránsito de la carga. A esto - se denomina transporte multimodal internacional, en el caso de las mercancias en tráfico de altura. En México ya existe una empresa nacional de transporte intermodal internacional, la cual se creó para prestar este tipo de servicio.

CADENA DEL COMERCIO INTERNACIONAL MARITIMO.



PUERTO A

PUERTO B

TRANSPORTE DE CARGA EN TIERRA

FERROCARRIL
AUTOTRANSPORTE
FLUVIAL
AEREO.

TRANSPORTE MARITIMO

LAS CARGAS A MANEJAR SON:

CARGA GENERAL FRACCIONADA
UNITARIZADA

CARGA SECA A GRANEL AGRICOLA
MINERALES

CARGA LIQUIDA A GRANEL FLUIDOS

CARGA PERECEDERA

PASAJEROS

TRANSPORTE MARITIMO	INSTALACIONES PORTUARIAS	TRANSPORTE TERRESTRE
45 %	35 % { 50% MANIOBRAS DE CARGA/DESCARGA; 50% DERECHOS PORTUARIOS PILOTAJE, ETC. }	20%

COSTO RELATIVO ENTRE TRANSPORTE MARITIMO, COSTOS DE TERMINAL MARITIMA Y TRANSPORTE TERRESTRE. (SEGUN LA ASOCIACION DE CONGRESOS DE NAVEGACION).

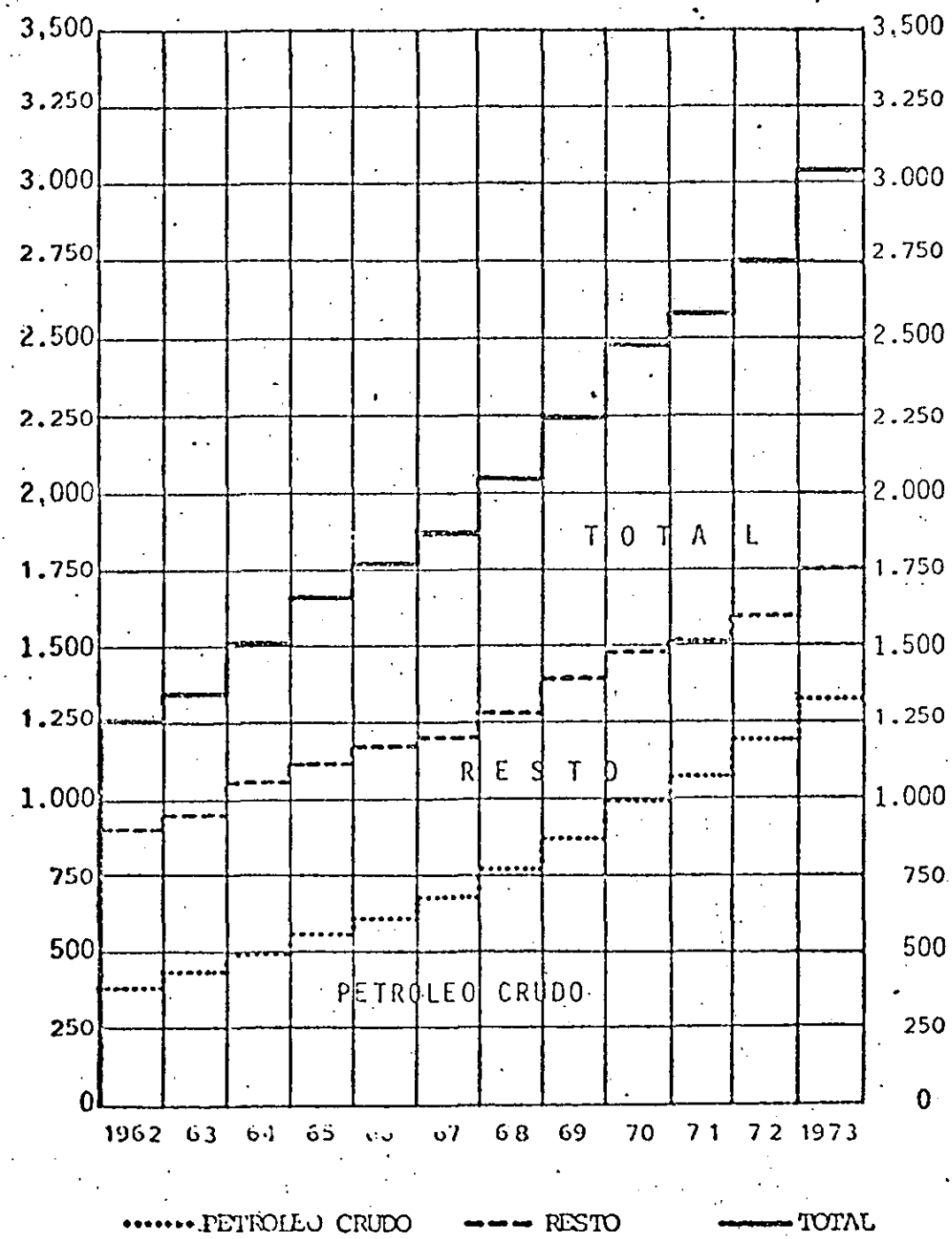
TRAFICO MARITIMO MUNDIAL

Evolución del tonelaje mundial de embarcaciones por tipo de carga, principales flotas mercantes del mundo.

Las características de las cargas manejadas a nivel mundial y las flotas que participan en el transporte marítimo se podran observar en las siguientes graficas.

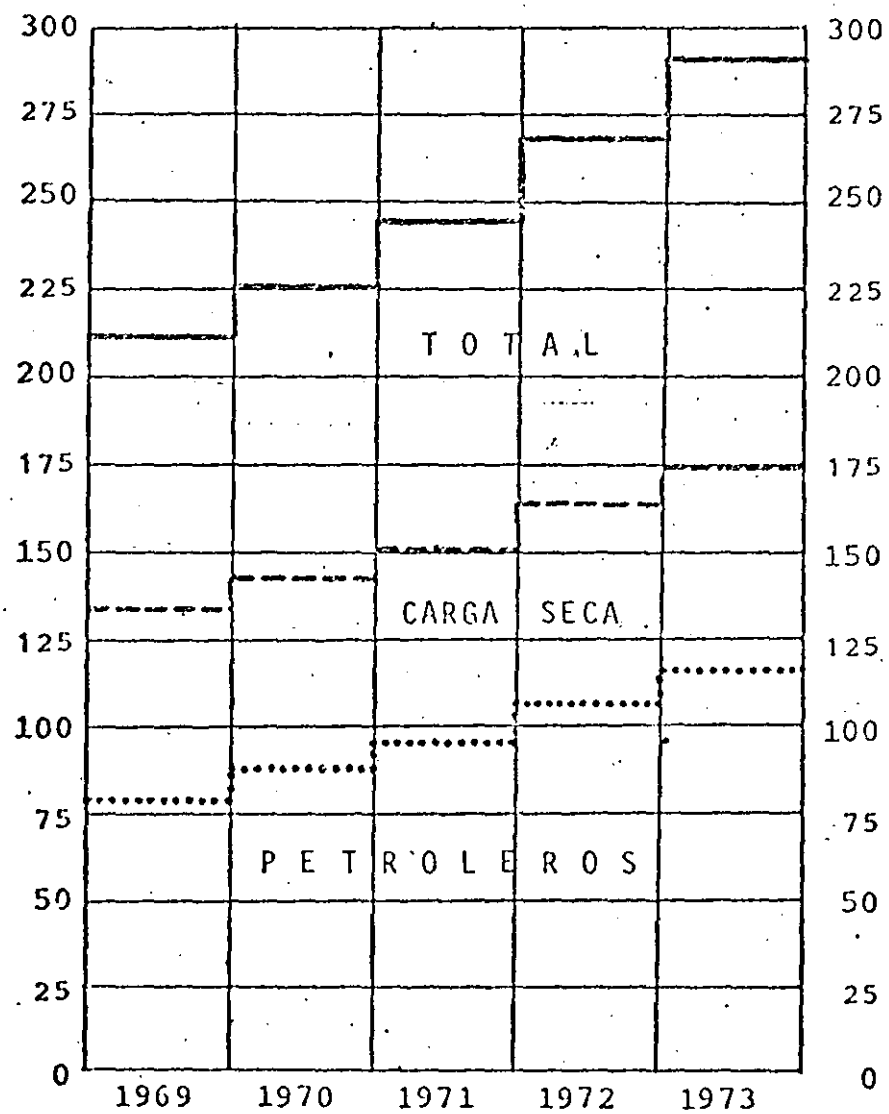
TRAFICO MARITIMO MUNDIAL

-CARGA TRANSPORTADA EN MILLONES DE TONELADAS-



EVOLUCION DEL TONELAJE MUNDIAL

-EN MILLONES DE TONELADAS (T.R.B.)-



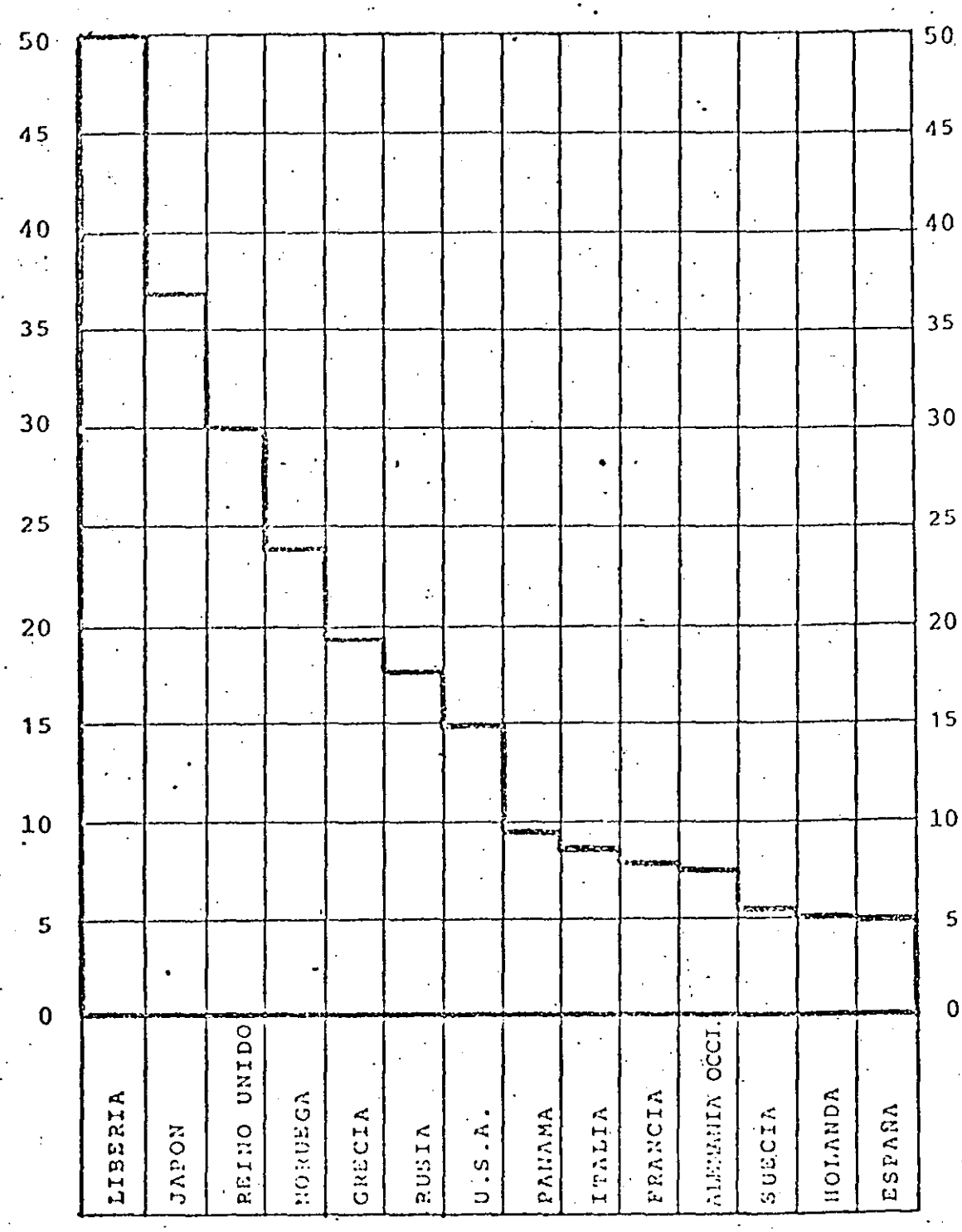
PETROLEROS

CARGA SECA

TOTAL

PRINCIPALES FLOTAS MERCANTES DEL MUNDO

-EN MILLONES DE TONELADAS (T.R.B.)-

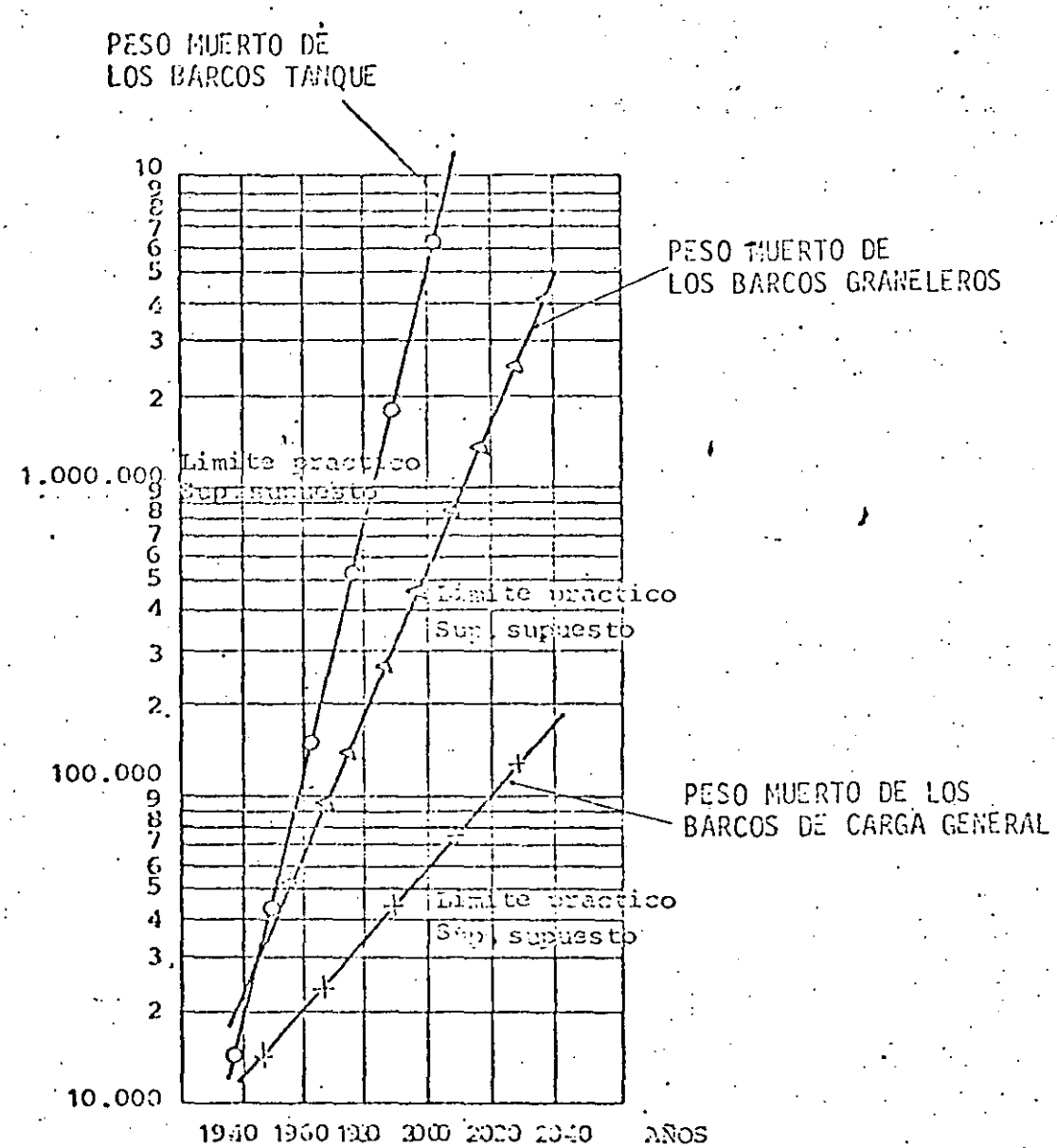


TENDENCIAS EN LAS DIMENSIONES DE EMBARCACIONES.

Las proyecciones de los pesos muertos de los barcos tanque, graneleros y de carga general de podrán observar en la siguiente grafica, de la cual hacemos las siguientes correcciones.

Con respecto a los barcos tanque, despues del cierre del canal de Sues en 1968 obligo al crecimiento inucitado de este tipo de barcos llegando a las 500,000 TPM para traficos especificos entre el mar rojo y oriente y para el suministro de petroleo en los puertos de Europa del norte.

En México como en ciertos paises importadores de petroleo, se determino en base a estudios económicos, el barco tipo óptimo de 250,000 TPM, para el transporte a grandes distancias. Estos barcos, por el momento hacen las operaciones en instalaciones en mar abierto, en las monoboyas de cuyo arcas, Rabon Grande; Dos Bocas en el Golfo de México y Salina Cruz, en el Pacífico. Las monoboyas de Rabon Grande y Dos Bocas, se eliminaran una vez que se concluya las obras del puerto petrolero de Dos Bocas, lo mismo ocurrira en Salina Cruz, cuando se concluyan las instalaciones petroleras en proceso de construcción.



PROYECCION DE LOS PESOS MUERTOS DE LOS BARCOS TANQUE, GRANELEROS Y DE CARGA GENERAL MAS GRANDES HASTA EL AÑO 2040 BASADO EN LAS TENDENCIAS ENTRE 1937 Y 1967

FUENTE: Handling Problems of very large Ships in Approch and Maneuvering Areas

by Casimir J. Kray.

Los graneleros, para el transporte de minerales a nivel - mundial, se han estabilizado en 150,000 TPM, para aquillos paises que cuentan con puertos para el atraque de estas - embarcaciones con calados de 16 m. y profundidades en puerto del orden de 18 m.

En México se emplean este tipo de embarcaciones para la - exportación de sal en Isla Cedros B.C.N., y para la importación de carbón por Lázaro Cárdenas de 70,000 TPM. En los puertos del golfo de México, Tampico, Veracruz y Coatzacoalcos se empleam embarcaciones con calados de 9.5 m. exceto - Pajaritos, donde arriban barcos con roca fosfórica y 13 m. de calado.

En este litoral una vez concluidas las obras del Ostión, se pretende establecer una siderurgica que necesariamente utilice embarcaciones de gran porte para aprovechar la economía de escala para reducir los fletes marítimos.

Los barcos para carga general, en cuanto a su tamaño se han estabilizado en las 20,000 TPM., con calados máximos de 10 m. y la única evolución a sido en la disposición de sus bodegas y las grúas de abordo de mayor rapidez y capacidad para aumentar los rendimientos en la carga y descarga de mercancias. De la gráfica de tendencias en la recta correspondiente a la carga general se ha cumplido en cuanto a los barcos porta-contenedores los cuales se iniciaron en 1960 y se generalizo en

los paises industrializados en los 70's y practicamente en paises en vias de desarrollo en los 80's. Este tipo de barcos a desplazado en parte a los barcos convencionales de carga general por su economía y seguridad a la carga, al obtenerse altos rendimientos en las operaciones de carga y descarga.

COMERCIO EXTERIOR NACIONAL POR VIA MARITIMA
1970 - 1982
(MILES DE TONELADAS)

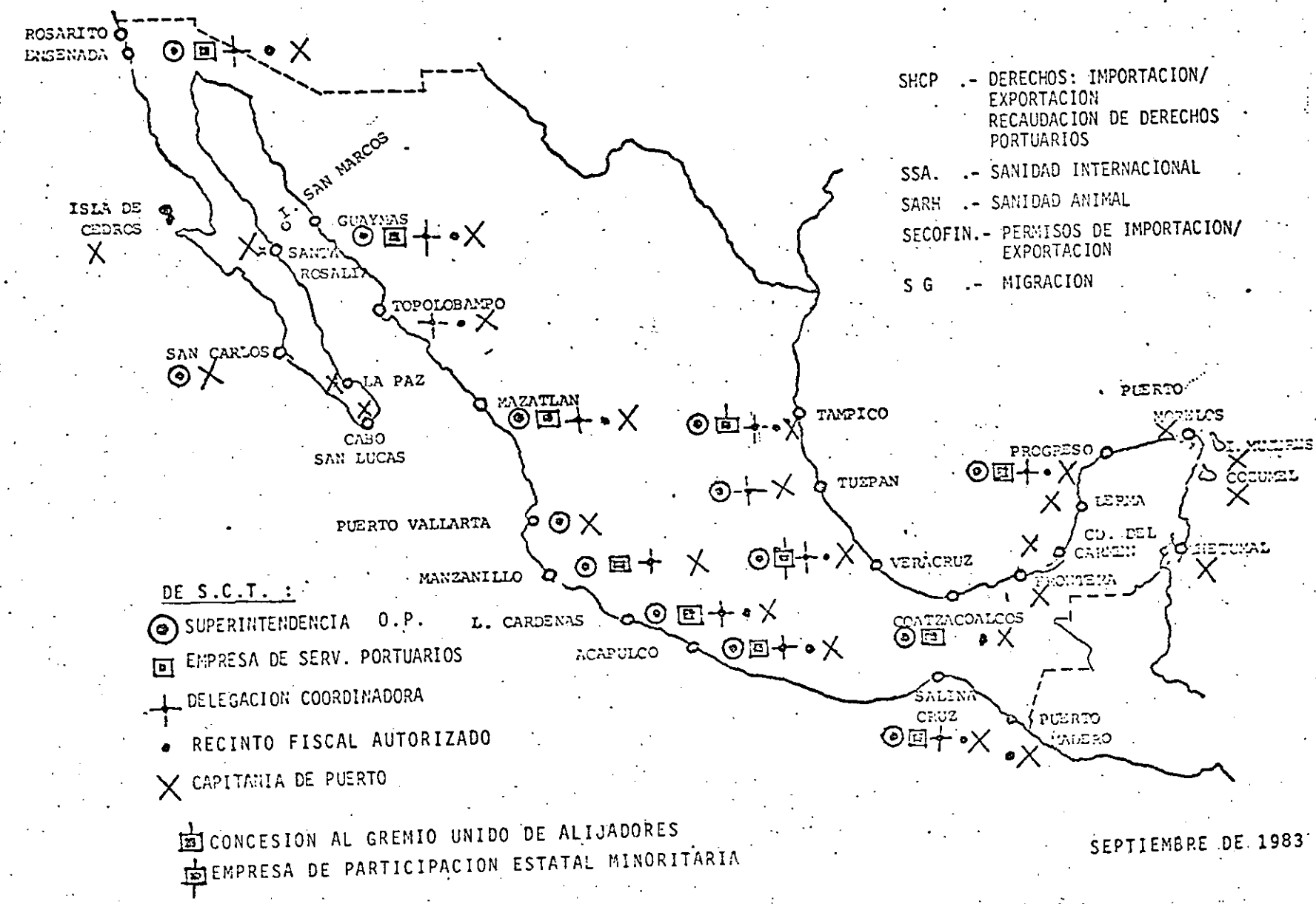
	COMERCIO EXTERIOR NACIONAL			COMERCIO EXTERIOR MARITIMO			PORCENTAJE DEL COMERCIO MARITIMO		
A Ñ O	IMPORTACION	EXPORTACION	TOTAL	IMPORTACION	EXPORTACION	TOTAL	IMPORTACION	EXPORTACION	TOTAL
1970	8,865	14,183	23,048	3,376	9,705	13,081	38.1	68.7	58.8
1971	8,949	14,587	23,536	3,908	10,883	14,791	43.7	74.7	62.8
1972	11,565	15,874	27,439	5,635	11,314	16,949	48.7	71.2	61.7
1973	16,974	14,005	30,979	9,499	11,286	20,785	55.9	80.5	67.0
1974	16,907	16,501	33,408	8,247	12,767	21,014	48.7	77.3	62.9
1975	15,782	16,883	32,665	8,708	15,041	23,749	55.1	89.0	72.7
1976	11,353	17,604	28,957	7,158	15,110	22,268	63.5	85.8	76.9
1977	12,934	22,445	35,379	8,314	20,840	29,154	64.2	92.8	82.4
1978	14,720	33,670	48,390	10,103	30,010	40,113	68.6	89.1	82.9
* 1979	17,930	43,020	60,950	10,938	39,773	50,711	61.0	92.4	83.2
* 1980	23,404	56,817	80,221	13,520	52,536	66,056	57.8	92.4	82.3
* 1981	23,450	59,680	83,130	14,982	55,799	70,781	63.8	93.5	85.1
* 1982	16,248	** 92,000	108,881	12,267	** 88,555	100,822	75.5	95.6	92.6

* ESTIMADO

** 30'000,000 tons. Exportación de Petroleo por Dos Bocas y Cayo Arcas.

FUENTE: DGODP - SCT
Departamento
de Estadistica.

AUTORIDADES LIGADAS A LA ADMINISTRACION PORTUARIA



SEPTIEMBRE DE 1983

CLASIFICACION DE PUERTOS POR SU FUNCION

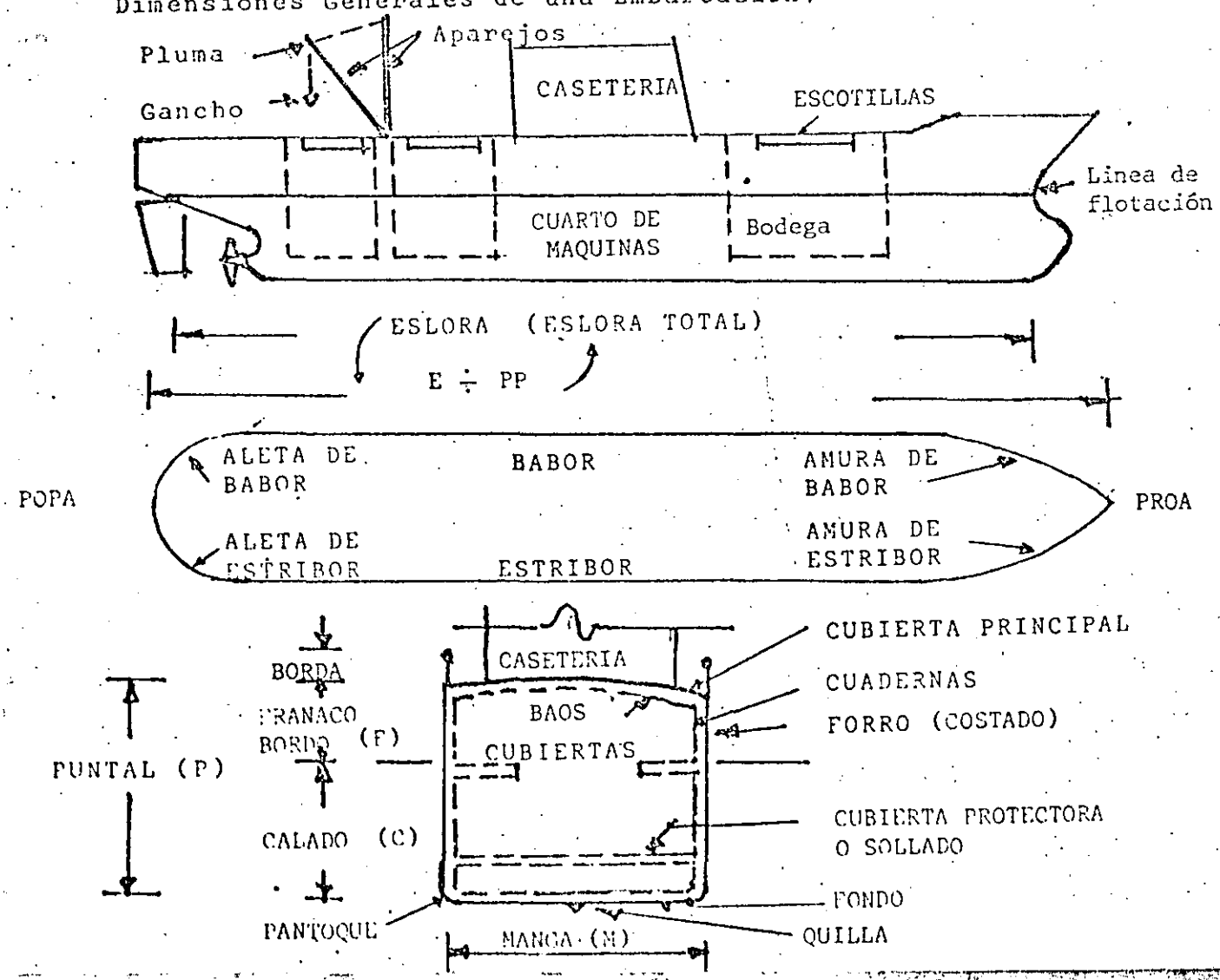
COMERCIALES	:	ENSENADA, SAN CARLOS, GUAYMAS, MAZATLAN, MANZANILLO, ACAPULCO, SALINA CRUZ, PUERTO MADERO, TAMPICO, VERACRUZ, COATZACOALCOS, Y PROGRESO.
INDUSTRIALES	:	LAZARO CARDENAS, ALTAMIRA, SALINA CRUZ, DOS BOCAS, Y --- OSTION.
PESQUEROS	:	YUKALPEN , CAMPECHE, CD. DEL CARMEN, EL SAUZAL, YAVAROS, Y SAN BLAS.
TURISTICOS	:	COZUMEL Y VALLARTA.
CABOTAJE	:	TUXPAN, ALVARADO, FRONTERA, PUERTO MORELOS, CHETUMAL, Y TOPOLOBAMPO.
MIXTOS	:	---

CARACTERISTICAS DE LAS EMBARCACIONES Y SU APLICACION EN LA INGENIERIA PORTUARIA:

La evolución de las naves y el perfeccionamiento tecnologico, propiciado por el incremento del comercio marítimo mundial a partir de los años 50, se ha reflejado en un mayor tamaño y tipo de navios para el transporte especifico de carga.

Las características de los barcos, las describiremos para los dos aspectos que interesa al ingeniero portuario. Una para el diseño de puertos y otra para la operación de carga y descarga en puerto.

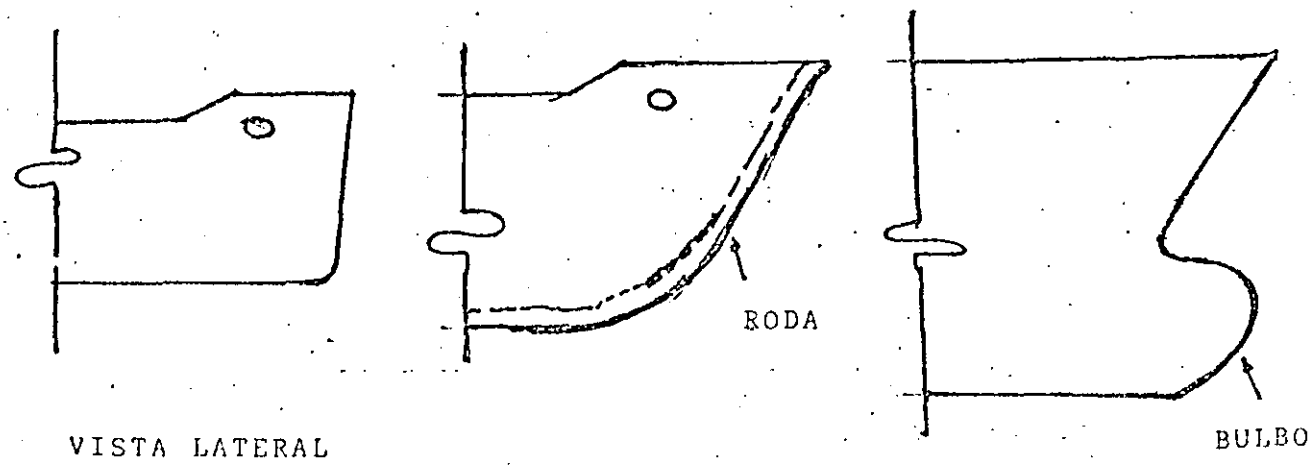
Dimensiones Generales de una Embarcación:



Descripción de las partes principales de una Embarcación:

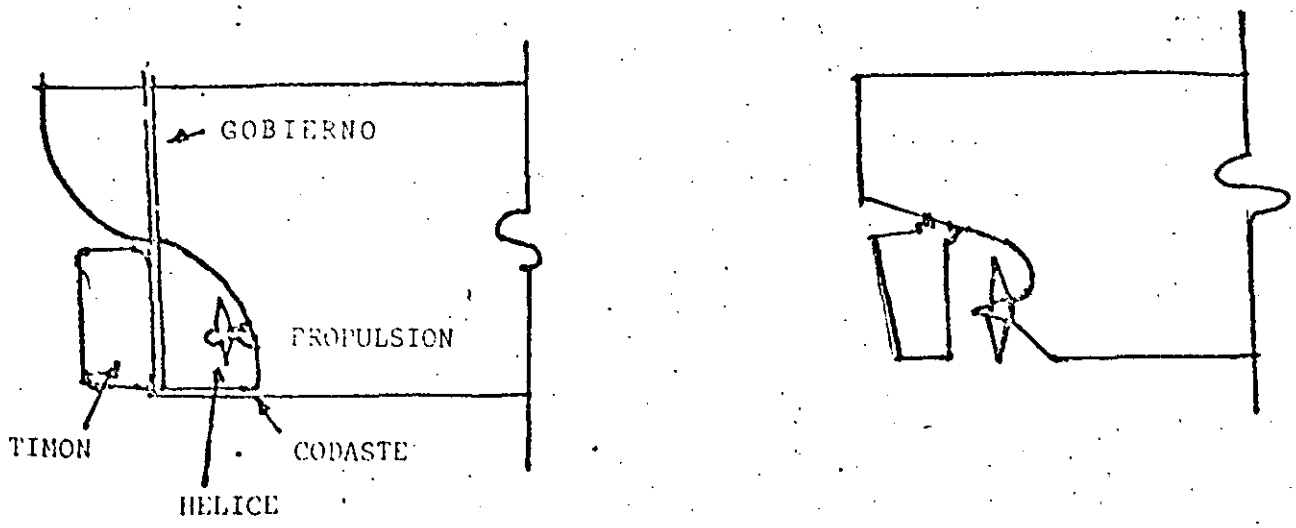
Proa : Es la parte delantera del casco de forma afilada para ofrecer el minimo de resistencia a el agua.

Su forma a evolucionado de la siguiente manera:



El bulbo que utilizan las embarcaciones modernas es un producto de laboratorio que aumenta la eficiencia hidrodinámica del casco.

Popa : Es la parte posterior del casco con forma y dimenciones tales que faciliten el paso del agua que llena el vacio provocado por el avance del barco y alojar los elementos de gobierno y propulción. Su evolución la podemos observar en el siguiente croquis.



La parte plana de la Popa facilita la construcción de la nave y reduce la eslora total sin variar la capacidad de carga.

Estribor : Es el costado derecho del casco, considerando al observador viendo de Popa al Proa.

Amura : Son las partes curvas del casco, proximas a la Proa del barco y serán de Estribor ó de Barbor.

Aleta : Son las partes curvas del casco proximas a la Popa.

Quilla : Es la parte principal del casco, formada por una pieza robusta de hierro ó acero fundido que corre longitudinalmente y al centro en la parte inferior del casco y que va de Proa a Popa. En sus extremos se levanta la Roda que forma el extremo de Proa y el Codaste que forma la Popa. Sobre la Quilla descansa el conjunto de todas las demas piezas.

Cuadernas: Piezas curvas afirmadas a la Quilla y normales a ella, que dan forma al buque y sostienen el forro. Se denomina Cuaderna Maestra aquella cuyo contorno limita la mayor superficie que corresponde a la denominada sección maestra.

Cubiertas: Son superficies horizontales, que dividen el interior del barco en varios niveles ó pisos. La superior se denomina principal. La inmediata inferior

se llama habitable y la siguiente "Protectora" - que forma los tanques de agua ó sollado lastre,- en el casco de los buques tanques se tiene unicamente la cubierta principal.

Baos : Son piezas horizontales transversales que complementan el marco formado por las cuadernas y que sirven para apoyo de las cubiertas.

Linea y Superficie de Flotación :

Se denomina linea de flotación a la que separa la parte seca de la mojada del casco y plano de flotación al definido por dicha linea.

Dimensiones de una Embarcación:

Eslora Total ó Eslora (E) : Es la máxima distancia entre las caras externasde la Proa y la Popa. Es decir es la máxima longitud del Barco.

Eslora Entre Perpendiculares (E ÷ PP) : Es la máxima distancia entre las caras externas de la Proa y de la -- Popa, a la altura de la linea de flotación.

Manga (M): Es la máxima dimensión transversal del Buque

Puntal (P): Es la distancia vertical, medida en la sección - maestra, entre la Quilla y la cubierta principal.

Calado (C): Es la distancia vertical medida entre el nivel del agua y el borde inferior de la Quilla. Generalmente el Calado en la Popa es mayor que en la Proa. El Calado de Popa es el que se define como Calado de la Embarcación.

El Calado máximo está referido a la linea de flotación a plena carga. El Calado mínimo es el correspondiente a Barco descargado ó en lastre.

El Calado se ve afectado por la densidad del agua por lo que los costados del barco, tienen pintados unos diagramas que muestran las marcas desde las cuales se determina el Calado en función de la densidad del agua, por la que navega el Barco.

Los diagramas se denominan "Linea de PLIMSOLL".

Franco Bordo (F).- Es la distancia vertical medida en la sección maestra, entre la linea de flotación a plena carga y la intersección de cubierta principal con el costado de la nave.

Desplazamiento (D).- Es el peso del barco, es decir, el peso del volúmen de agua desalojado por el barco, se mide en toneladas métricas.

Desplazamiento en rosca. - es el peso del buque al ser botado al agua, incluye el peso completo del casco con sus accesorios, maquinaria, calderas, turbinas, incluyendo lubricantes y agua.

Desplazamiento en lastre.- Es el peso de la nave, listo para navegar, incluye combustible, agua, lastre, etc. pero sin carga.

Desplazamiento en carga.- Es el peso del barco, listo para navegar y con la máxima carga que es capaz de transportar.

Arqueo.- Es una medida concencional para determinar la capacidad ó volúmen de la nave. La tonelada de arqueo ó tonelada moorson, equivalente al volumen de 100 pies cúbicos, ó 2,832 m3.

Arqueo Bruto ó Tonelaje de Registro Bruto.- Es el volúmen total de los espacios internos de la nave, incluyendo camarotes, despensa, etc. El valor del tonelaje bruto sirve de base para determinar el precio de los barcos, las primas de navegación, los precios de construcción naval, los precios de varado ó carena y el pago de derechos porturarios, para fijar la tripulación reglamentaria, etc.

Arqueo Neto ó Tonelaje Neto de Registro (TONR).- Es el volúmen de la parte del buque destinado a la carga (carga que paga transporte). Se obtiene deduciendo del arqueo bruto, el volúmen de espacios necesarios para el servicio, tales como, alojamientos de tripulación, espacios de maquinas y calderas, etc.. Con respecto al T N R, se pagan derechos portuarios, cruce por canales (PANAMA, SUEZ, ETC.) ta-

rifa de practicaje, estadisticas de navegación, etc.

Capacidad de Carga.- Se define como toneladas de peso muerto - (T P M).

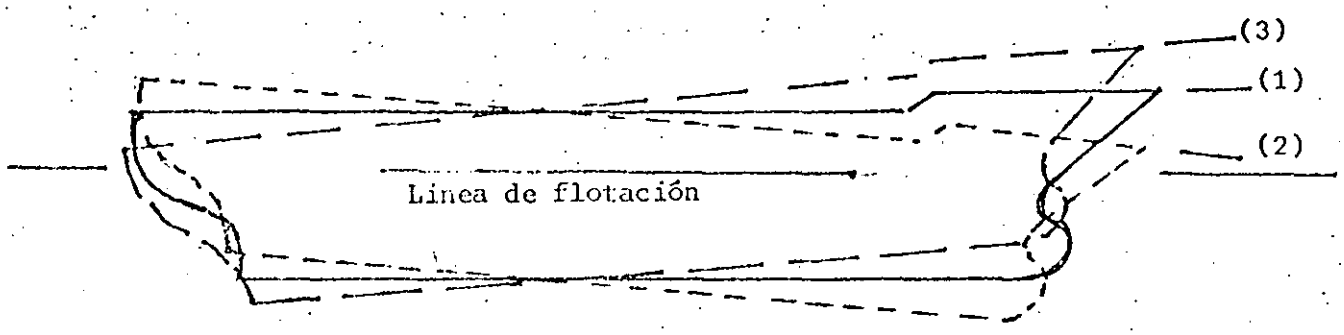
Peso Muerto, (T P M).- Da una idea aproximada de la capacidad de carga en peso del barco. El peso muerto se compone de la carga, combustible, agua, viveres, lubricantes, efectos de consumo y tripulación .

El peso muerto se obtiene restando el desplazamiento en rosca al desplazamiento total.

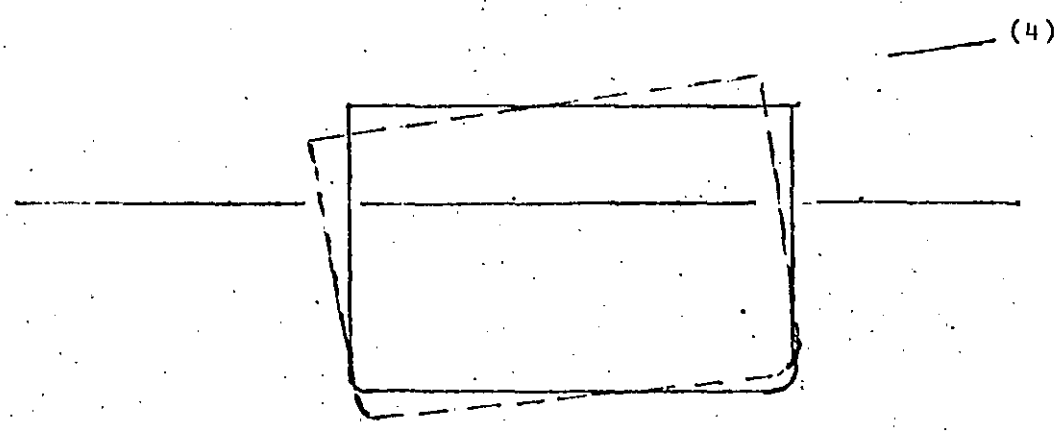
Porte.- Es el peso de la carga que transporta la nave.

Porte Bruto.- Es el peso del volúmen de agua desplazada al pasar el barco, de las condiciones de "Desplazamiento en Rosca", a las de desplazamiento en - carga, es decir es el peso que es capaz de transportar el buque.

Porte Neto.- Es el peso del desplazado, al pasar el barco de las condiciones "Desplazamiento en Lastre" (incluye dotación de agua, combustibles, viveres, - tripulación, etc.), a las de plana carga (desplazamiento en carga). Es decir, es el peso de la "Carga Comercial" que puede transportar la nave.

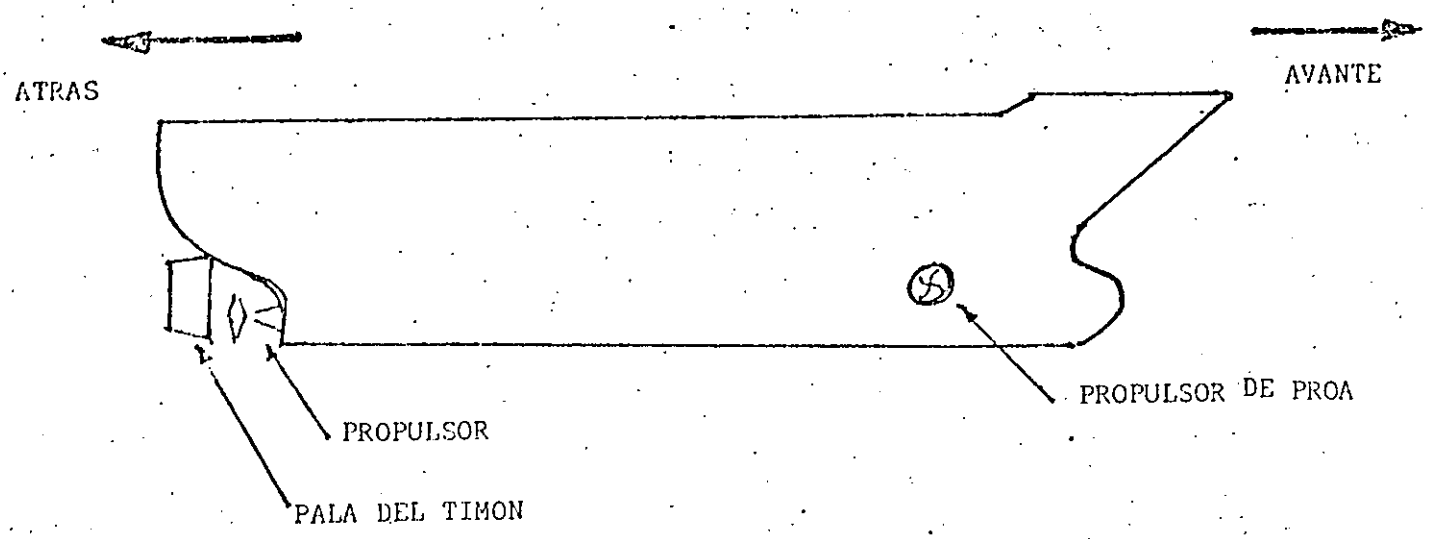


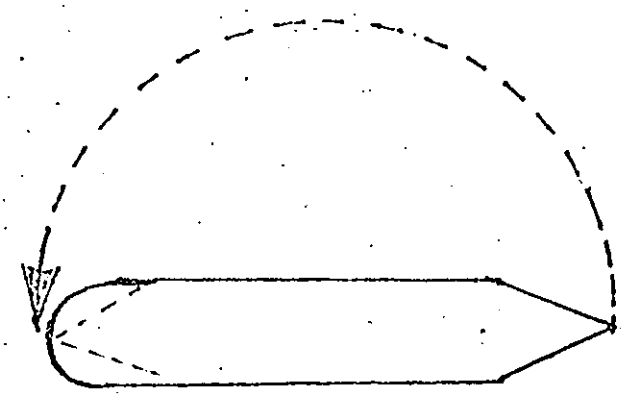
(1) Adrizado .- Cuando la embarcación tiene el mismo calado en proa y popa
(2) Encabuzado .- Cuando la embarcación tiene un mayor calado en proa que en pop
(3) Sentado .- Cuando la embarcación tiene un mayor calado en popa que en proa



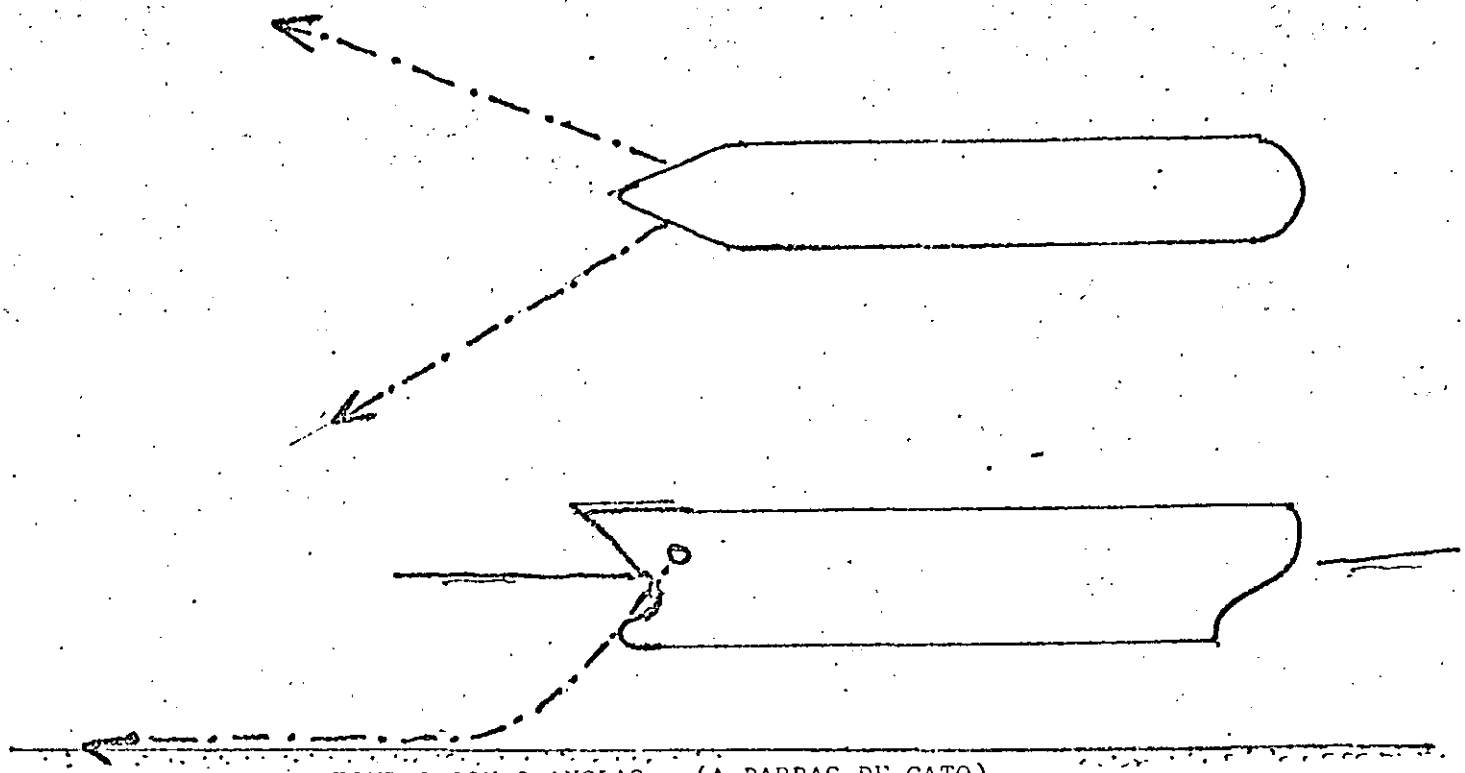
Banda.- Cada una de las mitades del barco, a partir de su eje longitudinal

(4) Escorado.- Inclinación que la embarcación puede sufrir hacia la banda de babor o estribor.

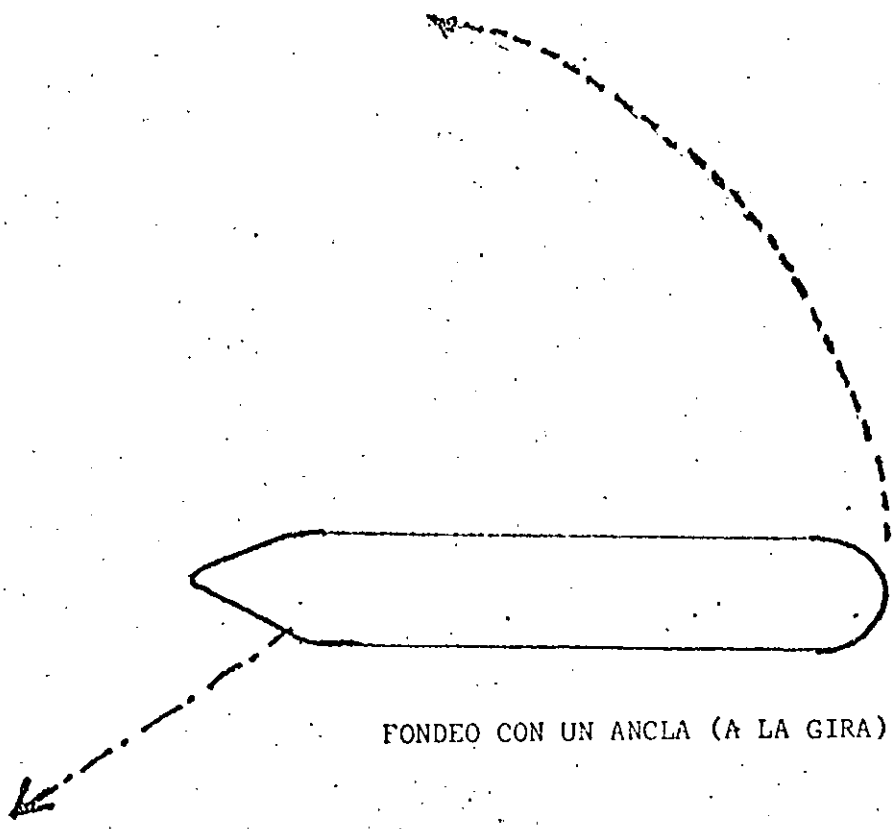




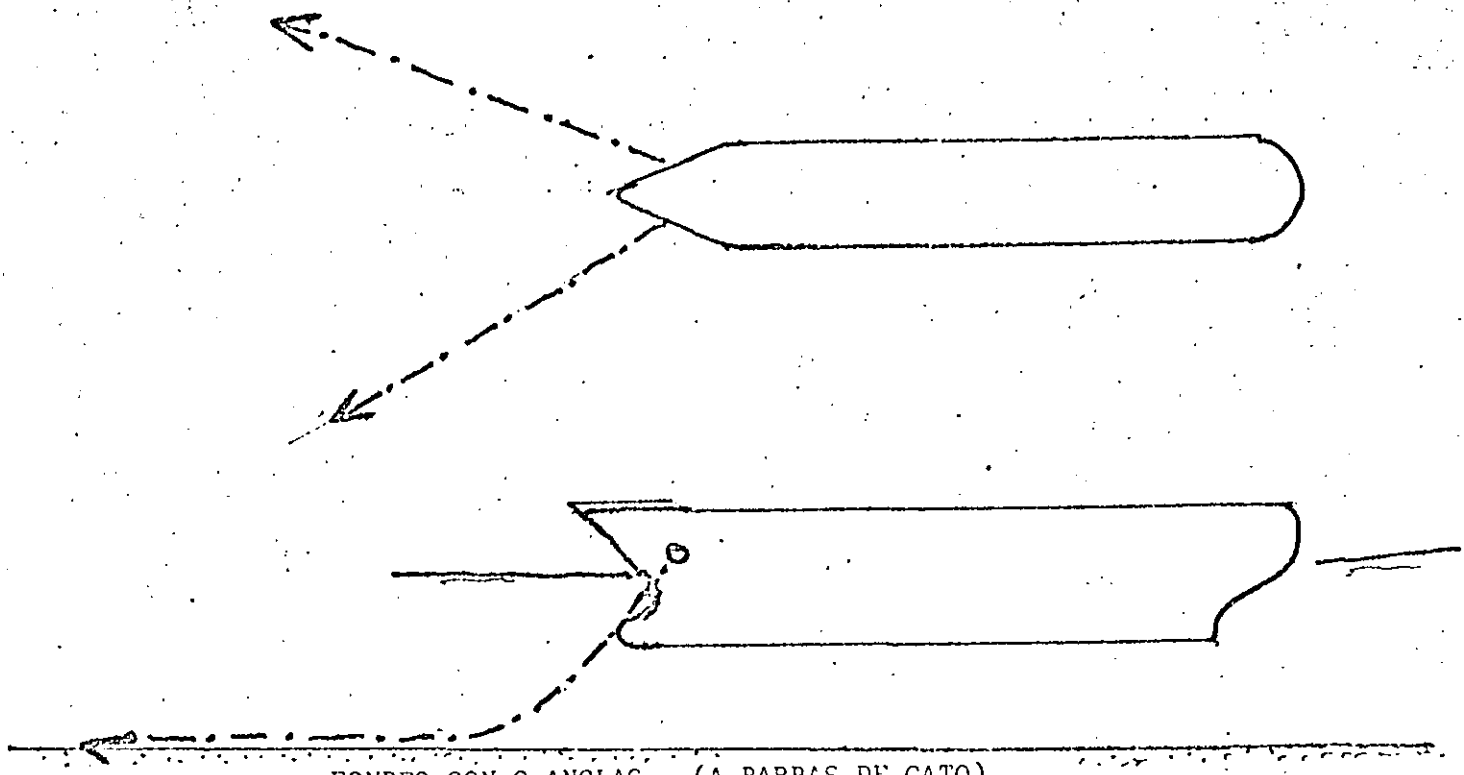
CIABOGA



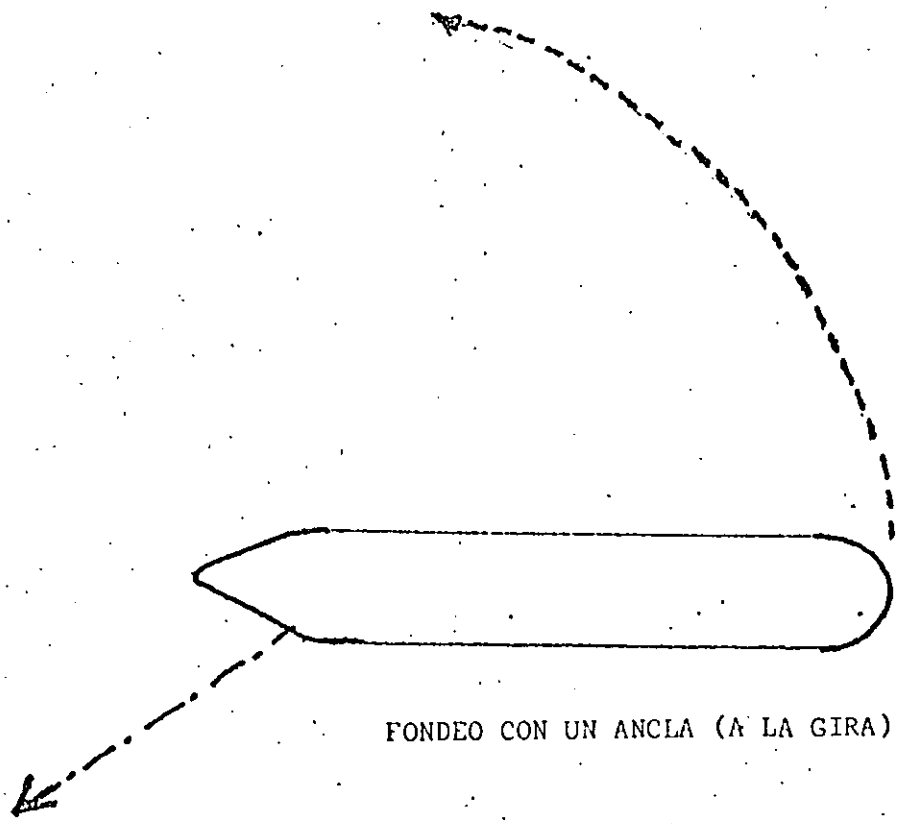
FONDEO CON 2 ANCLAS (A BARBAS DE GATO)



FONDEO CON UN ANCLA (A LA GIRA)



FONDEO CON 2 ANCLAS (A BARBAS DE GATO)



FONDEO CON UN ANCLA (A LA GIRA)

CLASIFICACION DE EMBARCACIONES

POR TIPO DE SERVICIO	POR SU TRAFICO	POR TIPO DE BARCO	POR LA CARGA TRANSPORTADA		POR EL EQUIPO DE MANEJO DE CARGA
LINEA (ITINERARIO FIJO)	ALTURA	DE CARGA GENERAL	DE CARGA		CONVENCIONAL CON PLUMA REAL
			MIXTOS	CARGA PASAJE	
			PORTA PALETAS		
		PARA CARGA UNITARIA	TRANSBORDO POR RODADURA-TRANSBORDADORES (ROOL ON ROLL OF)		CON RAMPA SIN RAMPA
			PORTA-CONTENEDORES (LIFTON/LIFTOF		CON GRUAS A BORDO (1° Y 2°-GENERACION SIN GRUAS (2° Y 3° GENERACION)
			PORTA BARCAZAS	LASH SEA BEE	
		GRANELEROS			
	CABOTAJE				
TRAMPA (S/ITINERARIO)		PASAJEROS			
		PESQUEROS			
	GRAN CABOTAJE				
		PERECEDEROS			

FLETE MARITIMO.

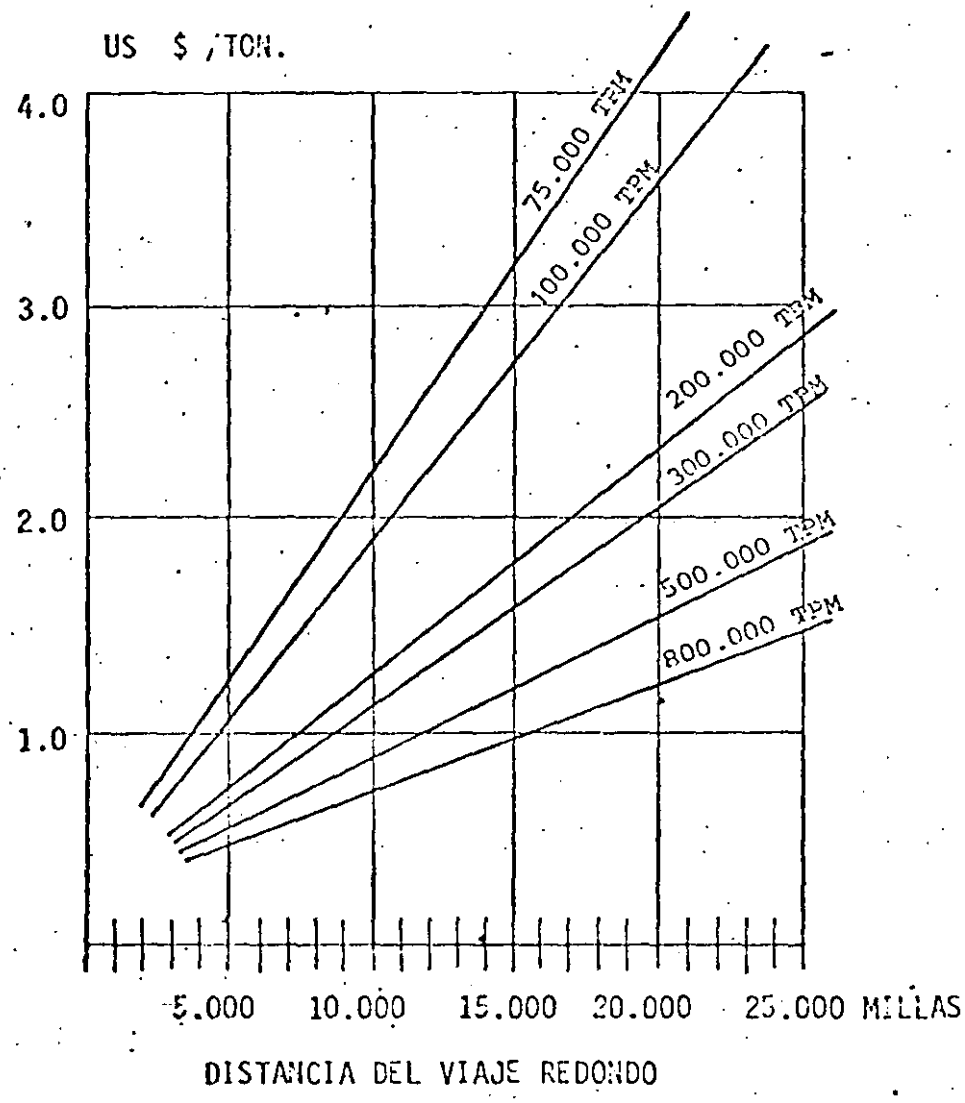
El flete (costo del transporte) en el caso del marítimo, - depende de multiples factores, dentro de los cuales influyen en una parte importante el costo del barco, las distancias del transporte, la posibilidad de utilización de grandes barcos, el transporte de mercancias de ida y vuelta y la situación del mercado de fletes.

Para determinar las características del barco óptimo para un transporte de carga determinado, influye la distancia a recorrer, el volúmen anual a transportar, profundidad en - la terminal, etc. Para dar una idea del costo del transporte se podra observar la siguiente gráfica, nos proporciona el costo del transporte marítimo (viaje redondo) de acuerdo con la capacidad de la embarcación utilizada.

Los armadores, o propietarios de las embarcaciones obtienen el nivel de los fletes tomando en cuenta, entre otros factores, el valor de construcción de embarcaciones, los cuales para dar una idea, a continuación se mencionan, a precios - de 1973.

Las estadias en puerto de una embarcación también influye en la fijación de los fletes marítimos, a continuación se indican las tasas de renta diaria de algunas embarcaciones -- (datos de 1973).

COSTOS DE TRANSPORTE DE PETROLEO



(J.B. PARGA)

NOTA: Los valores son indicativos.

COSTO DE CONSTRUCCION NAVAL (EN 1973)

CARGA GENERAL	10 000	TPM	.-	$	300/375 TPM.
	10/15 000	"	.-		270/330 "
PORTA-CONTENEDORES	25 000	"	.-		1 500 TPM.
	10 000	"	.-		450/600 "
GRANELEROS	10/30 000	"	.-		300/600 "
	50 000	"	.-		270/600 "
	50/150 000	"	.-		225/600 "
O.B.O. (OIL-BULCK-ORE)	50/150 000	"	.-		180/600 "
	150 000	"	.-		160/600 "
PETROLEROS	10/20 000	"	.-		375/450 TPM.
	50 000	"	.-		180/450 "
	150/150 000	"	.-		180/450 "
	150 000	"	.-		160/450 "

ARRENDAMIENTO DE EMBARCACIONES (EN 1973)

CARGA GENERAL	10 000	TPM	.-	$	2 015/DIA
	10/15 000	"	.-		3 210/DIA
PORTA-CONTENEDORES	25 000	"	.-		16 418/DIA
	10 000	"	.-		6 270/DIA
GRANELEROS	50 000	"	.-		5 373/DIA
	50/150 000	"	.-		11 200/DIA
O.B.O.	150 000	"	.-		18 657/DIA
PETROLEROS	50/150 000	"	.-		10 746/DIA
	150 000	"	.-		22 761/DIA

DATOS TOMADOS DE:

CURSO DE EXPLOTACION Y DIRECCION DE PUERTOS

TOMO II

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.

EL PUERTO.

Servicios al barco:

Una vez que el barco anuncia su arribo a un puerto determinado, a través de las agencias consignatarias del barco a través del servicio de radio costera, la embarcación se situa en las zonas de fondeo fuera del puerto, en donde - es abordado por las autoridades de sanidad internacional, y si cumple con los requisitos establecidos se le autoriza el atraque, el cual será realizado por un práctico (piloto de puerto) auxiliado con remolcadores, la autoridad marítima fija el muelle en que opera.

COSTOS DE TRANSPORTE

Los costos portuarios ha que estarán sujetas las embarcaciones comerciales de altura que atraque en muelles de -- propiedad federal (caso de México) serán las siguientes:

A.- REMOLQUE.

El servicio de remolcador se cobra de acuerdo con el tonelaje bruto del buque y por maniobra del atraque o desatraque que puede ser en tiempor ordinario o extraordinario.

B.- LANCHAJE.

Este servicio se cobra de acuerdo a la distancia y maniobra que se realize:

a). Llevar o traer al practico a la boya de recalada.

b). Llevar o traer personal al fondeadero de explosivos.

c). Llevar o traer personal al fondeadero de cuarentena.

d). Llevar o traer personal al fondeadero de la darsena.

e). Llevar personal y cabos a los duques de alba y/o de amarre en la maniobra de atraque.

f). Soltar cabos al desatraque, revisar calados o enmendar.

C.- PRACTICAJE.

El pilotaje se cobra de acuerdo al tonelaje bruto del buque y el calado máximo del mismo, por maniobras que se efectue:

a). De bahia a entrada a canal.

b). Entrada Canal.

c). Atraque.

d). Desatraque.

e). Salida canal.

D.- SANIDAD.

Por reconocimiento de embarcación:

a). Sanidad Internacional.

b). Sanidad Vejetal.

E.- MIGRACION.

Por reconocimiento de embarcación por el agente de migración.

(No se toma en cuenta la estadia, --- se cobra unicamente por visita).

F.- ADUANA I:

Se cobra por el personal de resguardo aduanal que interviene en el puerto (interventores, almacenistas, - vigilancia y de servicio administrativos).

(Se cobra unicamente el tiempo extraordinario dado que el gobierno cubre el ordinario).

G.- ADUANA II:

Este impuesto se paga con relación al producto especifico movido y de acuerdo a la tarifa autorizada, los - conceptos son los siguientes:

a). ADVOLAREM: Porcentaje que se paga por valor oficial comercial de la mercancia.

b). 3% Adicional.

c). 10% Adicional (sobre derechos de muellaje).

d). 1% Fomento exportación.

H.- CAPITANIA DE PUERTO.

Por concepto de vigilancia se cobra en tiempo extraordinario y en turnos de 4 horas a partir de las 15:00 hrs. y hasta las 08:00 hrs. del día siguiente.

I. DERECHOS PORTUARIOS.

a). Derechos de puerto; por TBR

b). Derechos de atraque; por metro, eslora por hora

c). Derecho de muellaje, por tonelada de carga manejada.

Los cobros se efectuan de acuerdo al decreto, establece las cuotas de los derechos para amortizar las inversio-

nes realizadas en la construcción de las instalaciones portuarias.

J.- AMARRADORES.

Este servicio se cobra de acuerdo al tonelaje bruto de la embarcación y por maniobra, considerando, ya sea -- tiempo ordinario o extraordinario.
(Atraque, Desatraque).

K.- COSTOS CARGADURA (ESTIBADORES).

Son los cobros que hacen por el manejo de la carga a - bordo o en tierra.

Para la comunicación en los puertos nacionales entre el barco y el personal del puerto se cuenta con el sistema de telecomunicación denominado radio costera que a continuación se describe:

La red nacional de estaciones costeras, compuesta por catroce de estas, ubicadas estrategicamente en los principales puertos nacionales, y administrada desde 1971 por la Dirección General de Telecomunicaciones.

Mediante esta red se brinda protección a los navegantes en - los litorales y mar patrimonial y se presta ayuda para la explotación de nuestros recursos pesqueros.

Los servicios de radiotelegrafía y radiotelefonia pueden establecerse virtualmente desde cualquier lugar del mundo, de

tierra a barco y viceversa. Las estaciones costeras, estan ubicadas en los siguientes puertos: Ensenada, B.C., Guaymas, Son., La Paz, B.C.S.; Mazatlan, Sin.; Manzanillo, Col.; Acapulco, Gro.; Salina Cruz, Oax.; Chetumal y Cozumel, Q. Roo; Progreso, Yuc.; Cd. del Carmen, Camp.; Coatzacoalcos y Veracruz, Ver.; y Tampico, Tamps.

Se dividen en dos grupos, de primera y segunda categorias, según su capacidad de servicios. Actualmente se encuentran en operación dos estaciones de primera: La de Mazatlan, Sin. y la de Veracruz, Ver.; ambas proporcionan servicios de radiotelefonia y radiotelegrafia costera y en un futuro comunicarán los Oceanos Atlantico y Pacífico. Las restantes son de segunda, pero la de Ensenada, B.C., que prestan servicio radiotelefonico, las de Manzanillo, Col.; y Chetumal, Q. Roo que prestan radiotelegráfico junto con las dos primeras en total cinco, son las únicas capacitadas para establecer enlaces de largo alcance con embarcaciones de altura en viajes internacionales y tiene un horario de operación, excepto la de Chetumal, Q. Roo, de 24 hrs. todos los dias de la semana.

Además de los servicios de radiotelefonía y radiotelegrafía las estaciones costeras estan capacitadas para prestar los siguientes: Radioforos marítimos, muy importantes, porque sirve de guía en la navegación de embarcaciones con fallas o sin equipo de radar, durante tormentas, brumas o con pilo

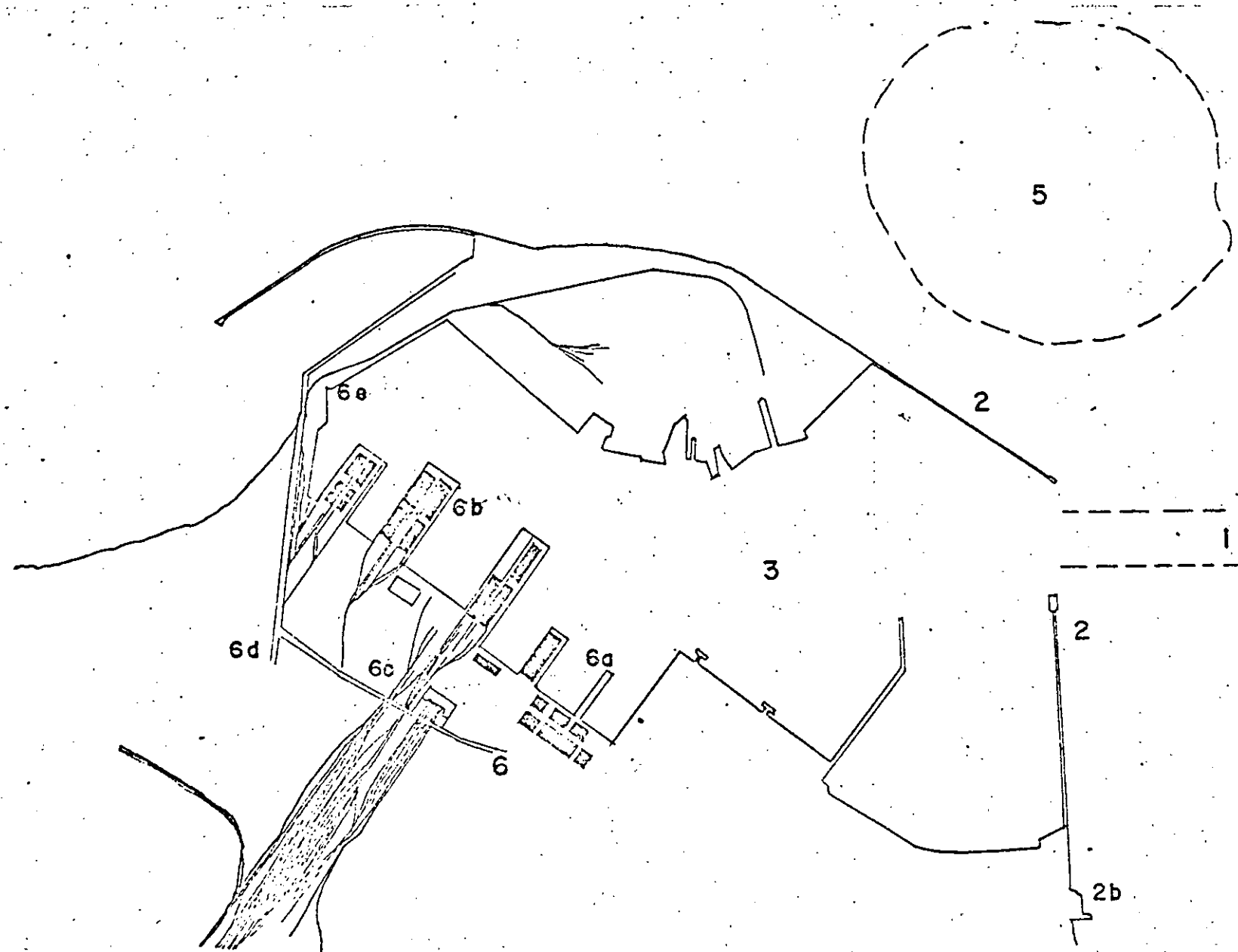
to manual solamente cuando no hay visibilidad; boletines meteorológicos, referentes a las condiciones del tiempo -- prevaleciente en la zona de influencia de determinada estación costera, presión atmosferica, velocidad de los vientos, precipitación pluvial, etc., permitiendo a los navegantes - tomar las debidas precauciones para navegar con seguridad; avisos para la seguridad de los navegantes, útiles para prevenirlos de obstáculos en su ruta, como restos de naufra--- gios, o algún otro objeto peligroso; asistencia medica en - altamar, consistente en diagnosticar y resetar, desde cualquier estación costera, en zona, a un paciente a bordo de - una embarcación en altamar, radiotegráfica o radiotelefónica. Esta comunicación tiene prioridad sobre las otras, ex-- cepto las de socorro y seguridad, y ha demostrado su gran - utilidad, ya que por medio de este servicio se han salbado muchas vidas; servicio de radiodeterminación, mediante el - cual es posible localizar bancos de pesca para su explota-- ción; operaciones portuarias es un servicio que se presta a las embarcaciones solicitantes de permiso para efectuar movimientos en los puertos, mediante comunicación telefónica entre los capitanes de puerto y de las embarcaciones; libre plática por radio consiste en recibir, con 8 hrs. de anticipación al arribo del barco, información de enfermedades a - bordo, que sean objeto de lejislación, para que las autoridades de sanidad internacional puedan determinar si es pro-

cedente o no el desembarco de los pasajeros y tripulación, ahorrando así un considerable tiempo en trámites; y otros servicios igual de importantes y con implicaciones sociales y económicas.

Resumiendo, las estaciones costeras son un importante instrumento para dar cabal cumplimiento al compromiso contraido por nuestro país en el convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (Londres 1960); además contribuyen en la eficiente vigilancia de nuestras costas y mar patrimonial; prestan ayuda a las embarcaciones; establecen contacto directo e inmediato, radiotelegráfico y radiotelefónico con embarcaciones nacionales y extranjeras, en viajes cortos y largos, desde cualquier parte del mundo y durante todo el año, expiden rapida y eficientemente los servicios radiotelefónicos por la correspondencia pública; auxilian en la explotación pesquera y en la investigación oceanografica, con miras ha satisfacer la futura demanda de nuestro pueblo de productos alimenticios y de energeticos, y dan facilidades a las actividades turisticas y a la transportación de pasajeros y mercancias.

SERVICIOS MARITIMOS.- El tráfico marítimo de altura y cabotaje se prestan con embarcaciones de itinerario fijo (ó regulares) y tarifa fija con barcos "TRAMP" denominados "TRAMPA", que son barcos no sujetos a itinerario fijo y con tarifas flexibles. En el caso de México, el tráfico de altura -

se realiza con servicios de itinerario fijo y con barcos - TRAMPA nacionales y extranjeros, no así el cabotaje que po ley exclusivamente deberá emplear naves con bandera nacional.



1.- CANAL DE ACCESO.

2.- OBRAS DE PROTECCION Y ABRIGO (ROMPEOLAS).

3.- DARSENA.

4.- FARO DE RECALADA.

5.- FONDEADEROS.

6.- OBRAS INTERIORES.

4

6a. MUELLE ESPIGON

6b. MUELLE MARGINAL

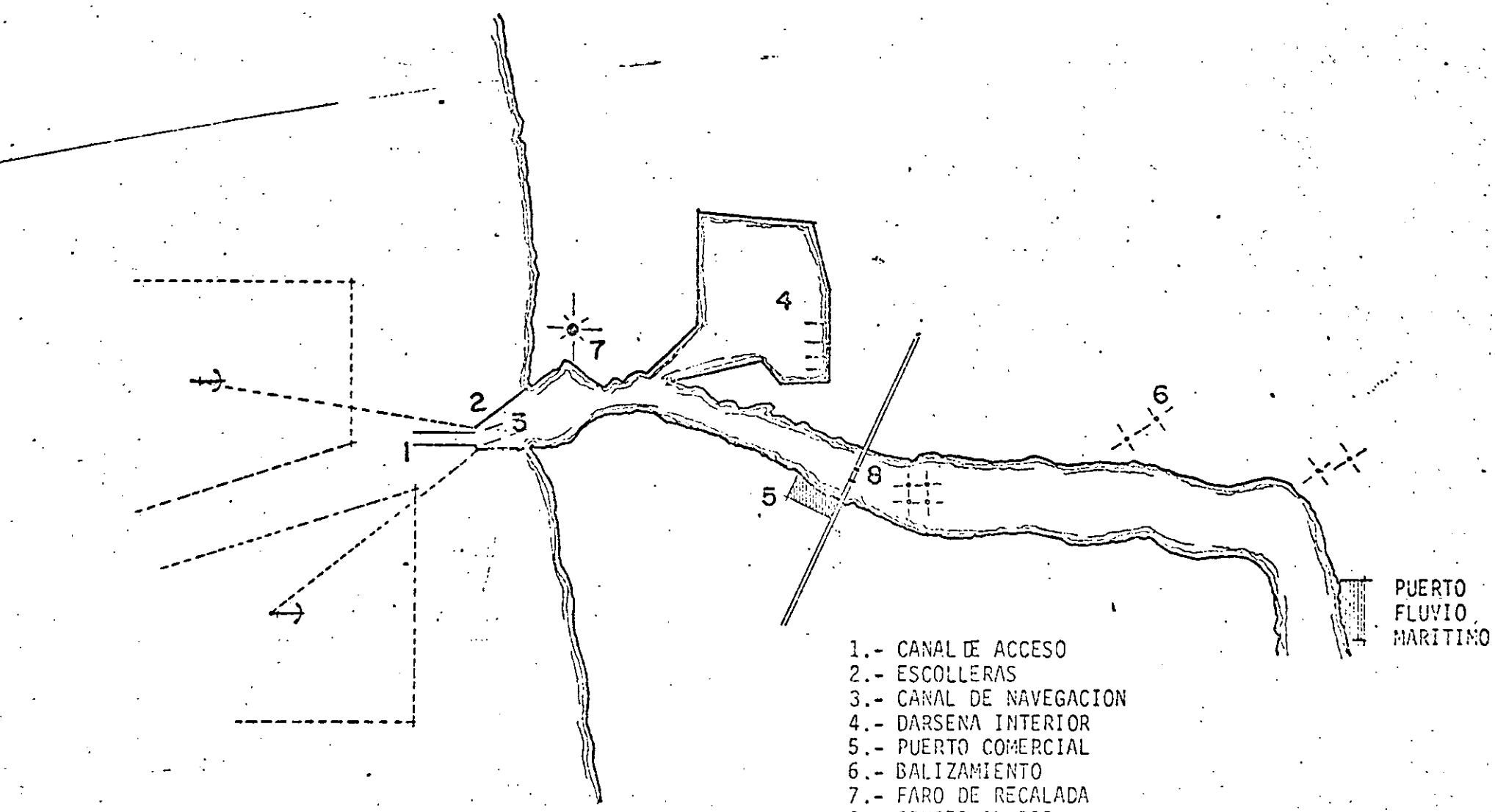
6c. BODEGA.

6d. ACCESOS FERROVIARIOS Y CARRETEROS.

6e. BODEGA DE REPARACIONES NAVALES

PUERTO MARITIMO
(artificial)

PUERTOS FLUVIALES Y FLUVIO MARITIMO



1.- CANAL DE ACCESO
2.- ESCOLLERAS
3.- CANAL DE NAVEGACION
4.- DARSENA INTERIOR
5.- PUERTO COMERCIAL
6.- BALIZAMIENTO
7.- FARO DE RECALADA
8.- CRUCES AL RIO

CLASIFICACION DE CARGAS

1
- SECAS
  - FRACCIONADA
    - PELIGROSA
    - PERECEDERA
    - CONTAMINANTE
  - UNITARIZADA
    - PALETAS
    - CONTENEDORES
      - SECA
      - LIQUIDA
      - PERESEDERA
  - GRANEL
    - MECANIZADO
    - SEMI MECANIZADO
      - PROD. AGRICOLAS
      - MINERALES
- LIQUIDAS
  - GRANEL
    - DUCTOS
      - MIELES
      - PETROLEO
      - GASES
      - PROD. QUIMICOS
      - AGUA

2
- CARGA GENERAL FRACCIONADA
- CARGA GENERAL UNITARIA
  - PALETAS
  - CONTENEDORES
- GRANELES
  - SECOS
    - PRODUC. AGRICOLAS
    - MINERALES
  - LIQUIDOS
    - MIELES, AGUA, AZUFRE, PETROLEO Y PROD. QUIMICOS
- PASAJEROS
- PERECEDEROS
  - PRODUCTOS DEL MAR
  - PRODUC. AGROPECUARIOS

NOTA: 1.- CLASIFICACION UNCTAD
2.- CLASIFICACION S.C.T.

MOVIMIENTO DE CARGA EN UN PUERTO

RECEPCION DE CARGA		TIPO DE CARGA	
DIRECTO	DE BARCO A FERROCARRIL Ó AUTOTRANSPORTE Ó VICEVERSA	GRANELES AGRICOLAS MINERALES A GRANEL	
INDIRECTO	DE BARCO A BODEGA DE TRANSITO, COBERTIZO Ó PARIOS	CARGA GENERAL	FRACCIONADA UNITARIZADA
		FLUIDOS	PRODUCTOS QUIMICOS PETROLEO MIELES INCRISTALIZABLES AZUFRE MINERALES

CONOCIMIENTO DE EMBARQUE:

Las transacciones comerciales internacionales, requieren de un documento para fijar las condiciones del vendedor y del comprador, este documento se denomina "conocimiento de embarque".

Como auxiliares principales para realizar estas transacciones, existen los consignatorios de la carga y los agentes aduanales, los que representan los intereses de los compradores y vendedores de mercancias.

Para el agente aduanal es el comprobante de haber realizado el embarque según las indicaciones de su cliente. Para el vendedor sera el documento de haber cumplido con lo pactado con su cliente, además sera un comprobante para cobrar el importe de la venta, ya sea directamente o por conducto bancario. Para los bancos es el documento básico para cerrar el acuerdo contenido en la carta de crédito entre el vendedor y el comprador.

Para el comprador le sera indispensable, para el retiro de la carga. El conocimiento de embarques se utiliza para que en los consulados se haga el visado para permitir la internación de la carga en su país. Tambien se emplea en su caso para tramitar devolución de impuestos y subsidios gubernamentales.

Estos documentos, principalmente se dividen en:

1.- Conocimiento de embarque marítimo.

2.- Conocimiento de embarque por camión (talón ó guía)

3.- Conocimiento de embarque por ferrocarril.

Los conocimiento de embarque marítimo se presenta a la autoridad aduanal para acreditar la calidad de consignatario de la carga y de esa manera realizar el embarque correspondiente. En esta fase el consignatario de la carga "Revalidad" ó "Endosa" con el objeto de que el agente aduanal haga los trámites de retiro de las mercancias.

Por sus características, existen los siguientes conocimientos de embarque marítimo:

1.- Conocimiento de embarque marítimo abordo (ON BOARD MARINE BILL OF LADING).- cuando las mercancias se encuentran abordo del barco.

Conocimiento de embarque marítimo sobre cubierta - del muelle (ON DOCK MARINE BILL OF LADING).- cuando las mercancias se colocan en la cubierta del muelle, con previa aceptación del embarcador.

Conocimiento de embarque marítimo recibido para embarque (RECEIVED FOR SHIPMENT MARINE BILL OF LADING). cuando las mercancias son entregadas en los almacenes de la compañía naviera.

NOTA: Esta forma no se utiliza en México debido a que las empresas navieras no cuentan con muelles ó terminales marítimas propias.

Conocimiento de embarque directo (STAIGHT MARINE - BILL OF LADING).- cuando las mercancias son transportadas por un solo buque del puerto de origen al de destino.

Conocimiento de embarque corrido (THORDUGH MARINE BILL OF LADING).- cuando las mercancias pueden ser transladadas por diversos buques entre los puertos intermedios que existan.

NOTA: Actualmente los conocimientos se pueden utilizar indistintamente para embarques directos ó con trans-- bordos.

Tipos de cotización utilizados en los contratos de compra-venta internacionales:

"Ex-Fabrica" (EX WORKS).- es decir cuando la mercancia se entrega en la fabrica, en taller, en plantación.

Franco a costado de barco (F.A.S.) (FREE ALONG SIDE). cuando las mercancias se entregan en la cubierta del muelle de embarque.

Libre a bordo (F.O.B.) (FREE ON BOARD).- cuando - las mercancias son entregadas a bordo del buque - designado por el comprador en el puerto de carga, libre de impuestos.

Libre sobre vagon de ferrocarril (FOR).- entrega de mercancias sobre vagón en el punto de partida convenido.

Libre sobre camión (FOT).- entrega de mercancias sobre camión, en el punto de partida convenido.

Contrato de costo de flete (C F) (COST AND FREIGHT) entrega de mercancias en el puerto de destino in-- cluyendo el importe de la descarga en puerto.

Contrato "Costo seguro flete" (CIF) (COST, INSURANCE, FREINGHT).- entrega de las mercancias en el puerto de destino incluyendo el importe del seguro de da-- ños y la descarga en puerto.

Contrato de venta, ex-barco en puerto de destino convenido (EX-SHIP((NAMED PORT OF DESTINATION).- entrega de mercancias a bordo del barco en el puer to de destino convenido.

Comtrato de venta ex-muelle, derechos pagados en - puerto convenido (EX-QUAY) (DUTI Y PAID HAMED PORT). entrega de marcancias en muelle, incluyendo seguro

e impuestos, es decir, libres para que el comprador las retire del puerto de destino.

Contrato de venta con flete o porte pagado hasta... (punto de destino convenido) con transporte terrestre unicamente.- (FREIGHT OF CARRIEGE PAIDTO NAMED POINT OF DESTINATION.- INLAD TRANSPORT ONLY).- entrega de mercancias al primer transportador terrestre.

Las necesidades de tramitación de documentos relativos a la exportación e importación con el inicio del uso de contenedores y la modernización de los sistemas de transporte terrestre, que permiten la entrega directa de mercancias del productor al consumidor han propiciado la creación de empresas de servicio inter-modal internacional que hacen responsables de las mercancias desde su origen a su destino final emplando los diversos modos de transporte, tales como: autotransporte, ferrocarril, chalanes en cabotaje y transporte marítimo de altura.

Las empresas de servicio inter modal realizan la tramitación especializada en importaciones y exportaciones, redundando en beneficio de vendedores y compradores al reducir los tiempos de entrega; preservación de las mercancias y reducción del embalaje por el uso de contenedores y el hecho de poder negociar financiariamente el conocimiento de embarque.

En Mexico ya existe una empresa nacional de transporte inter modal internacional la cual se creo para realizar este tipo de servicios.

BARCOS DE CARGA GENERAL.

Los barcos de carga general se han estabilizado en una capacidad del orden de las 20,000 TPM. (E = 170 m., M = 21 , -- P = 12.7 , C = 9.8), con cinco bodegas y sin entrepuentes, los cuales aprovechan los mayores puertos existentes en el mundo con 10 m. de profundidad en las terminales marítimas para carga general.

DIVISION DEL BUQUE EN SECCIONES VERTICALES

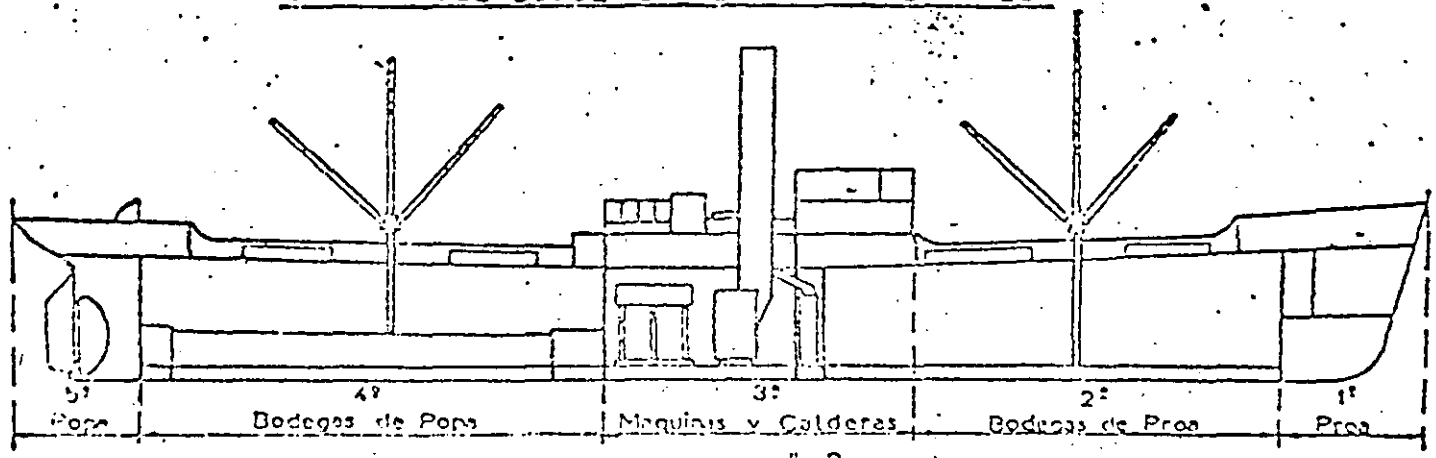
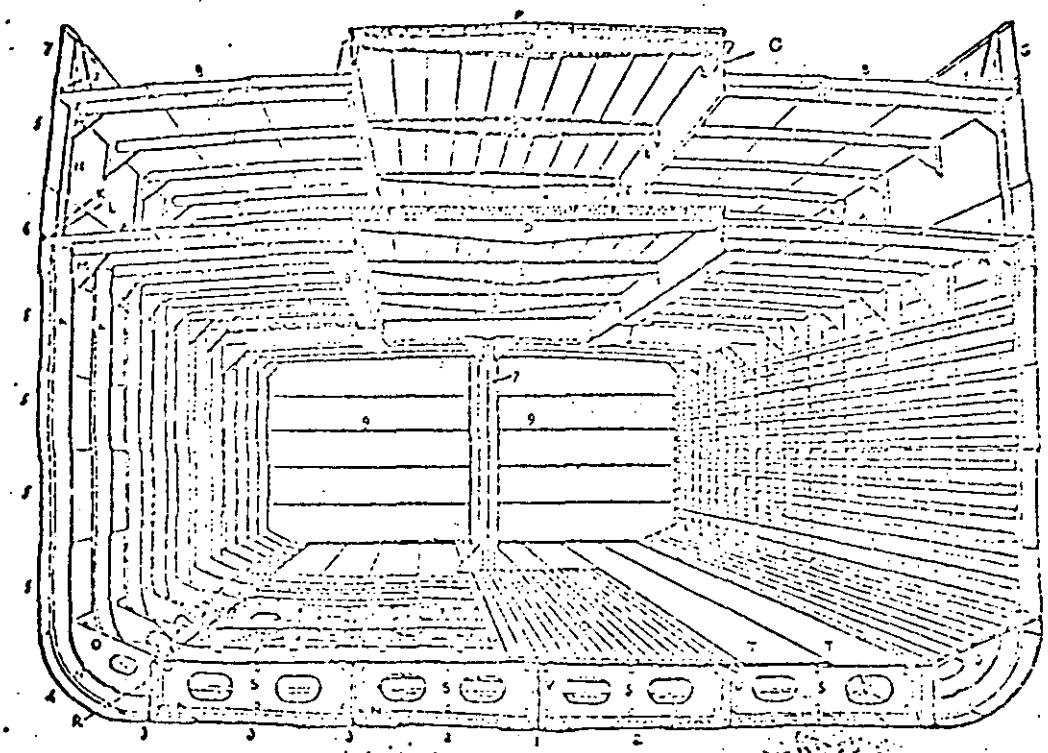


Figura # 2



Shelter Deck Vessel

A. Main Deck
B. Shelter Deck
C. Hatch Coaming
D. Hatch Beams
E. Hatch Carrier
F. Hatch Cover
G. Bulwarks
H. Half Beam
I. Stringer Plate
J. Gunwale Bar
K. Shell Bar
L. Stringer Bar
M. Beam Knee
N. Frame
O. Tankside Bracket
P. Gusset Plate
R. Margin Plate
S. Floor Plate
T. Tank Top Plating
U. Side Girder
V. Centre Girder
1. Keel Plate
2. Garboard Strake
3. Bottom Strake
4. Bilge Strake
5. Side Plating
6. Sheer Strake
7. Hold Pillar
8. Deck Girder
9. Bulkhead
10. Hold Ceiling
11. Bilge Ceiling
12. Spar Ceiling

FIGURA No. 3

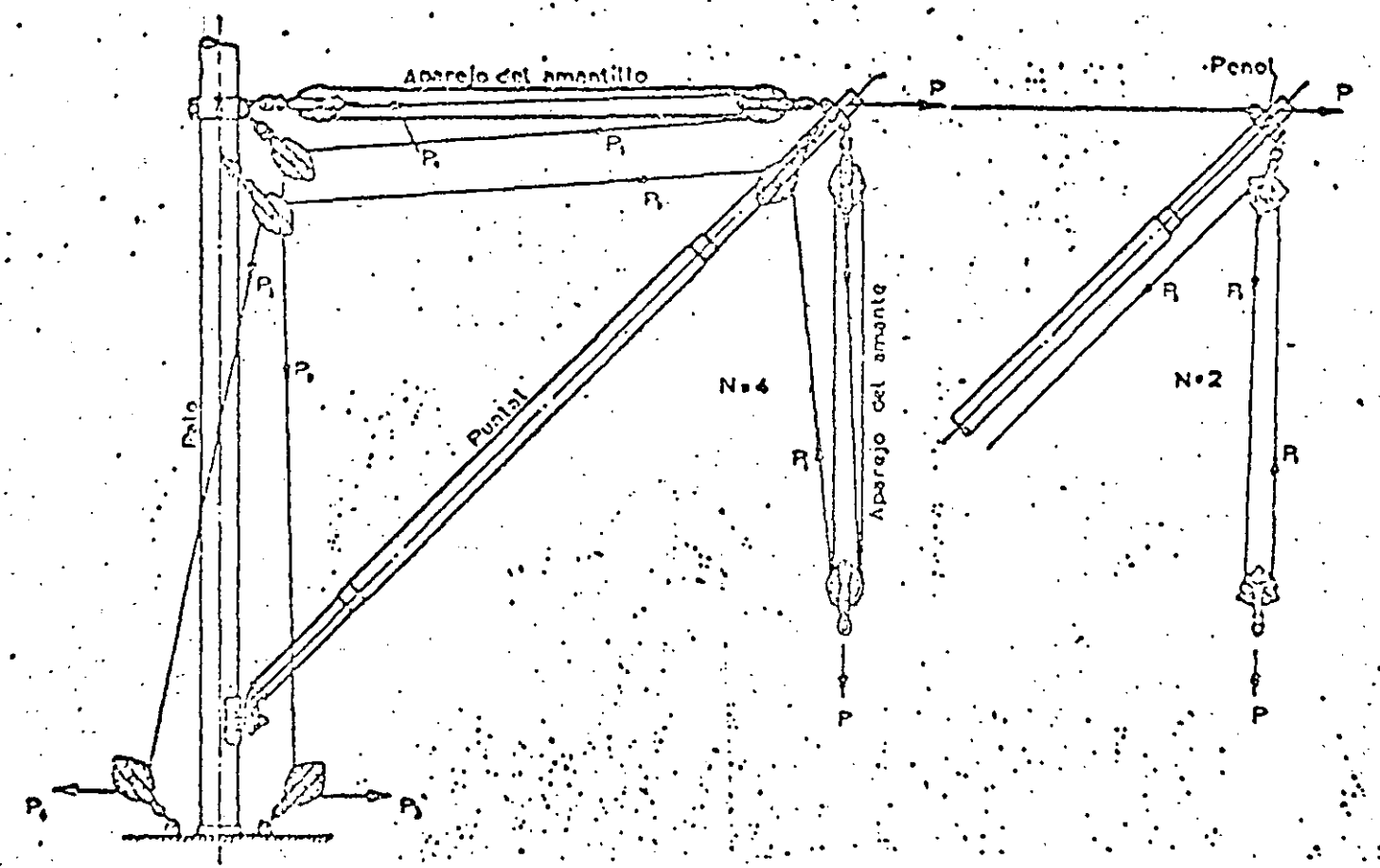

Aparejo del amantillo
Penol
P
P
P1
P1
P1
P1
P1
R
R
R
R
R
Palo
Puntal
N°4
N°2
Aparejo del amante
P
P
P1
P1

FIGURA No. 4

BARCOS DE CARGA GENERAL

PESO MUERTO (TON)	DESPLAZA MIENTO (TONS)	ESLORA (m.)	MANGA (m.)	PUNTAL (m.)	CALADO (m.)
700	933	52	8.3	3.8	3.6
1,000	1,333	60	9.3	4.4	4.1
2,000	2,667	77	11.5	5.8	5.1
3,000	4,000	90	13.1	6.8	5.7
4,000	5,333	100	14.3	7.7	6.3
5,000	6,667	109	15.3	8.4	6.7
6,000	8,000	117	16.2	9.0	7.1
7,000	9,333	124	17.0	9.6	7.5
8,000	10,667	130	17.7	10.1	7.8
9,000	12,000	136	18.4	10.6	8.1
10,000	13.333	142	19.0	11.1	8.3
12,000	16,000	152	20.1	11.9	8.8
15,000	20,000	165	21.6	13.0	9.5
17,000	22,667	173	22.4	13.7	9.8
20,000	26,667	184	23.6	14.6	10.3

BARCOS PARA CONTENEDORES

El crecimiento en el tráfico de carga general, propicio la - implantación de sistemas para aumentar los rendimientos en el manejo de la carga.

Este sistema se logro mediante la unitarización de la carga con el empleo de contenedores. Este tráfico se inicio en los años - 60's con la transformación de barcos convencionales de carga general para permitir la carga y descarga de contenedores con --- grúas instaladas en el propio barco.

Este tipo de barco de 6 a 15000 TPM, y calados de 8 m., con velocidades del orden de 15 nudos, denominados de la 1ra. generación, transportan de 100-800 contenedores, por su capacidad estan destinados a alimentar puertos donde arriban embarcaciones de mayor porte.

Al comprobarse la bondad del sistema, que aumento los rendimientos, en 2 y 3 veces respecto al movimiento de barcos convencionales de carga general, y al disminuir la mano de obra en las - maniobras y en la estadía de las embarcaciones, se inició la -- construcción de la segunda generación de barcos con velocidades de 18 a 23 nudos, con capacidades de 800 a 1500 contenedores y de 14 a 22000 TPM y 11.50 m. de calado. Algunos de estos barcos estan equipados con grúas-portico que se mueben a lo largo sus costados que operan en puerto que no cuentan con equipo en tierra para la carga y descarga de contenedores. Las gruas pesadas entre 500 y 600 tons. por lo que son barcos antieconómicos debido al gran peso adicional que les resta capacidad de almacena-- miento.

Los barcos de la 2da. generación son los que con mayor frecuencia tocan el puerto de Veracruz.

La tercera generación, denominados "los barcos de hoy y mañana", son de gran capacidad y velocidad; estan entre las 35 y 50000 TPM, velocidades de 25 a 33 nudos, capacidad de 1800 a 3000 contenedores y calado de 12.5 m.. Este tipo de barcos es costoso en su construcción y operación y dependen de las instalaciones en el puerto. Algunos estan equipados con propulsores en proa para auxiliarse en las maniobras de atraque y salida, cuentan con cuatro maquinas automatizados y navegación controlada por computadora.

Contenedores de 20'.- su peso vacio es de 1900 Kg. (aprox.) y su carga útil de 18 tons.. La carga real promedio mundial es del orden de las 11-14 tons; su cubicaje interior es de 32 m^3., el piso es de madera para distribuir el peso sobre las vigas de acero del fondo. La carga permisible sobre el piso es de 980 Kg/m2. y estan diseñados para ser izados por las cuatro esquinas superiores con marco de izaje ó con 4 cables unidos al gancho de la grúa, la totalidad de estos contenedores cuentan con perforaciones en sus costados en la parte inferior para alojar las orquillas de los montacargas en las maniobras en tierra.

A nivel mundial, el número de contenedores de 20' representa el 80%, fundamental, contener un peso máximo que cumpla con las limitaciones de carreteras y puentes en la mayoria de los países.

Contenedores de 40'.- es el preferido por la mayoria de las embarcaciones los operadores de los barcos portacontenedores de la tercera generación. Para el transporte en carretera -- tiene menor peso un contenedor de 40 pies que en dos de 20'. Su capacidad cúbica es de 65 m3. y su toma de 3400 kg. con - carga útil de 27 tons.

Este tipo de contenedores representa el 30% en número a ni-- vel mundial.

Practicamente ningun contenedor de 40' cuentan con prefora-- ciones para las orquillas de montacargas y estan diseñados - para su izaje y manejo en tierra con "marco de izaje" suje-- tando al contenedor por sus cuatro esquinas superiores.

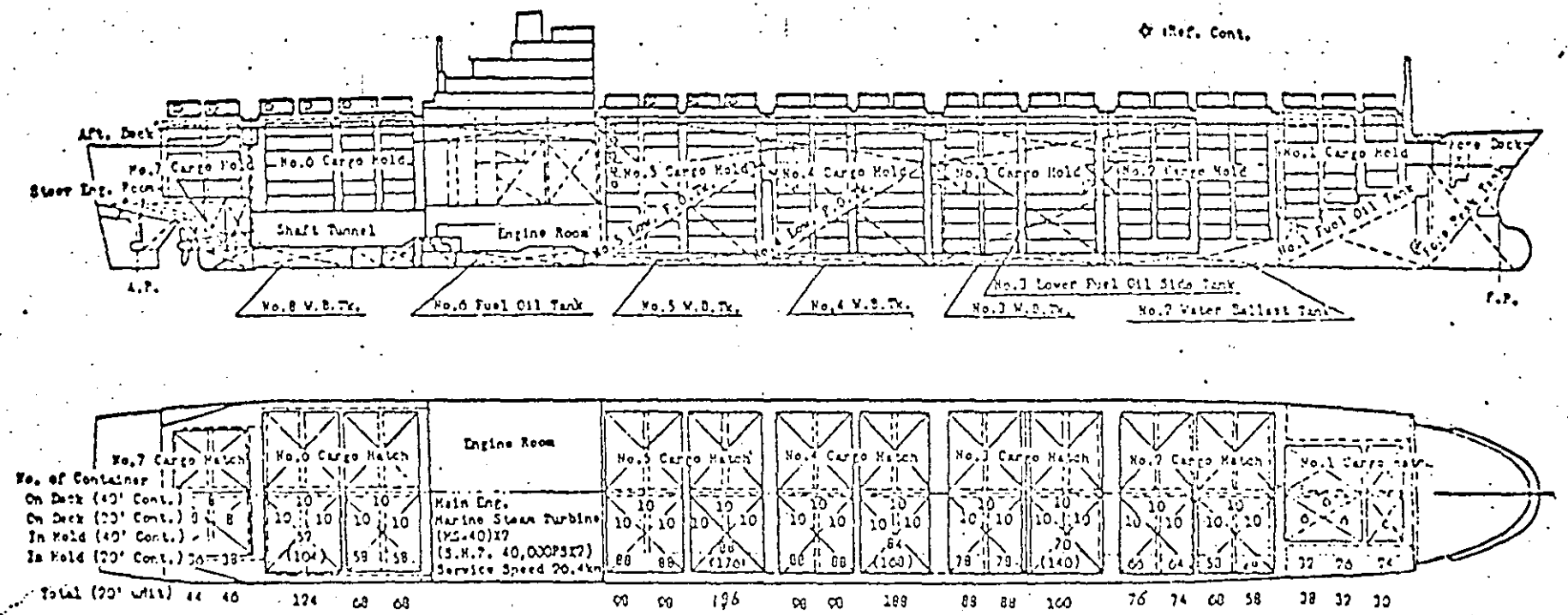
Los contenedores de 35' son los menos usados.

Los contenedores, son recipientes de acero, aluminio platico ó madera contrachapada con bastidor metálico, que permiten - la unitarización de la carga, y transladar la carga del ori-

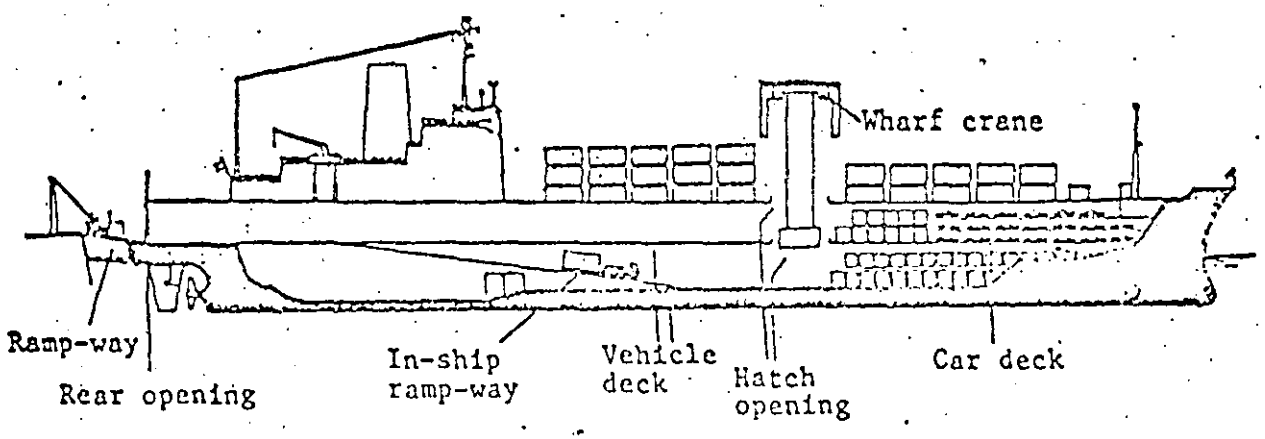
gen, en el local del usuario, al barco y a la inversa. Los contenedores por lo general son de 40, 35 y 20 pies de largo, y en casos especiales de 26' utilizados por la compañía SEA-LAND; en sección transversal; el ancho es de 8' y la alrua varia de 8' a 9'.

Existen contenedores, con temperatura controlada por el -- transporte de perecederos, con recipientes-tanque con es-- tructura cuadrangular en las aristas, para el transporte - de liquidos, gases y graneles. Los contenedores para carga general son a prueba de agua y tienen un sistema para protegerlos de la humedad de conducción. También hay contenedores plegables para tráficos unidireccionales para el transporte de carga de gran densidad en donde no se requiere capacidad volumétricas se emplean contenedores de la mitad de altura permitiendo su acceso por la parte superior.

Los contenedores comunes tienen sus puntas en una cabecera, existiendo algunos con puntas laterales.



DISPOSICION GENERAL DE UN BARCO PORTACONTENEDORES
(1840 TEU)



BARCO RO/RO

P O R T A C O N T E N E D O R E S

TONELAJE BRUTO DE REGISTRO (TBR)	DESPLAZA MIENTO (TONS)	ESLORA (m.)	MANGA (m.)	PUNTAL (m.)	CALADO (m.)
16,240	19,636	187.0	26.0	15.5	10.5
17,184	16,977	208.8	23.8	14.3	9.2
21,057	20,400	196.0	27.6	16.6	10.5
23,600	23,650	212.5	30.0	16.3	10.5
40,000	26,100	242.0	32.2	19.6	10.5
51,500	28,900	245.0	32.2	24.0	11.0
54,500	33,600	252.0	32.2	24.4	11.0

TRANSBORDADORES: (FERRY, RO/RO)

Son barcos que permiten el transbordo de la carga por rodadura, por medio de rampas que cuentan las naves en proa, -- popa o en los costados, apoyadas en muelles y que permiten la circulación, simple o doble, de camiones del barco al -- atracadero o viceversa.

Las bodegas del barco cuentan con varios entrepuentes y rampas interiores para el acomodo de una mayor cantidad de carga ó vehiculos.

Cuando los transbordadores no cuentan con rampas, se instalaran adosadas a un atracadero destinado a este tipo de - barcos. De este tipo de embarcaciones los hay mixtos; en -- cuanto prestan servicio de carga y pasaje.

Para la operación de transboradores en diversos muelles --- existentes, se emplean rampas flotantes moviles, lo cual aumenta la productividad de instalaciones portuarias

En México, se presta el servicio de transbordador en cabotaje; entre topolobampo - La Paz, Guaymas - Santa Rosalia , - Mazatlan - La Paz, Puerto Vallarta - Cabo San Lucas, Puerto Juares - Cozumel. Los transbordadores no cuentan con rampa -

y son de 1000/4000 TPB. La implantación de un sistema de - transbordadores es una herramienta para el tráfico de cabotaje al permitir ahorros substanciales en el consumo de -- energia.

También son utilizados en tráfico de altura a distancias - medias ya que es de mayor costo que los barcos de carga general, y trabajan con flete muerto por la mayor relación de vacios en las bodegas.

TRANSBORDADORES (FERRYS)

TONELAJE BRUTO DE REGISTRO (TBR)	ESLORA (m.)	MANGA (m)	PUNTAL (m.)	CALADO (m.)
50	20	6.0	2.3	2.0
100	25	7.5	2.7	2.5
200	35	9.0	3.2	2.6
300	42	10.0	3.5	3.0
500	50	11.5	3.9	3.2
1,000	64	13.0	4.4	3.4
2,000	85	16.0		4.2
3,000	110	19.0		5.0
4,000	125	20.5		5.6
5,000	130	22.0		6.0
6,000	150	23.0		7.4
7,000	160	24.0		7.8
8,000	185	25.0		7.9

BARCOS PASAJEROS:

Estos barcos los hay hasta de 80000 TRB, los calados, descargado y cargado tienen una pequeña variación dado que la carga esta representado por el peso de los pasajeros y el avituayamiento y rige fundamentalmente el peso de los camarotes y servicios de los pasajeros.

En México arriban cruceros turísticos de hasta 30000 Tons. de desplazamiento con 9.0 m. de calado. Sus arribos son por temporadas, cuando en sus países de origen no operan, arriban a puertos nacionales como ejemplo en invierno no operan en E.U., y los navieros organizan viajes turísticos en México.

BARCOS PARA PERECEDEROS:

Cuentan con bodegas con temperatura controlada y la carga-descarga de los produdctos se realiza a través de portones o puertas localizadas en los costados, ó con escotillas en la cubierta pricipal.

Los barcos de este tipo que arriban a los puertos nacionales son del orden de 6/8000 tons. de desplazamiento.

BARCOS DE PASAJE

TONELAJE BRUTO DE REGISTRO (TBR)	DESPLAZAMIENTO (TONS)	ESLORA (m.)	MANGA (m.)	PUNTAL (m.)	CALADO (m.)
500	500	50.0	8.2	4.5	4.0
1,000	1,000	65.0	10.0	5.3	4.5
2,000	2,000	82.0	12.0	6.4	5.2
3,000	3,000	95.0	13.5	7.3	5.7
4,000	4,000	105.0	14.8	8.0	6.3
5,000	5,000	113.0	15.8	8.8	6.8
6,000	6,000	121.0	16.7	9.5	7.2
7,000	7,000	127.0	17.7	10.2	7.6
8,000	8,000	135.0	18.2	10.8	8.0
10,000	10,000	145.0	19.2	12.0	8.5
15,000	15,000	165.0	21.5	13.0	8.8
20,000	20,000	180.0	23.0	13.8	9.0
30,000	30,000	210.00	26.5	15.5	9.5
50,000	50,000	245.0	30.5	18.0	10.5
80,000	80,000	290.0	36.0	21.0	11.7

BARCOS GRANELEROS: (BULK CARRIER)

Estos barcos se clasifican principalmente en mineraleros y para graneles agricolas.

Los mineraleros han evolucionado hasta llegar actualmente las 300,000 TPM y requieren instalaciones especializadas -- para las operaciones de carga y/o descarga en puerto.

En varios países se han establecido siderurgicas en zonas - portuarias para aprovechar la economía de escala que representa la utilización de barcos de gran porte, En el caso de México se tiene previsto recibir barcos de 100,000 TPM, en Lázaro Cárdenas, aunque actualmente arriban de 70,000. En - el puerto proyectado del Ostión, se pretende connstruir muelles para barcos de 100/150,000 TPM.

Los barcos para graneles agricolas requieren también instalaciones especializadas para sus operaciones en puerto. -- Cuando se utilizan las terminales de carga general para la carga/descarga, se emplean barcos de hasta 30000 TPM. Cuando se cuenta con instalaciones especializadas con muelles y silos, se puende emplear embarcaciones de 40/50000 Ton.. En México operan terminales graneleras en el puerto de Veracruz, con 12 m. de profundidad, en Guyamas con 10 m. y ---- aproximadamente en Lázaro Cárdenas con 14 m. de profundidad.

Para profundidades del orden de los 6 m. en puertos fluviales, operan barcazas de 10/25000 TPM auto-descargables o sin equipo abordo, que permiten el manejo de granos con una alta eficiencia y que se utilizan en distintas medidas como entre el Misisipi y Tampico, Tuxpan y Alvarado.

Otro tipo de barco para cargas a granel, son los barcos termo para el transporte; por ejemplo: de azufre líquido, cuyas -- operaciones son a altas temperaturas. México exporta en esta forma parte del azufre vía puerto de Coatzacoalcos.

Cuando los países importadores no cuentan con instalaciones - adecuadas para la recepción de este tipo de barcos, el azufre se transporta en graneleros convencionales de granel seco.

B A R C O S G R A N E L E R O S

PESO MUERTO (TON)	DESPLAZAMIENTO (TONS)	ESLORA (m.)	MANGA (m.)	PUNTAL (m.)	CALADO (m.)
1,000	1,333	61	8.9	4.8	4.3
2,000	2,667	77	11.1	6.0	5.1
3,000	4,000	88	12.7	6.8	5.7
4,000	5,333	96	13.9	7.5	6.1
5,000	6,667	104	14.9	8.1	6.5
6,000	8,000	118	16.8	8.3	6.9
8,000	10,667	130	17.6	9.5	7.4
10,000	13,333	140	18.5	10.5	7.9
12,000	16,000	150	19.4	11.2	8.5
15,000	20,000	149	21.3	11.5	8.6
20,000	26,667	164	23.4	12.7	9.2
25,000	33,333	176	25.1	13.6	9.8
30,000	40,000	187	26.6	14.4	10.3
40,000	53,333	206	29.2	15.9	11.0
50,000	66,667	222	31.4	17.1	11.7
60,000	80,000	235	33.3	18.1	12.3
70,000	93,333	248	35.0	19.0	12.8
80,000	106,667	259	36.6	19.9	13.2
100,000	133,333	278	39.3	21.4	14.0
150,000	200,000	300	45.0	25.0	16.0
200,000	266,667	315	50.0	28.0	18.0
250,000	333,333	330	53.5	30.0	20.5

BARCOS TANQUE.

La tendencia de tamaño de éstos barcos quedo en la ingeniería del detalle de barcos de 1 000 000 TPM., con la apertura del canal de Suez en 1970 propicio la estabilización en el tamaño a 500,000 TPM.. El barco tipo mundial mas comun en esta época es del orden de 250,000 TPM.

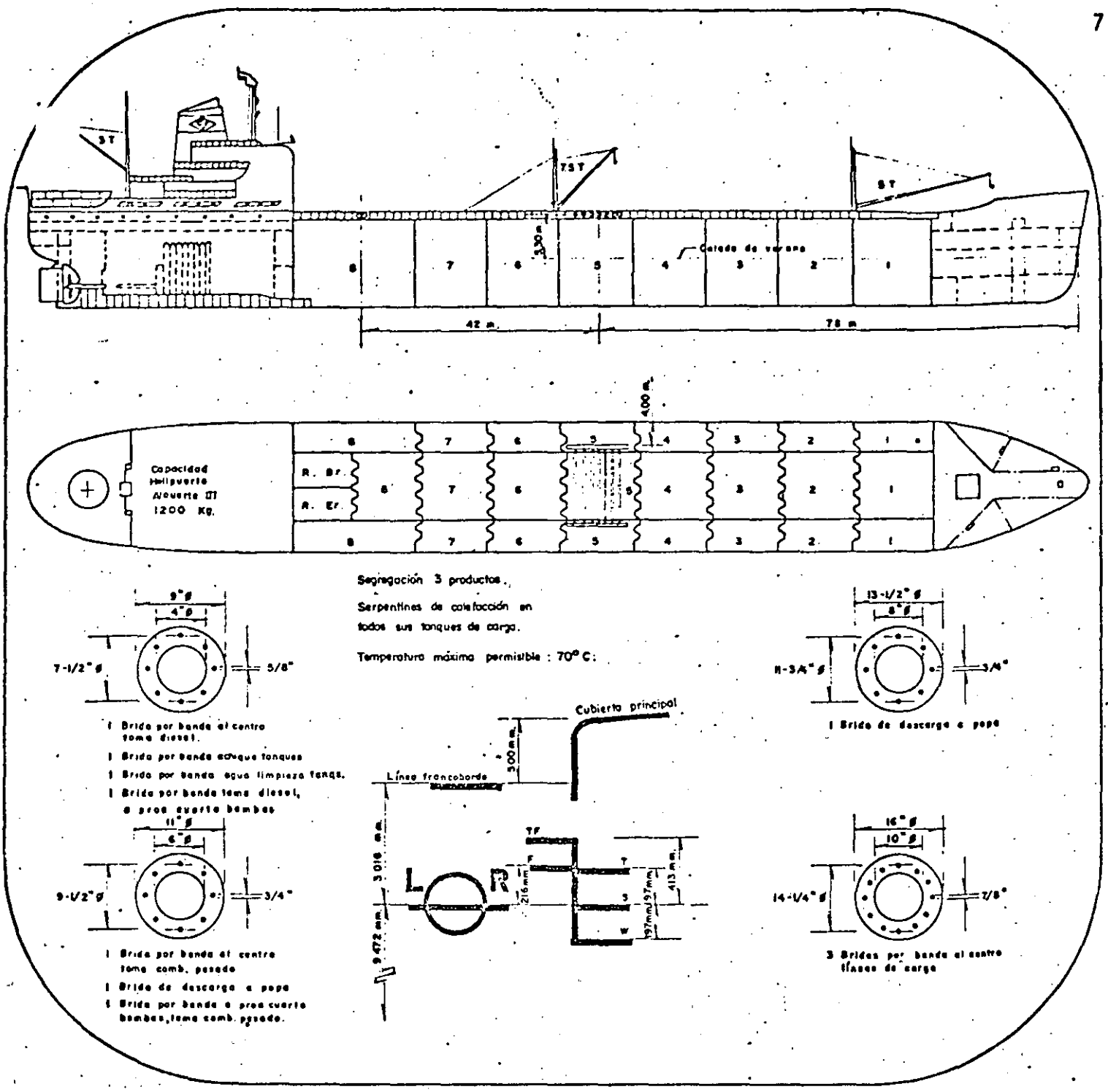
Debido a que la evolución en el tamaño de los tanques a ido por delante de los puertos se ha diseñado un sistema a base de manoboyas para la carga y descarga de este tipo de barcos en mar abierto. La evolución de los tanques de 100,000 a 500,000 TOPM., se desarrolló en una decada; una monoboya considerada una instalación provisional, requiere de 8 a 12 meses para su inicio de operaciones mientras que un puerto para barcos de 250,000 TPM., requiere en terminos generales de 8 a 10 años para su planeación y construcción. En México existen monoboyas para 250,000 TPM., en Coatzacoalcos, Dos Bocas y Salina Cruz, en un futuro se contará con puertos adecuados en Dos Bocas y Salina Cruz.

Para el gran cabotaje, vía canal de Panama para efectuar tráfico entre las costas del Golfo de México y y el Pacífico, se emplean barcos tanque denominados "Panamax" con 70/80000 TPM. como máximo.

Los buques tanque requieren para navegar con seguridad de 1/3 de su capacidad de carga ó peso muerto y sus bombas para carga/descarga tienen una capacidad de 1/2 de su capacidad por hora.

Existen barcos con lastre limpio ó segregado y sucio, en los primeros el lastre (agua de mar) esta alojado en tanques específicos para este fin. Los segundos utilizan los tanques - donde se transporta el producto, lo que da la denominación de lastre sucio y se requerirá contar con instalaciones para el deslastre en puerto o en monoboya en los puertos de países exportadores de productos petroleros. Estas instalaciones consisten en tuberias de conducción y fojas de deslastre en las cuales se recupera el aceite contenidoen el agua de lastre.

Existen barcos mixtos denominados O.B.O. (ore, Bulk, Oil) - que transportan ya sea petroleo ó minerales para aprovechar los viajes de ida y regreso cuando es necesario, por ejemplo: exportar petroleo e importar carbon, con lo cual se obtiene una gran economía en fletes marítimos.

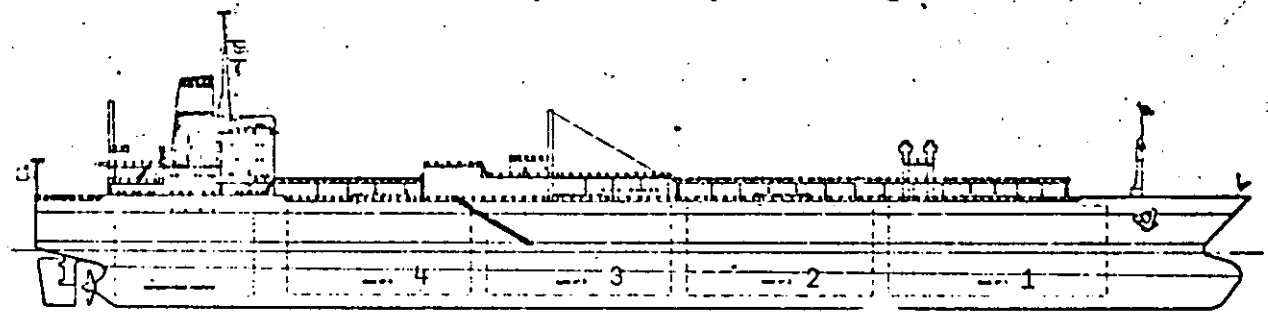


INDEPENDENCIA

DIMENSIONES:

ESLORA TOTAL:	170.61 m.	= 559'4 7/16"
ESLORA + Pp.	164.00 m.	= 537'8 7/16"
MANGA:	22.05 m.	= 72'3 1/2"
PUNTAL:	12.95 m.	= 42'4 7/16"
CALADO DE VERANO:	9.47 m.	= 31'1

Características de un barco para transporte de gas de 53,400 m3.



DIRECCION GENERAL: El barco esta diseñado para el transporte de gas licuado, y amoniaco. Cuenta con cuatro tanques de carga, diseñados para soportar termperaturas de hasta - 48°C

CARACTERISTICAS PRINCIPALES: Eslora: 216.50 m.; Manga: 32.25 m.; Puntal: 18.40 m.; Calado en Carga con gas propano: 9.82 m.; Con amoniaco: 10.74 m.; Velocidad con carga de propano: 18 nudos.

CAPACIDAD DE CARGA: Volumen Total: 52,800 m3. ; Tanque Nº 1: 12,730 m3. ; Tanque Nº 2: 13,590 m3. Tanque Nº 4: 12,890 m3.

MAQUINAS: Propolsión: 20,300 HP. a 122 r.p.m.; Auxiliares: Planta de luz 3800 KW, caldera para vapor.

OPERACION DE CARGA Y/O DESCARGA: Diseñado para transportar gas licuado tal como: butadieno, propileno, amoniaco; en cuatro tanques a la presión atmosferica. Cuenta con dos sistemas de tuberia para la carga de dos productos diferentes en tanques Nos. 1 y 3 en los 2 y 4. Asi mismo cuenta con dos bombas sumergibles en cada tanque, las cuales permiten efectuar la descarga en 18 hrs.

La carga y descarga se realiza a control remoto y con monitores localizados en la caseta de control del muelle.

ESPACIAMIENTOS HABITABLES: Cuenta con 36 camarotes, incluyendo 11 oficiales.

(94)

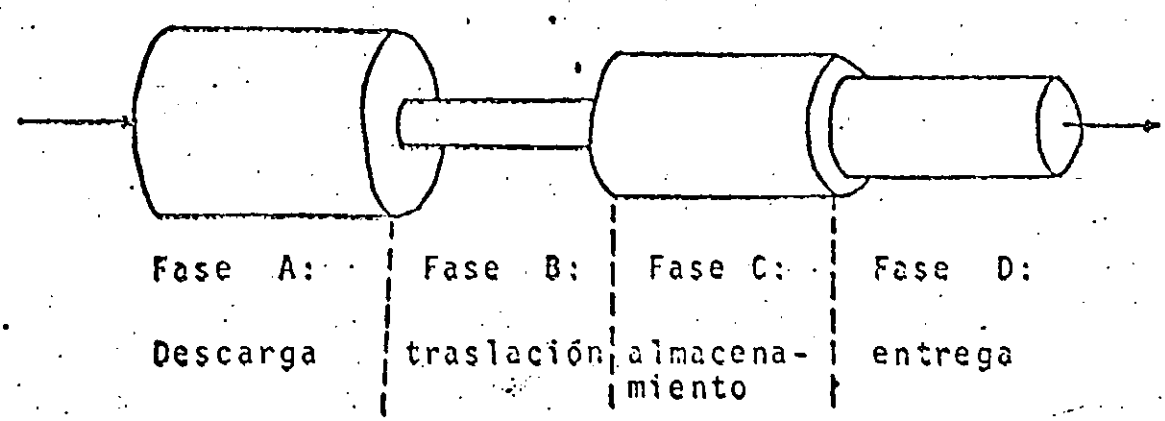
B U Q U E T A N Q U E S

PESO MUERTO (TON)	DESPLAZA MIENTO (TONS)	ESLORA (m.)	MANGA (m.)	PUNTAL (m.)	CALADO (m.)
5,000	6,667	103	15.1	7.8	6.5
6,000	8,000	110	16.0	8.2	6.9
7,000	9,331	116	16.8	8.7	7.2
8,000	10,667	126	15.7	9.0	7.4
10,000	13,333	140	17.2	9.8	7.9
12,000	16,000	150	18.4	10.4	8.3
15,000	20,000	163	20.0	11.2	8.8
17,000	22,667	170	21.0	11.7	9.1
20,000	26,667	164	23.7	12.3	9.5
25,000	33,333	176	25.5	13.3	10.1
30,000	40,000	187	27.1	14.1	10.6
35,000	46,667	197	28.5	14.8	11.1
40,000	53,333	206	29.7	15.5	11.5
45,000	60,000	223	30.5	15.2	11.2
50,000	66,667	222	32.0	16.7	12.2
60,000	80,000	236	34.0	17.8	12.8
65,000	86,667	250	34.0	18.0	13.3
70,000	93,333	248	35.7	18.7	13.4
80,000	106,640	260	37.3	19.6	13.9
85,000	113,333	260	38.1	18.7	14.0
100,000	133,333	280	40.1	21.1	14.8
120,000	160,000	297	42.6	22.4	15.5
150,000	200,000	320	45.8	24.1	16.5
200,000	272,000	326	49.8	23.2	17.7
250,000	333,333	338	51.8	26.7	20.6

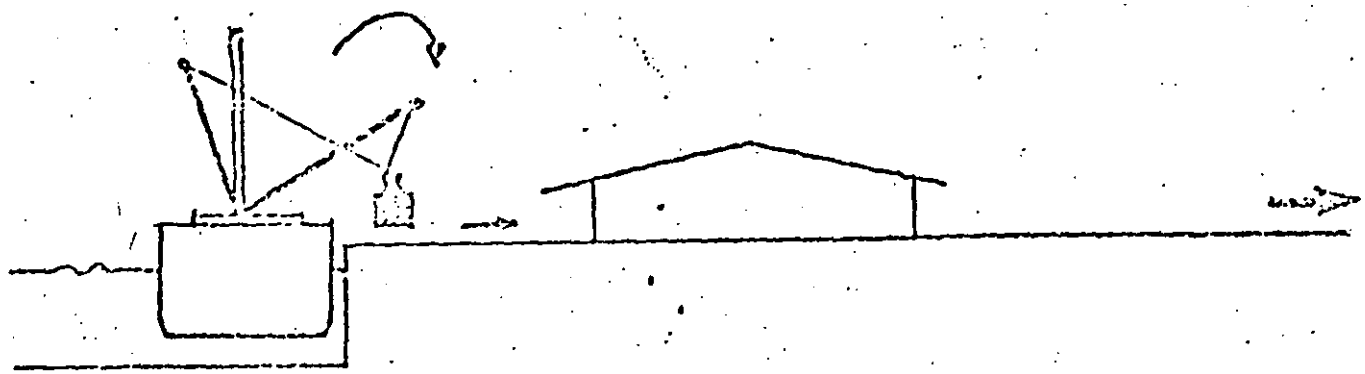
$\frac{D}{TRB} = 2.1$ $\frac{D}{PM} = 1.3$ $\frac{PM}{TRB} = 1.6$ (FLOTA PEMEX)

LAS OPERACIONES EN EL PUERTO.

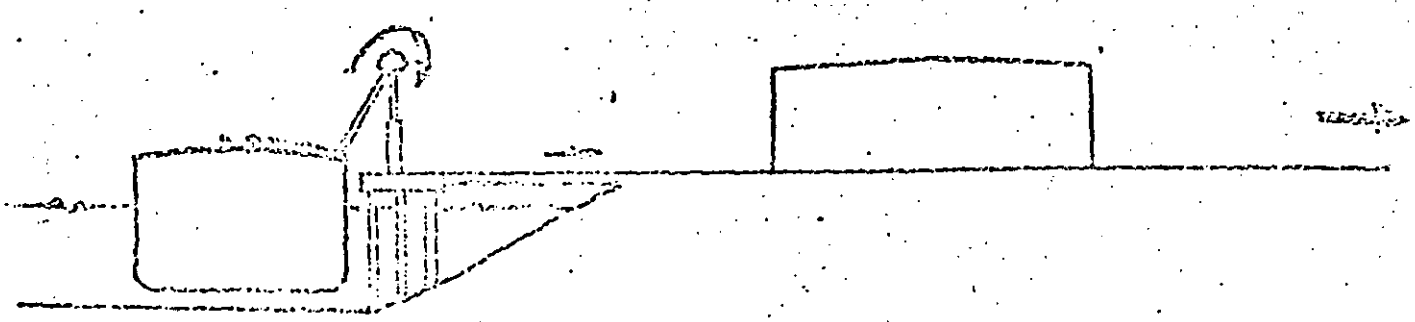
Las operaciones en un puerto se realizarán de tal manera que el flujo de carga o pasajeros en la transferencia -- del sistema de transporte marítimo al terrestre y viceversa sea regular, y con eficiencia, económica y seguridad.- El flujo a que nos referimos puede representarse esquematicamente de la siguiente manera:

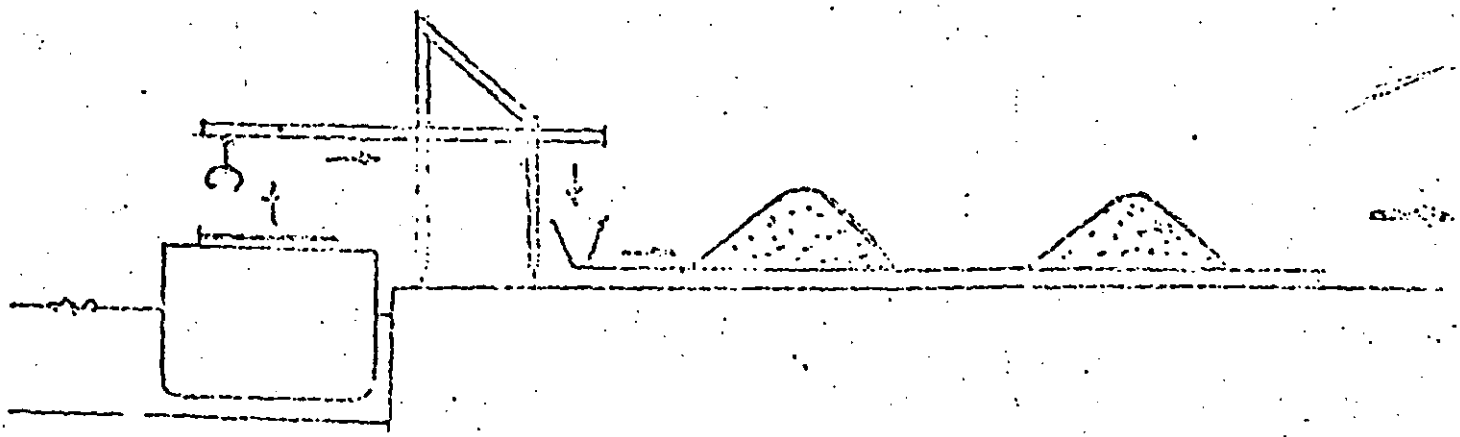


Así se representa una de las distintas vías que puede - seguir las mercancias de importación al pasar por un -- puesto de atraque. Cada una de las cuatro fases tendra- una determinada capacidad de manipulación que será distinta de las capacidades de las demás. La situación es- parecida a la de un líquido que circule por el interior



DESCARGA + ALMACENAMIENTO + TRANSLACION + ENTREGA





FLUJO DE LA LINEA DE CARGA EN TERMINALES DE CARGA GENERAL, FLUIDOS Y MINERALES

de una tubería de diametro variable o desigual, en el sentido de que el ritmo de manipulación de las mercancias en el puesto de atraque vendrá determinado por la fase que tenga la menor capacidad de manipulación. (En la Fig. No. 12 se trata de la fase B: traslación).

De esta semejanza se observará que no se consigue nada con tratar de aumentar la capacidad de aquel elemento del puesto de atraque cuya capacidad es ya la mayor (en el ejemplo anterior, la fase A: Descarga).- En realidad solo se puede mejorar la capacidad del conjunto incrementando la capacidad del elemento más estrecho o reducido, de ahi la utilización del termino- "Estrangulamiento". La capacidad el conjunto irá mejorando a medida que se incrementa la capacidad de la fase B, hasta que llegue a igualar la de la fase D: Entrega. Cualquier mejora adicional de la capacidad total exijira un aumento simultaneo de la capacidad de las fases B y D.

La linea de flujo de carga se podra observar en la Fig. No. , en la cuál se muestran las instalaciones en sección transversal para carga general, manejo de liquidos y de minerales.

TERMINALES DE CARGA GENERAL.

En casi todo el puerto la carga general es la parte más importante del tráfico marítimo. El valor de la carga general es considerablemente mayor que el valor promedio de las mercancias de granel. El manejo de una gran variedad de pequeñas cargas requieren de mas espacio, más trabajo personal y un cuidado más meticuloso. Por lo tanto es justificado emplear un mayor detalle en la planeación de este tipo de instalaciones que para otras partes del puerto.

De acuerdo con el diagrama de flujo de mercancias anteriormente descrito, la fase de descarga o carga de embarcaciones, se realiza por medio de las gruas

del barco o por medio de las gruas del muelle, que corren a lo largo del puesto de atraque, en México se utiliza el primero de los dos sistemas. En otros paises de Europa, Asia y America del sur, la carga y descarga de embarcaciones se realiza empleando gruas de muelle. La eficiencia de ambos sistemas es aproximadamente el mismo, siempre que se cuente con suficiente y adecuado equipo de traslación de carga. En la fase "B" de translación de carga se efectua, entre el frente de agua y la bodega de tránsito, a este espacio, se le denomina plataforma de trabajo, que debe tener suficiente ancho para alojar dos vias de ferrocarril y espacio para el tránsito de camiones, debido al gran porcentaje de carga que es manipulada en maniobra directa de barco a tren o camión o viceversa, este espacio se considera conveniente no sea menor de 20 Mts. y 30 Mts. máximo, ya que de otra manera la distancia a la bodega de tránsito sería demadiado larga requiriendose un mayor número de equipo portuario de translación de carga. La longitud del muelle para cada puesto de atraque, así como la profundidad de agua será determinada por el tamaño y calado de los buques que arriben el puerto. La tendencia al crecimiento en tamaño de barcos de carga general es menor que los graneles y los Buque-tanques, al respecto tal parece que se llego al buque de caracteristicas optimas, que requiere una profundidad de agua del orden de los 10 Mts.; previniendo en el diseño de los muelles una posible profundización a 12 Mts. para tomar en cuenta futuras necesidades. La eslora media se considera de 160 Mts. por lo que la longitud del atracadero sería de 180 Mts. permitiendo con esto dejar 10 Mts. a cada lado del barco como margen de seguridad entre naves y para la sujeción de los cabos al muelle.

La productividad por atracadero depende del tipo y volúmen de carga, para carga general fraccionada se conciderá del orden de las 480 Ton/día/barco. Para granes en descarga directa un promedio de 1000 Ton/día/-barco. Si en un muelle determinado se hallan los dos-tipos de carga anteriormente mencionados, la productividad estará en función de los volumenes de carga de-cada producto, conciderando un promedio aproximadamente de 280-300 dias de trabajo al año, para tomar en -cuenta dias festivos descompostura de equipo del barco o de tierra y suspenciones por fenomenos meteorológicos. El rendimiento en las operaciones de carga o -descarga será del orden de 130,000 a 200,000 Ton/año.

Para planear nuevas instalaciones de atraque es indispensable efectuar un estudio de los rendimientos en -la terminal de carga general, ya que antes de programar ampliaciones es necesario verificar que los rendimientos en las maniobras de alijo sean las más convenientes, ya sea aumentando la productividad, el número de dias laborales y los turnos de trabajo. Este aspecto se podra observar en la Fig. No. 14 que muestra la relación entre la productividad expresada en toneladas-hora-gancho, el número de atracaderos y en número de dias disponibles del muelle, como ejemplo hemos considerado la comparación de dos rendimientos, uno -de 12.5 Ton/hora/gancho y el otro de 20.0 Ton/hora/--gancho, obteniendo para el primer caso 6 atracaderos-para el manejo de 600,000 Ton./año y en le otro 4 ---atracaderos.

La gráfica mostrada fué tomada de la publicación "Port Development" de unctad publicado en 1978 y que fué --elaborada considerando condiciones de piezas en vias-de desarrollo.

La fase "C" de almacenamiento, comprende la bodega de tránsito de mercancias, es el elemento más importante

de un atracadero de carga general. Todas las actividades están concentradas dentro y alrededor de la bodega, su proposito es protejer la carga de la lluvia, del polvo y el viento así como de daños accidentales y robos. Actua como vaso regulador entre los sistemas de transporte marítimo y terrestre al permitir formar bloques de carga para la exportación e importación. Las cargas de exportación deben ser preparadas en la bodega para ser cargadas de acuerdo con el plan de estiba de las embarcaciones.

En ningún caso las bodegas de tránsito serán usadas para almacenamiento de larga duración, la carga no debe permanecer un mínimo de tiempo y ser retirada para evitar un cuello de botella en el flujo de mercancias. Para el almacenamiento de larga duración, deben preverse bodegas para este fin, denominadas bodegas estacionarias que se localizan por detras de las de tránsito.

Para evitar el congestionamiento y dar facilidades a los embarcadores, en México se permite el almacenamiento sin cobro por 15 dias, despues de ese periódo se inicia el cobro del almacenamiento de carga. si el muelle es de 180 Mts. la longitud conveniente de la bodega es del orden de los 120 Mts., localizada el centro del muelle , quedando espacio en las cabeceras para el estacionamiento de equipo almacenamiento de maquinaria, o carga y descarga de camiones.

El ancho de la bodega conviene tenga un mínimo de 40 Mts. y de ser posible si existe espacio tender a 50 Mts. para de esa forma extender más uniformemente la carga sin necesidad de apilar los diferentes lotes que se agrupan en su interior, de esta forma el acceso a cada lote es más facil con el consiguiente ahorro en tiempo y aumento de eficiencia.

La razón principal para aumentar lo más posible el - ancho de la bodega es debido a que el espacio próximo al frente de agua es mucho más valioso que en la- parte posterior ya que es facilmente accesible en la línea directa desde la bodega de cada buque, sin doble manejo de la carga y sin la necesidad de cruzar- calles o rodear la bodega de tránsito.

Las bodegas de tránsito deberan tener puertas con dimensión mínima de 4.50 Mts. de ancho por 5.00 Mts. - de altura a lo largo de sus costados y en las cabe-- zas para facilitar la maniobra de carga y descarga - de camiones.

Las puertas del costado o posterior de las bodegas - comunican al transporte terrestre.

La iluminación diurna y nocturna es importante, para permitir el trabajo todo el día. Para la luz diurna- se recomienda colocar lucernarios cuya superficie -- sea un mínimo de 7% del area total.

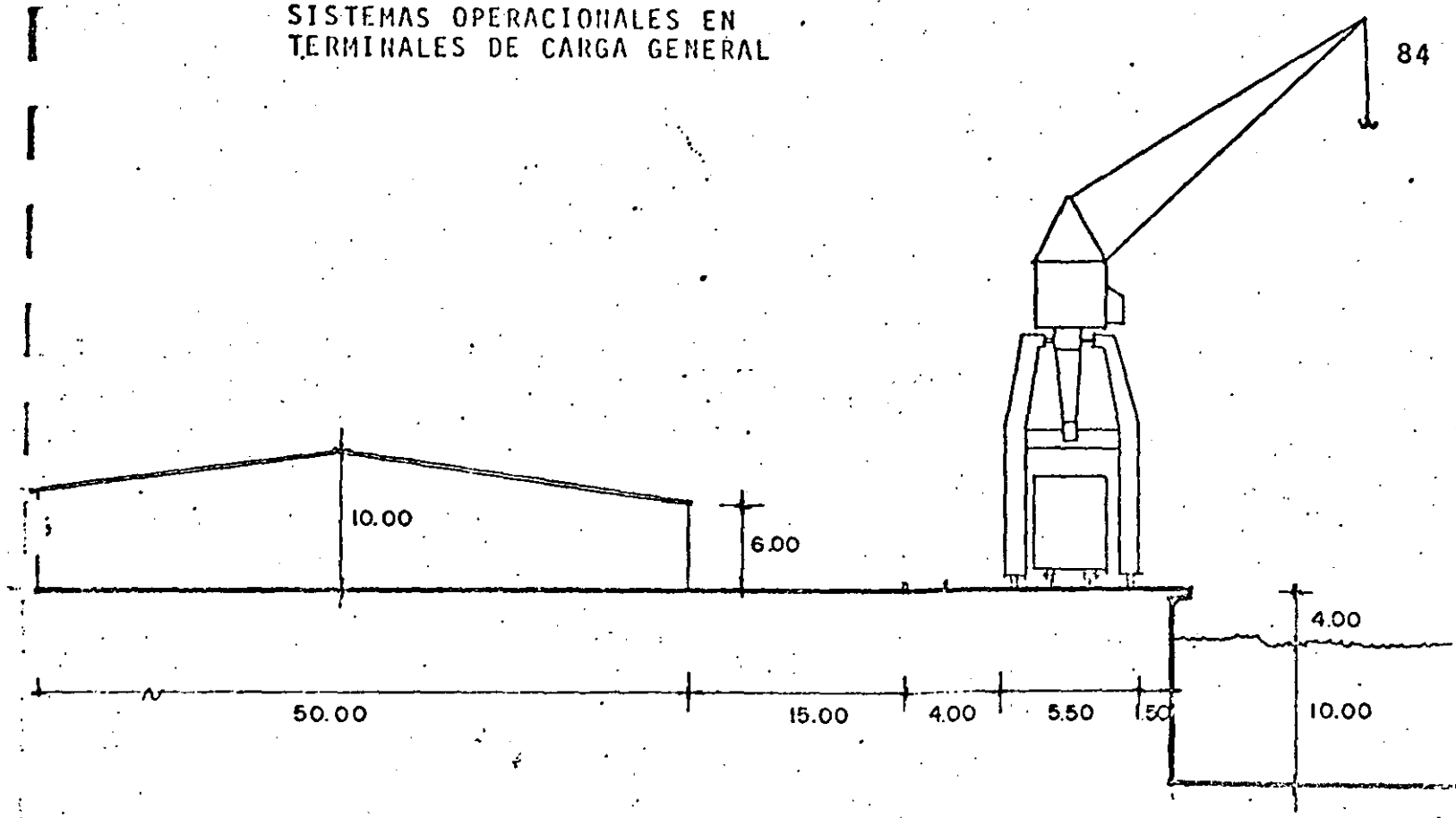
Para el almacenamiento de carga en tránsito a la intenperie, deben preveerse patios localizados en zonas próximas a las bodegas de tránsito convenientemente diseñados de acuerdo con el tipo de carga que se maneje por el puerto.

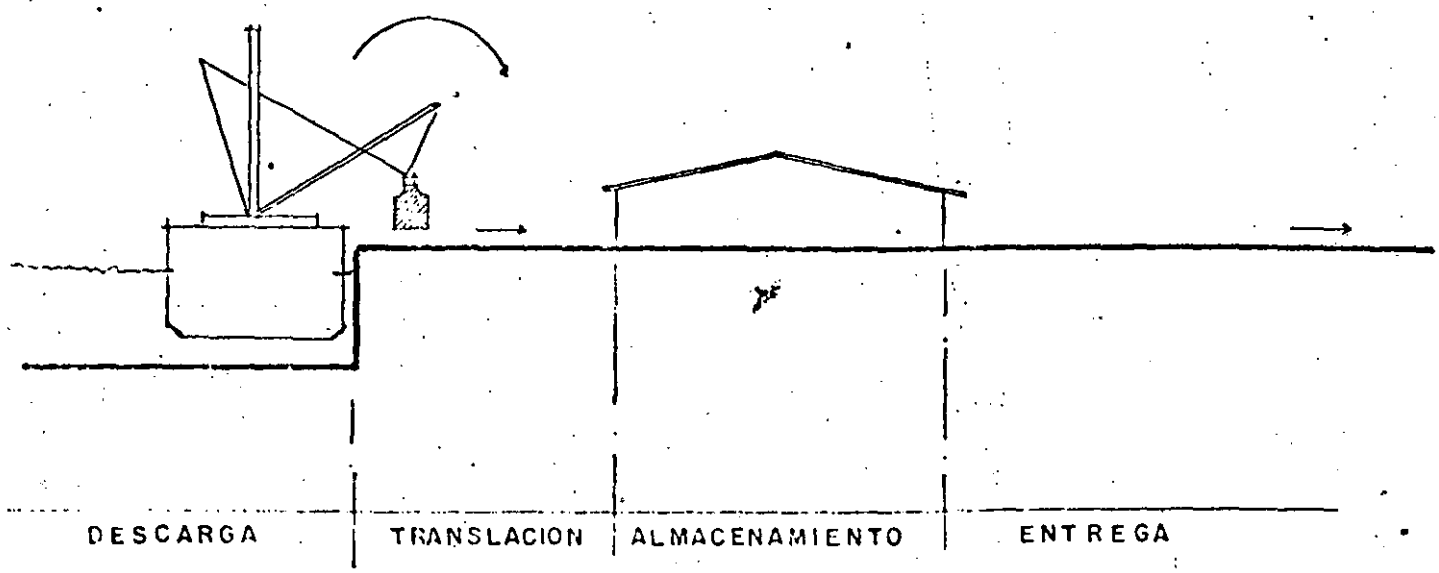
La fase "D", ó sea la entrega, se relaciona con los accesos para el transporte terrestre y deben ser -- planeados para un movimiento sin obstrucción de -- los vehiculos que llegan y salen, ya sea vacios o - cargados, sin interferencia para las operaciones de manejo de carga y sin intersecciones con los patios de almacenamiento al descubierto debiendo existir - acceso facil a las cargas almacenadas a la intemperie. Los accesos terrestres del puerto estarán co-- nectados a las redes de carreteras y ferrocarriles-

de tal manerá que no existan congestionamientos que nos proboquen un cuello de botella en el flujo de mercancias en la recepción de entrega.

Una disposición de terminal de carga general puede observarse en las figuras No.

SISTEMAS OPERACIONALES EN TERMINALES DE CARGA GENERAL





DIMENSIONAMIENTO DE UNA TERMINAL PARA MANEJO DE CARGA GENERAL FRACCIONADA

Las Naciones Unidas a travez de UNCTAD a editado un manual "Desarrollo Portuario" el cuál cuanta con datos básicos para el dimensionamiento.

Dicho manual recopila datos de la cativiad de un sin número de puertos del mundo y proporcionando datos básicos para la elaboración de anteproyectos, los cuales se deberan ajustar a las condiciones locales de la instalación que se pretende proyectar.

Empleando las graficas de planificación de la publicación antes mencionada, se podrá obtener el número de atracaderos necesarios para un determinado volúmen esperado de carga, tomando en cuenta los rendimiento en el manejo de carga en las embarcaciones.

El manual cuenta para este caso, con dos diagramas. Primer diagrama (grafica IA y IB), permite determinar las necesidades del puerto de atraque-dia (número de dias barco atracados) y el número aproximado de puertos de atraque necesarios.

Esos valores se utilizan como punto de partida para el segundo diagrama (IIA y IIB) que indica el tiempo previsto de permanencia del buque en puerto y puede utilizarse como base para un analisis de costo-beneficio.

Los diagramas IA y IIA son aplicables a puertos con 2 a 10 atracaderos y los IB y IIB para puertos de 10 a 30 atracaderos. Con lo que respecta al diagrama I, se toma la productibilidad media por cuadrilla (número de toneladas cargadas o descargadas por hora y por cuadrilla) para el grupo de puertos de atraque de carga general fraccionada, cabe aclarar al repecto que en los puertos Europeos la productibilidad se basa en Ton/Hr./Cuadrilla y en America --- Ton/Hr.gancho, por lo que es necesario tomar en cuenta este dato para la aplicación de los diagramas.

Esta cifra deberá obtenerse de los rendimientos efectivo - almacenados en el puerto o, en caso de un nuevo puerto de observación e información obtenida en otros puertos de la región.

EJEMPLO DE APLICACION

Supongamos un puerto con 2 a 10 atracaderos con los siguientes datos:

Predicción del movimiento de carga en un año determinado:	600,000 Ton.
Rendimiento manejo de carga:	12.5 Ton/Hr/cuadrilla
Tiempo de trabajo	dos turnos de 8 Hrs. y 6 dias por semana
Numero de cuadrillas:	2.5 cuadrillas /buque
Número de dias de servicio por año:	350.

APLICACION A LA GRAFICA IA

1.- En el eje de "Promedio de Ton./Hr./Cuadrilla, marcamos- 12.5 se traza una linea vertical descendente, hasta el punto en que esa linea corta la linea que representa la fracción de tiempo durante la cual se trabaja en los buques atracados. En nuestro caso esa fracción será:

$$\frac{\text{2turnos x 8 Hrs.}}{\text{24 Hrs. al dia}} \times \frac{\text{6 dias a la semana}}{\text{7 (semanas)}} = 0.572$$, este factor tiene en cuanta, los dias en que no se trabaja en - el puerto de atraque. (Se podra observar el impacto de- el número de turnos de trabajo). En seguida se traza -- una linea horizontal hacia la izquierda hasta la intersección con la que representa el número de cuadrillas - empleadas por buque en cada turno.

A continuación, se traza una linea descendente verticalmente hasta la curva que representa la predicción anual del tonelaje en nuestro caso 60,000 Ton. Continuando -- con una horizontal hacia la derecha hasta cortar la -- curva que representa el número de dias de servicio del puesto de atraque para recibir barcos, se traza otra -- linea vertical hasta cortar el eje que indica el número aproximado de puestos de atraque necesarios. La trayectoria de las rectas trazadas al cortar los ejes nos dan la siguiente información adicional: Toneladas por día y por cuadrilla, toneladas por buque y por día y necesida

des de puesto de atraque. Es decir en nuestro caso se obtiene:

Productibilidad media por buque 450 Ton. diarias y una necesidad de puestos de atraque-dia de 1330 dias por - año, lo que representa aproximadamente seis puestos de atraque.

Este es un dato aproximado ya que no toman en cuenta - el costo del tiempo de permanencia del buque en el --- puerto. Para conocer este costo, se utiliza el diagrama II con los datos obtenidos en I.

Para la utilización del diagrama IIA emplearemos los - siguientes datos. Número de puestos de atraque-dia-1330
Número de puestos de atraque -5,6 ó 7
Numero de dias de servicio al año 350
Costo diario de permanencia de barco en puerto 3500 dolares.

Con cinco puestos de atraque, el tiempo total de permanencia en el puesto es de 1800 dias, mientras que con- seis puestos, el tiempo total de permanencia en el --- puerto se reducen a 1500 dias, si se dispone de siete- puestos de atraque desminuirá el tiempo de permanencia del buque a 1400 dias. Teniendo en cuenta que las perdidas dividas a la insuficiencia de instalaciones portuarias en el caso de que, de manera imprevista, el desa-- rrollo económico del país evolucione favorablemente, --- podrian ser superiores al costo de un nuevo puesto de -

atraque. Por lo anterior el Ingeniero Portuario tendra que determinar se la reducción del tiempo de permanencia del buque que trae consigo la opción de seis puestos de atraque en relación con la de cinco puestos, -- justifica la inversión del nuevo puesto y de la misma forma de opción de siete puestos de atraque. Esto se - efectua normalmente mediante un analisis costo-benificio.

GRÁFICO 3

Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificación I.A: necesidades de puestos de atraque (de 2 a 10 puesto

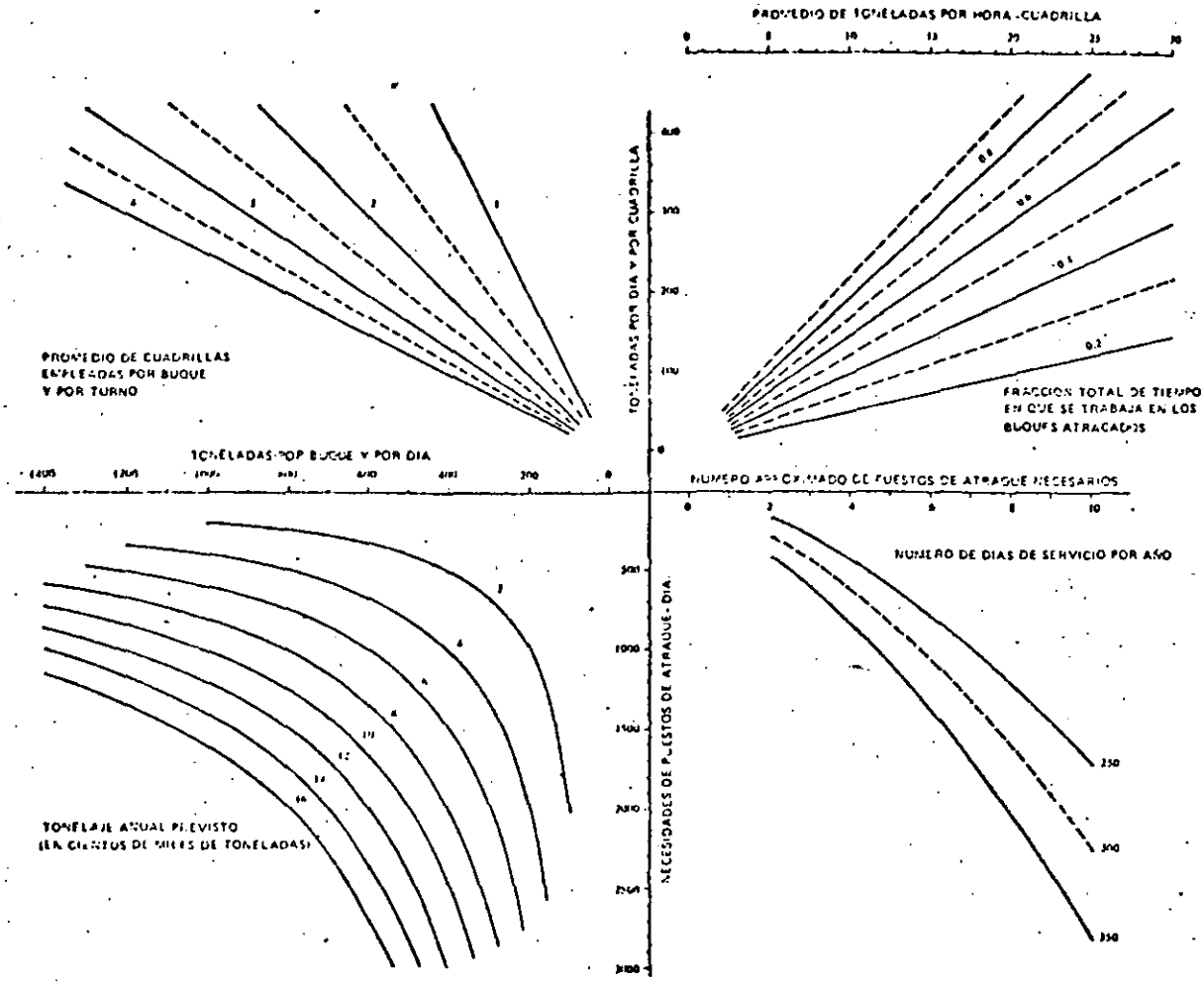


GRAFICO 4

Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificación I.B: necesidades de puestos de atraque (de 10 a 30 puestos).

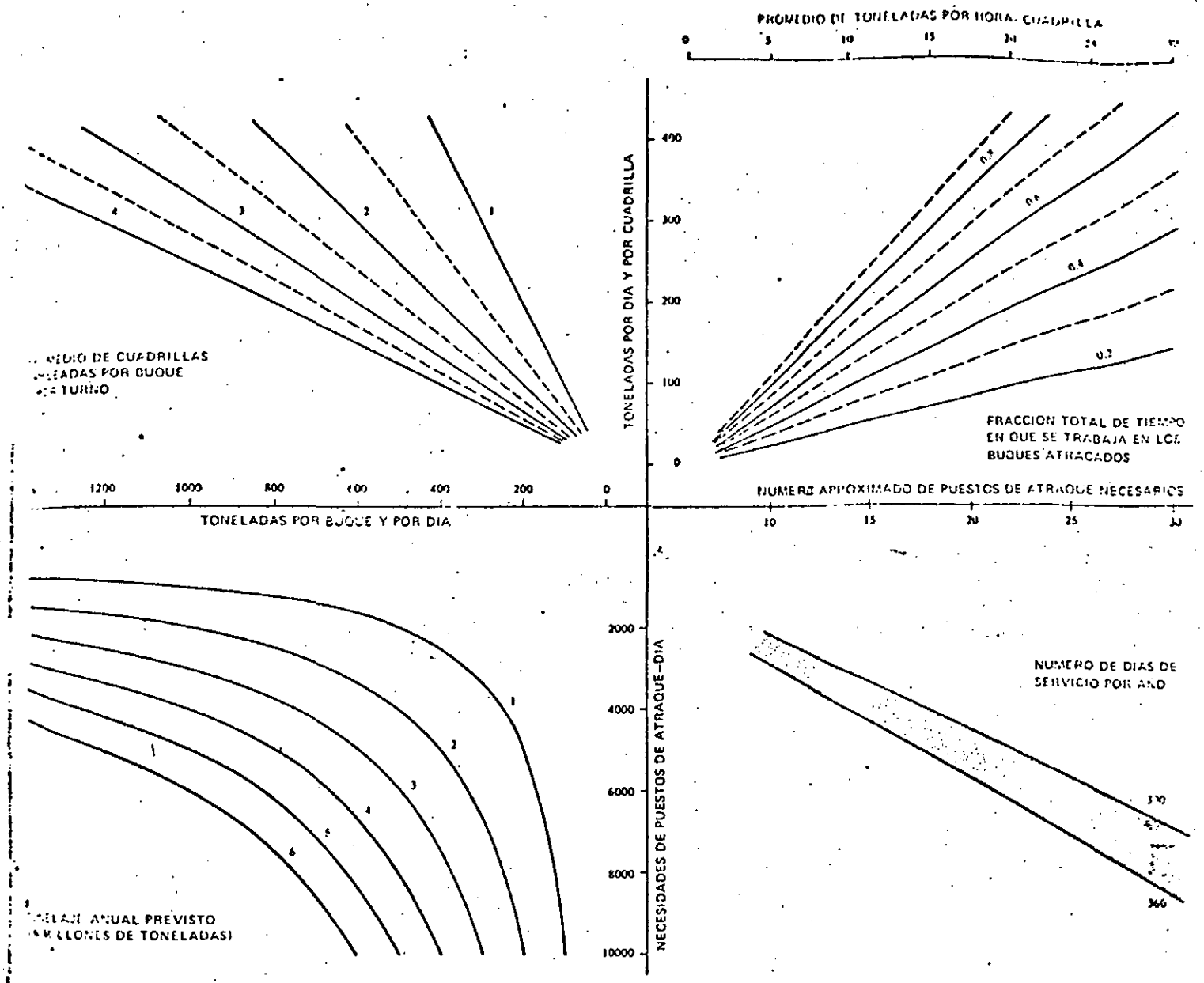


GRAFICO 5

Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificación II.A: costo de permanencia del buque en el puerto (de 2 a 10 puestos de atraque)

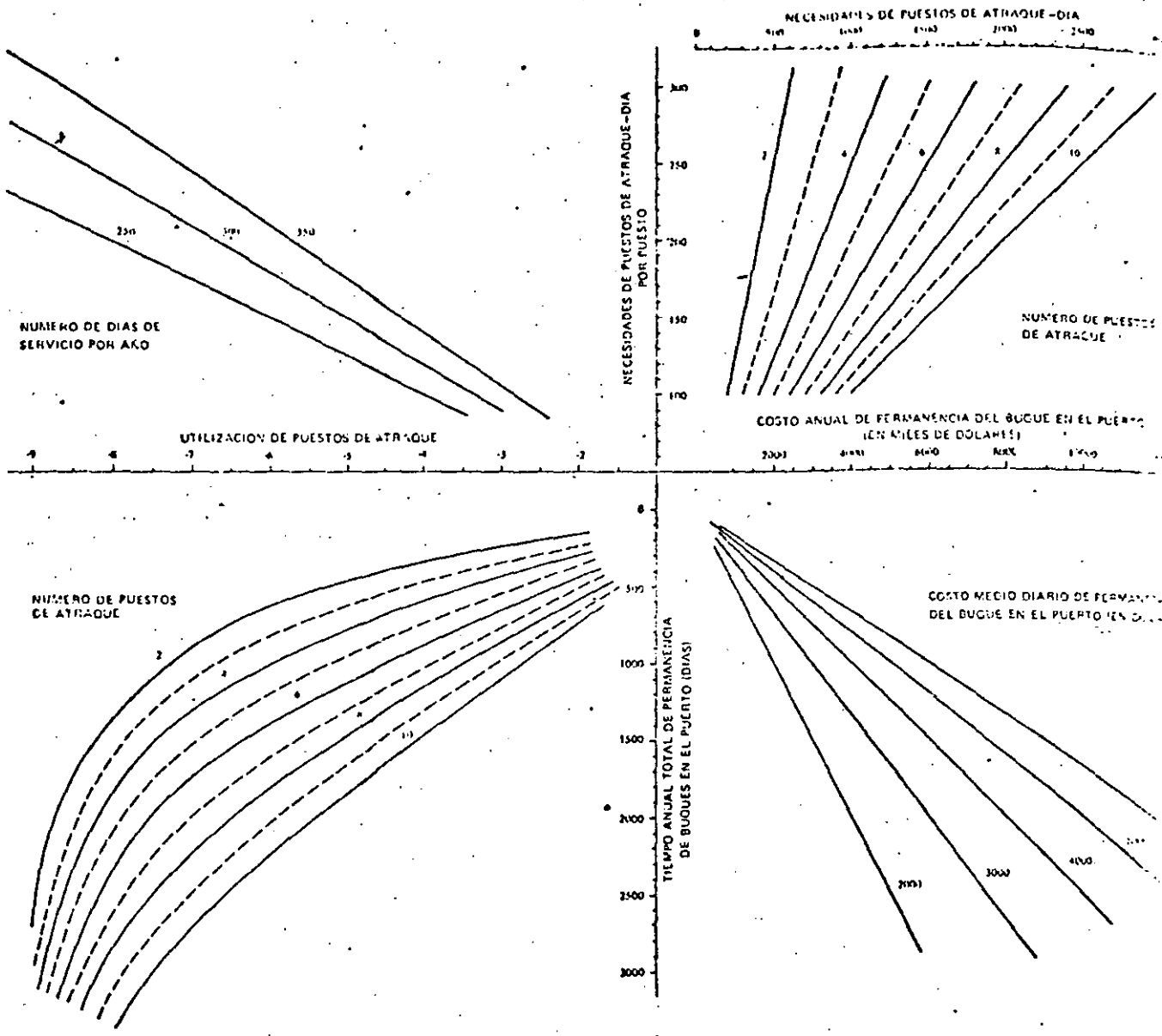


GRAFICO 6

Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificación II.B: costo de permanencia del buque en el puerto (de 10 a 30 puestos de atraque)

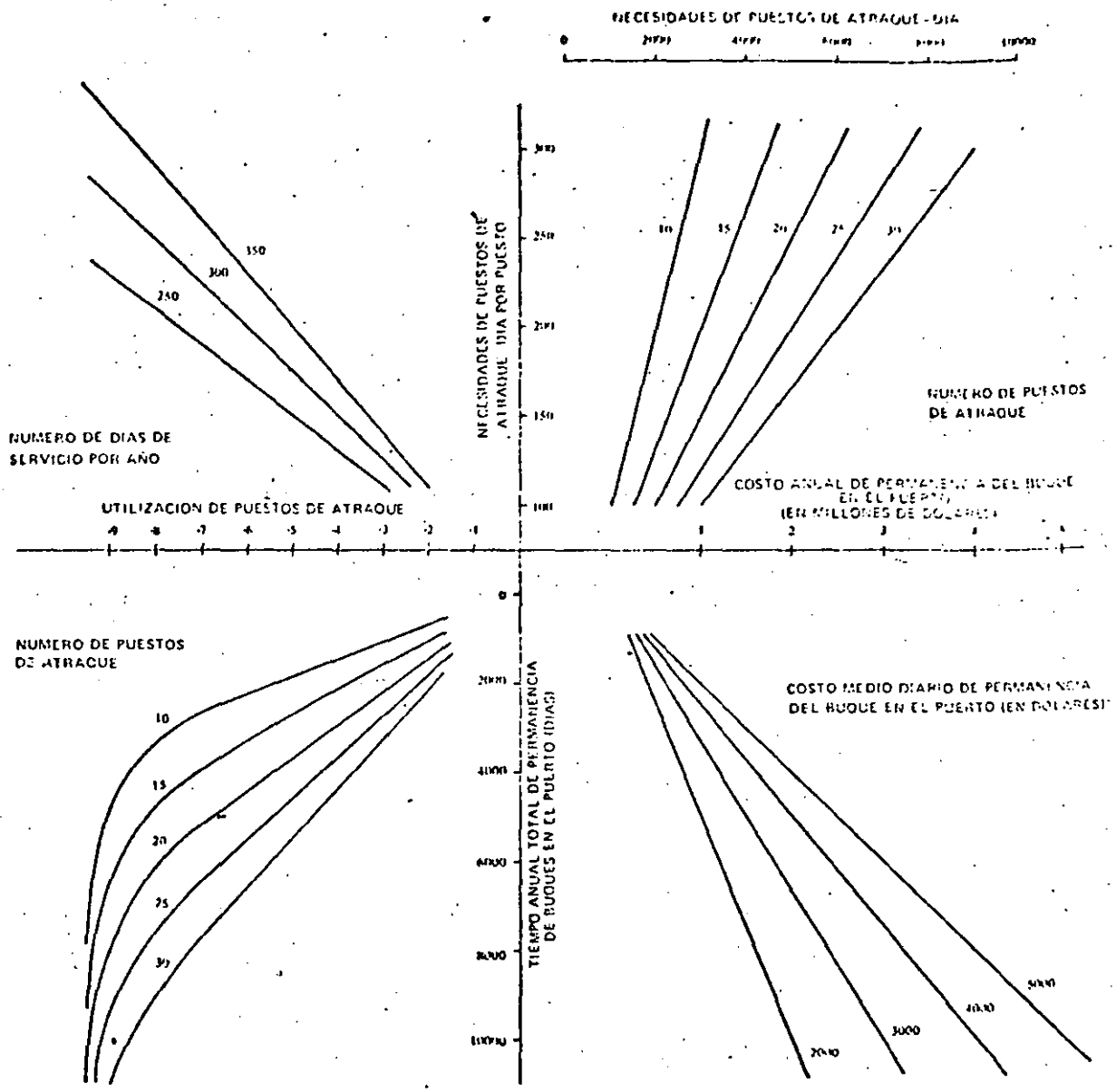


GRAFICO 10

Terminal de carga general fraccionada — Diagrama de planificacion III: necesidades de superficie de almacenamiento

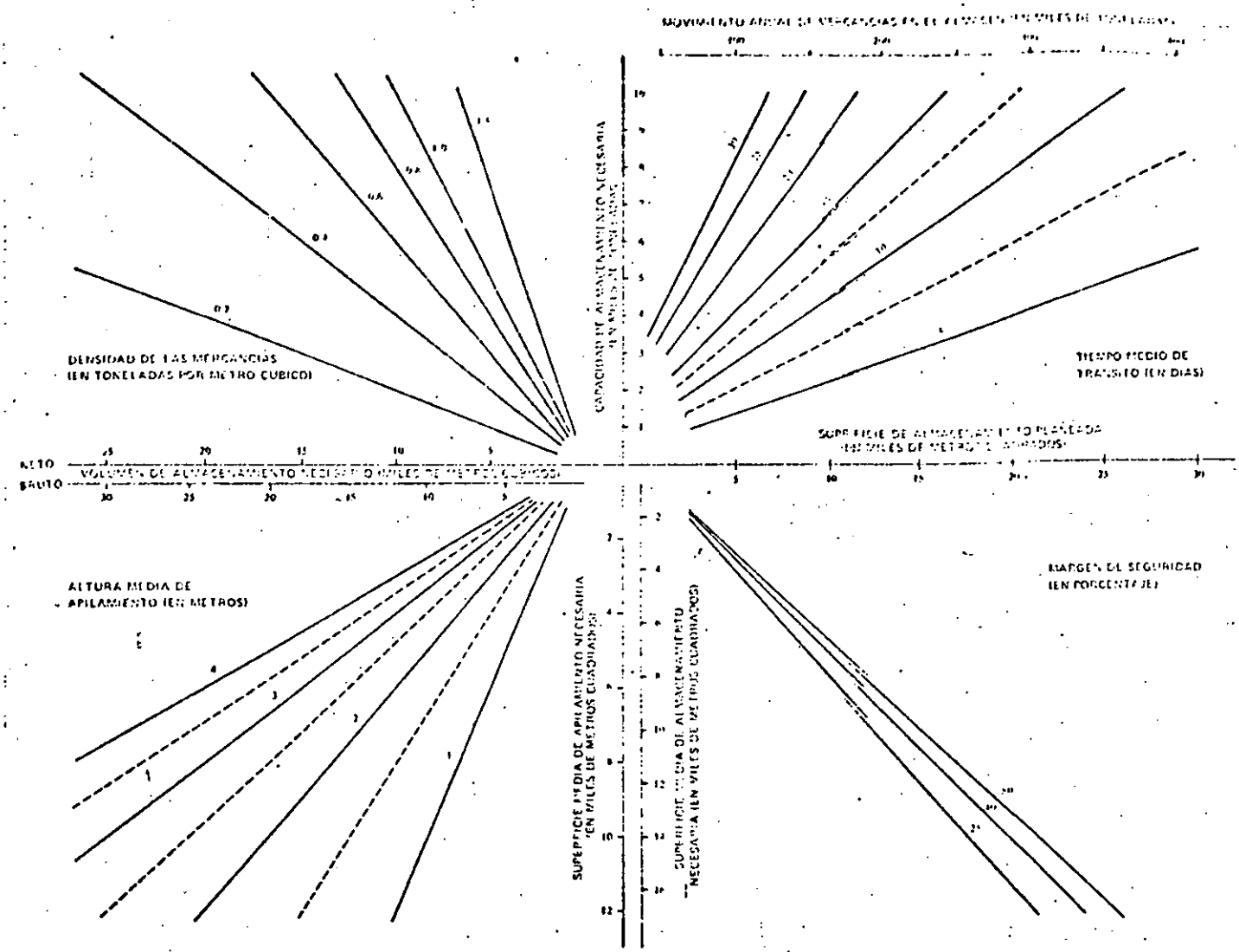


Gráfico 7

Ejemplo de utilización del diagrama de planificación I.A

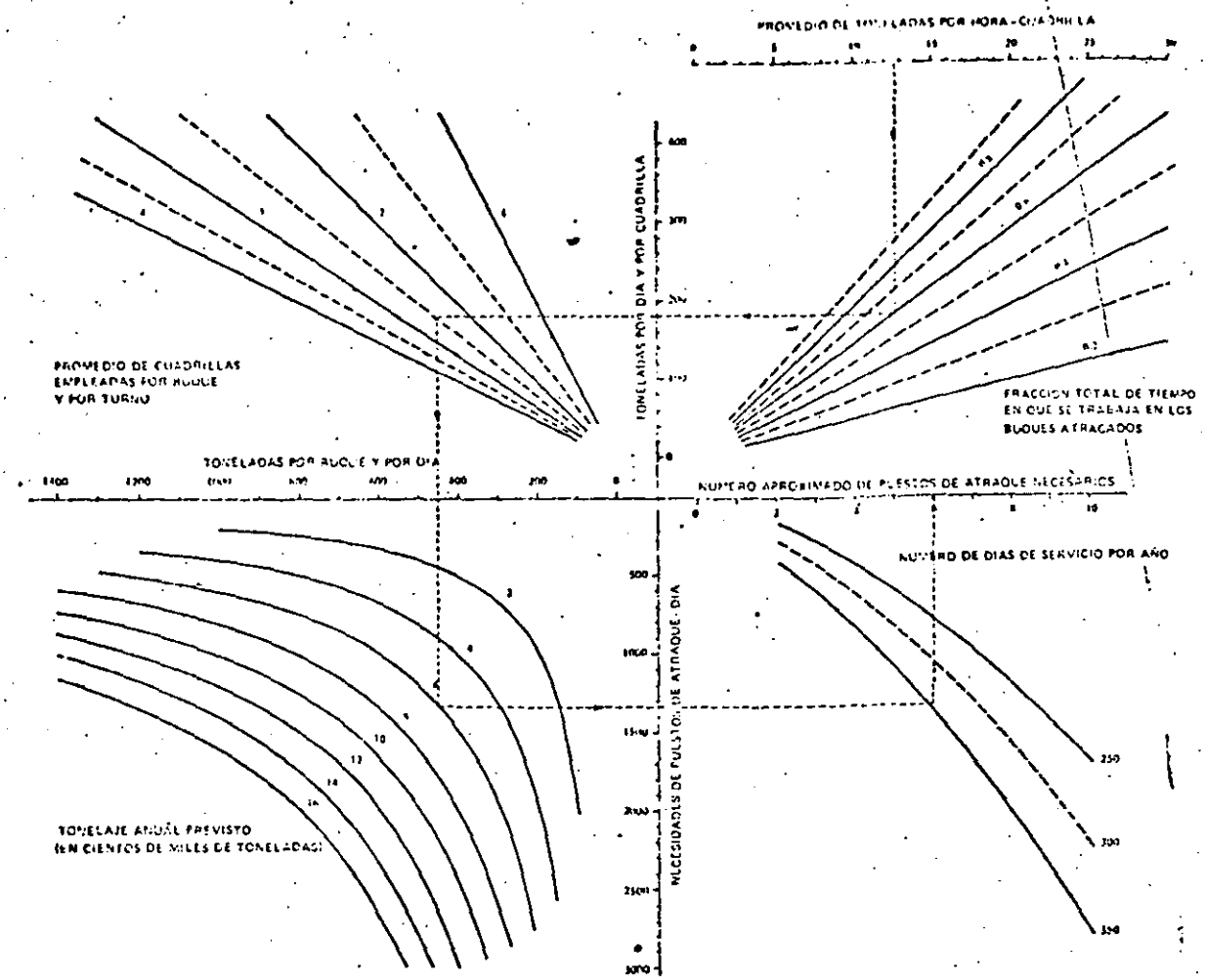
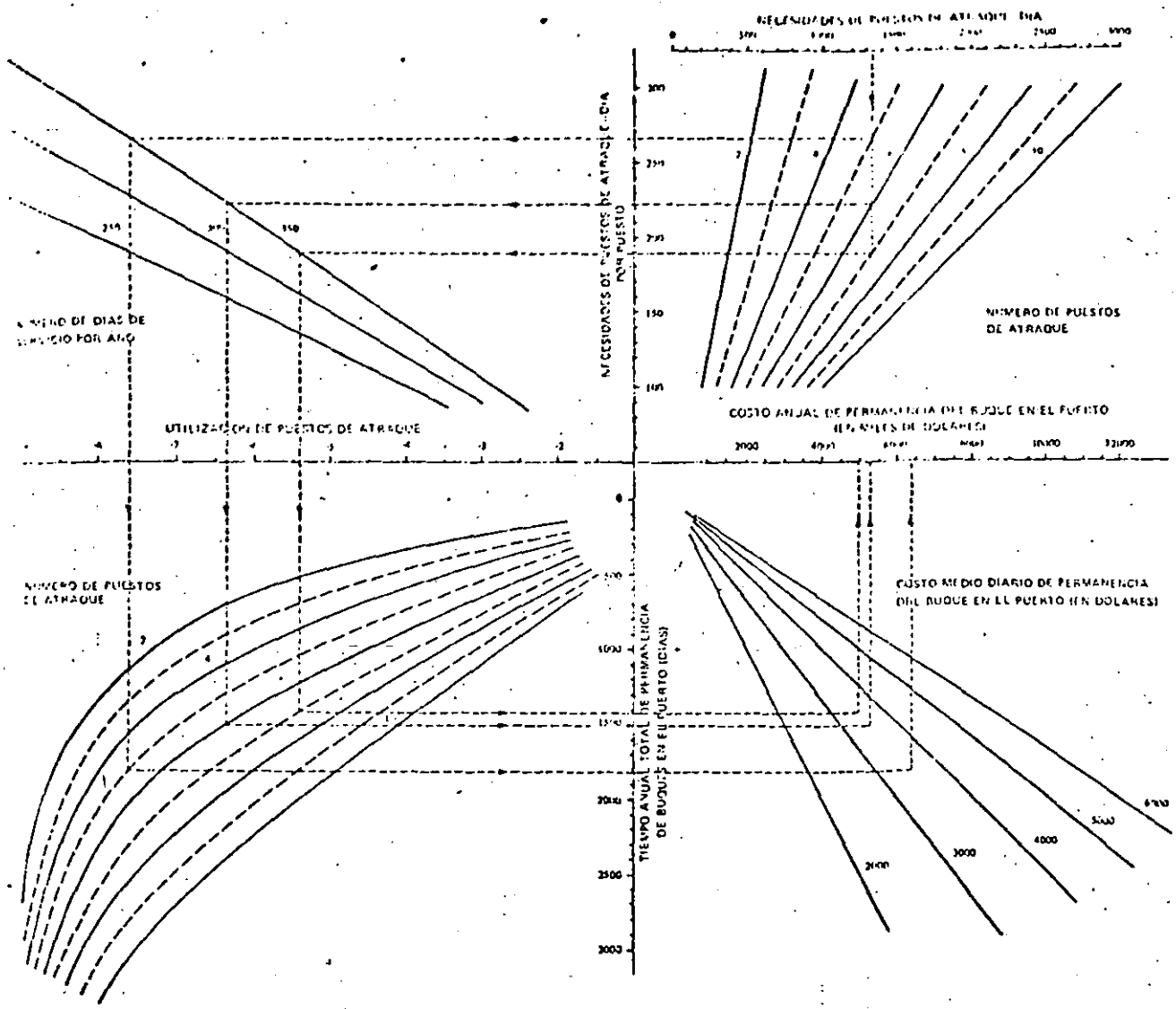
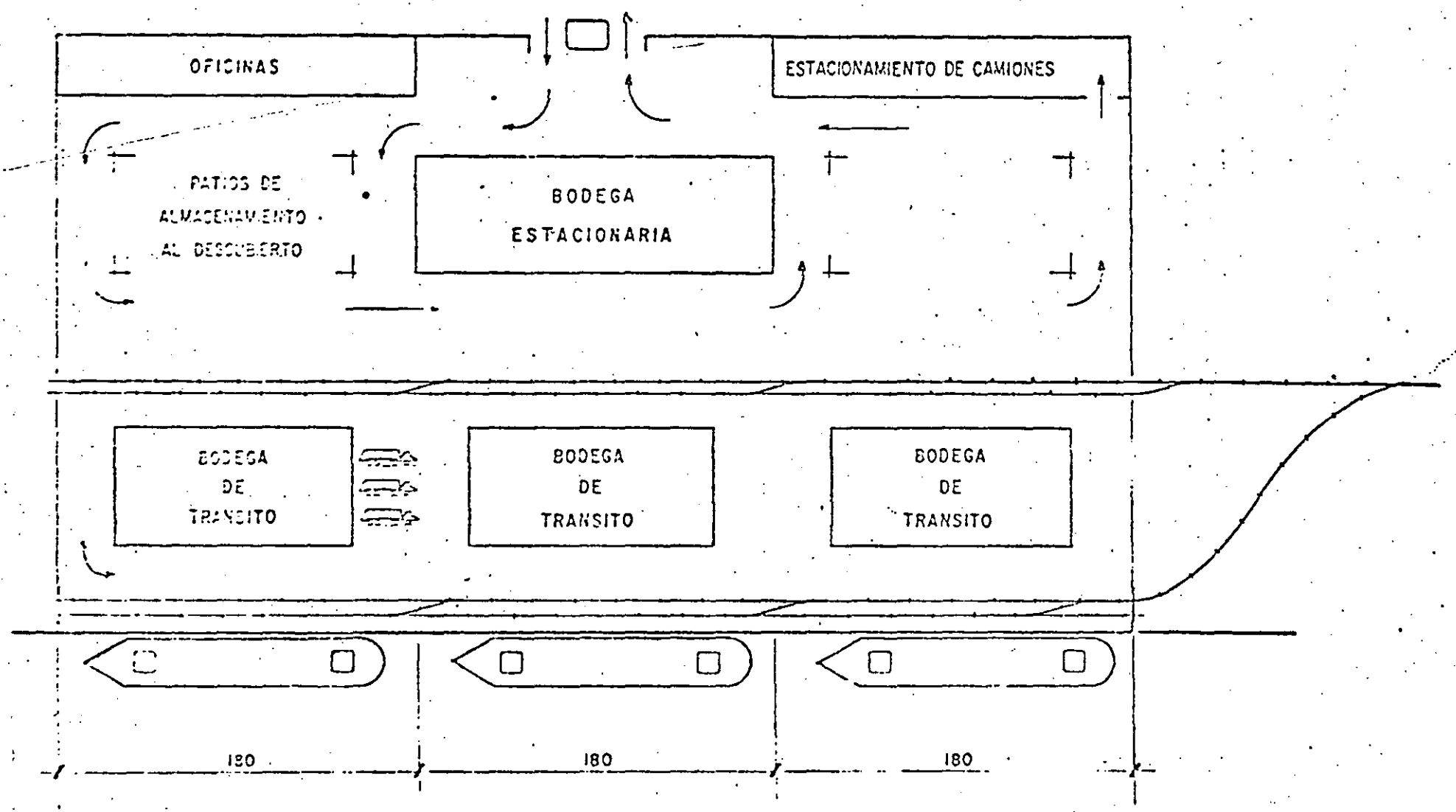


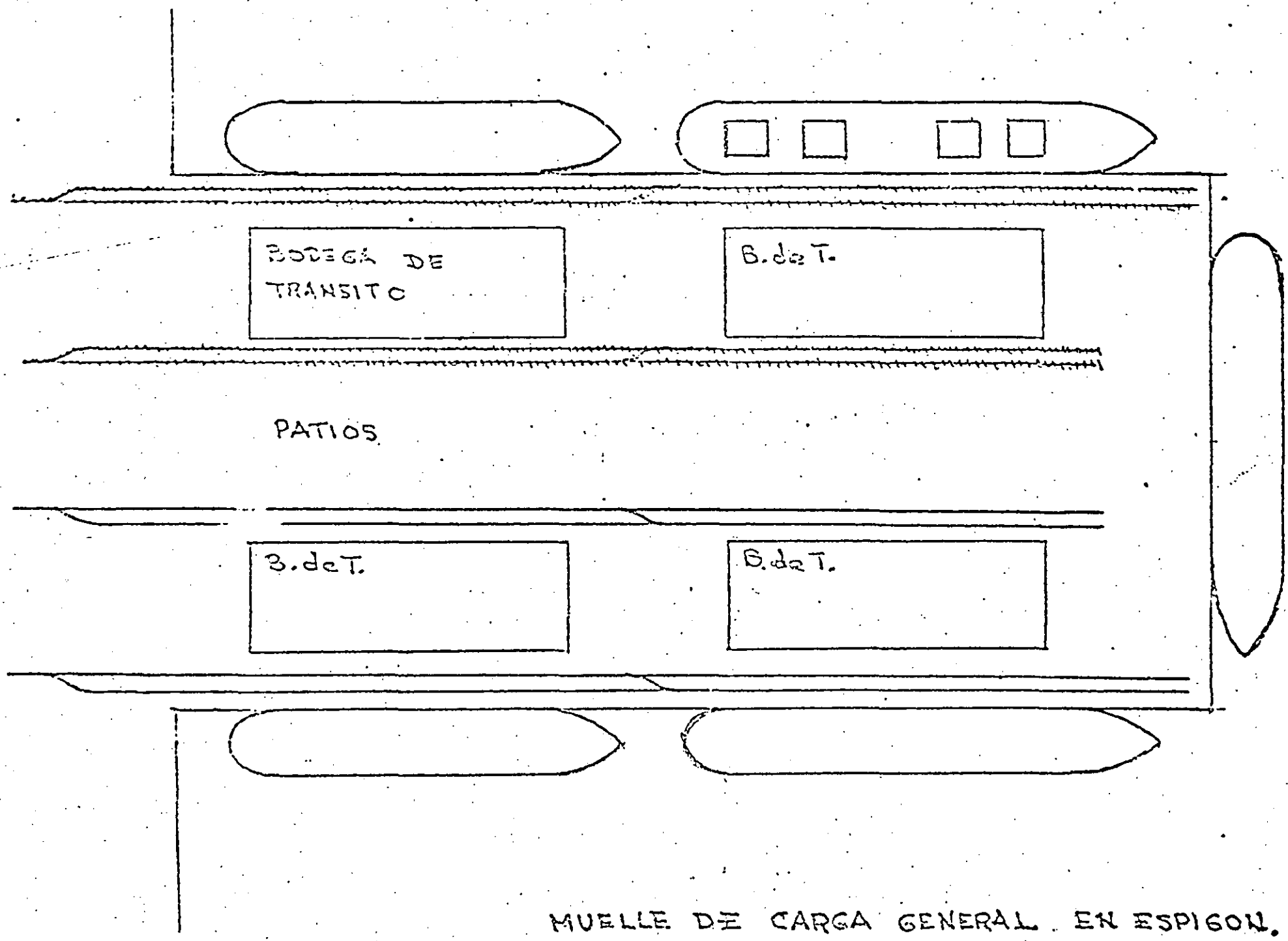
GRAFICO 8

Ejemplo de utilización del diagrama de planificación II.A





TERMINAL TIPO, DE CARGA GENERAL MARGINAL.



MUELLE DE CARGA GENERAL EN ESPIGON.

TERMINAL DE CONTENEDORES.

ANTECEDENTES:

El sistema se inició en 1960 en EE.UU. por la compañía ----- MATZON, empleando contenedores de 24' x 8' y 8' 6" de altura. En 1965 se introdujo el sistema en Europa y la Cia. MATZON - en 1967, introdujo el manejo en Japon, estos movimientos se iniciaron con barcos convencionales con grúas a bordo del -- barco, al mismo tiempo la Cia. SEELAND, con tractores y chasis, con grúas a bordo y en muelle introdujo esta versión en el manejo de contenedores de 35 x 8 x 8' 6". Posteriormente, dada la demanda en la utilización de los contenedores, se generalizo la utilización de grúas especializadas en muelle, - equipos de transferencia y almacenamiento en patio y contenedores de 20 y 40' con sección de 8 x 8'. En México se introdujo el sistema en 1980 en el puerto de Veracruz e incipientemente en Lázaro Cárdenas.

Para la utilización de este sistema se tendrán que tomar en cuenta:

- La reducción de mano de obra, que varia de 3a1 a 5a1, respecto a una terminal convencional de carga general.
- Una terminal de contenedores tiene un rendimiento en el manejo de carga del orden de 6 veces, respecto a una - terminal de carga general, y con un costo de tres veces mayor. Por lo que el costo por tonelada manejada por -

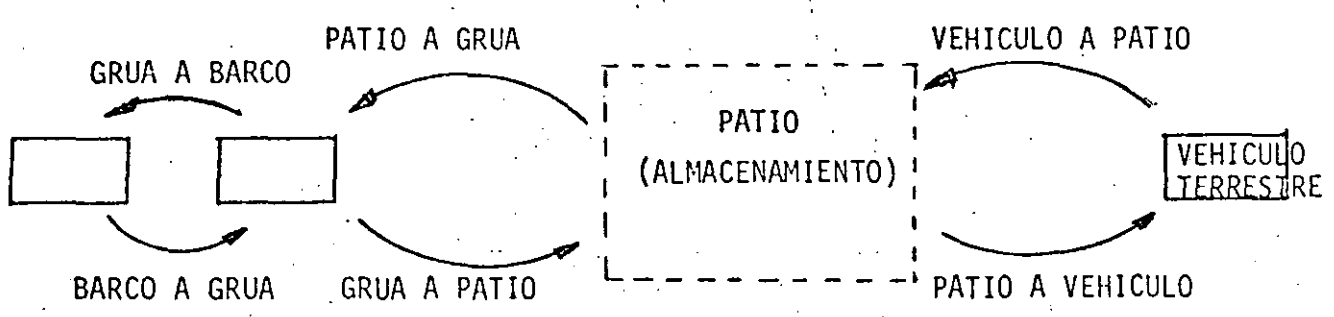
efecto de las inversiones realizadas, equivale a la mitad.

Planeación de una terminal de contenedores.

1.- Flujo de carga. Actividades de la terminal.

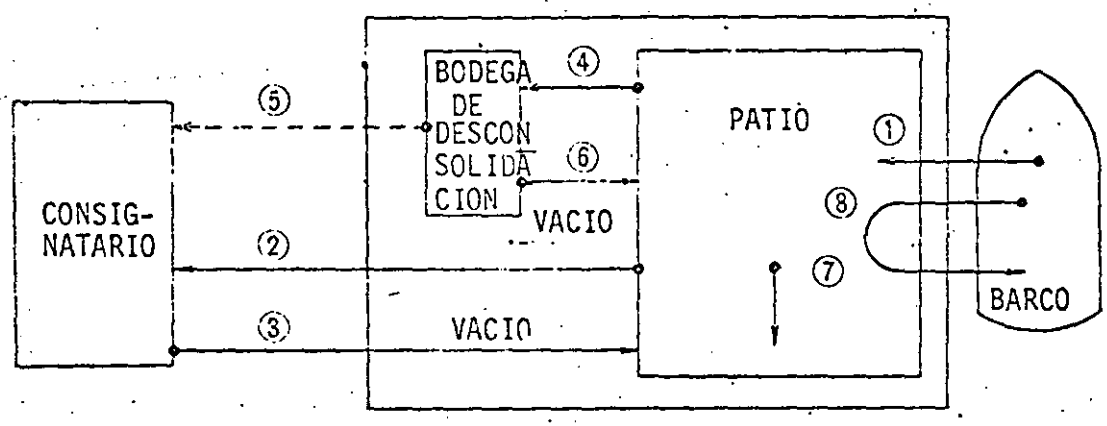
- Carga/descarga de contenedores.
- Recepción y despacho de contenedores vía transporte terrestre.
- Almacenamiento en patio.
- Consolidación y desconsolidación de contenedores.
- Mantenimiento y conservación de contenedores, vehículos y equipos de manipulación de carga.

En la siguiente figura se muestra el flujo de la carga en una terminal.



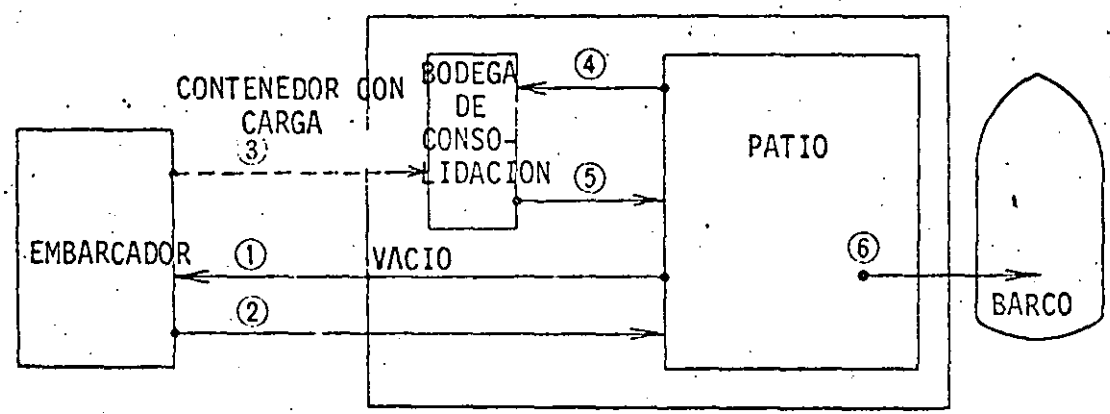
Las figuras muestran las líneas de flujo de contenedores de exportación y de importación.

No.	CONCEPTO	CONSIGNATARIO	BODEGA DE DESCONSOLIDACION	PATIO	BARCO
1	DESCARGA				
2	ENTREGA				
3	REGRESO CONTENEDOR VACIO		VACIO		
4	TRANSLADO CONTENEDOR CARGADO				
5	REGRESO CONTENEDOR VACIO			VACIO	
6	TRANSLADO POR CUARENTENA				
7					
8	REUBICACION DE CARGA				



FLUJO DE IMPORTACION DE CONTENEDORES

No.	CONCEPTO	EMBARCADOR	BODEGA DE CONSOLIDACION	PATIO	BARCO
1	ENVIO DE CONTENEDOR VACIO		VACIO		
2	RECEPCION CON CARGA				
3	RECEPCION EN BODEGA				
4	A BODEGA DE CONSOLIDACION		VACIO		
5	RECEPCION EN PATIO				
6	CARGA				



FLUJO DE CONTENEDORES DE EXPORTACION

2.- Aspectos Generales.

- La terminal se proyectará de tal manera que los bar-- cos porta-contenedores no tengan estadias prolongadas en espera de muelle.
- Que las operaciones de carga/descarga se puedan efectuar las 24 horas del día y durante todo el año.
- Disponer de amplias zonas de de almacenamiento, dotadas de acceso carretero y ferroviario.

3.- Localización.

- El volúmen previsto de tráfico determinará la longitud de atraque y la extención de los patios de almacena--- miento de contenedores.

NOTA.- Con frecuencia, la importancia de las areas de almacenamiento de contenedores, impide la utilización de los muelles convencionales de carga general, por sus dimensiones reducidas.

- Las condiciones fisicas influyen en la localización, - por lo que la zona elegida debe estar protegida de la agitación ya que el manejo de contenedores requiere una posicion estable del barco (altura máxima de la ola de 0.75 m.). La calidad del suelo es importante por las - grandes descargas producidas por los contenedores apilados y el equipo de manejo.
- Es deseable que la localización de la terminal no provoque largos trayectos del barco entre la bocana del -

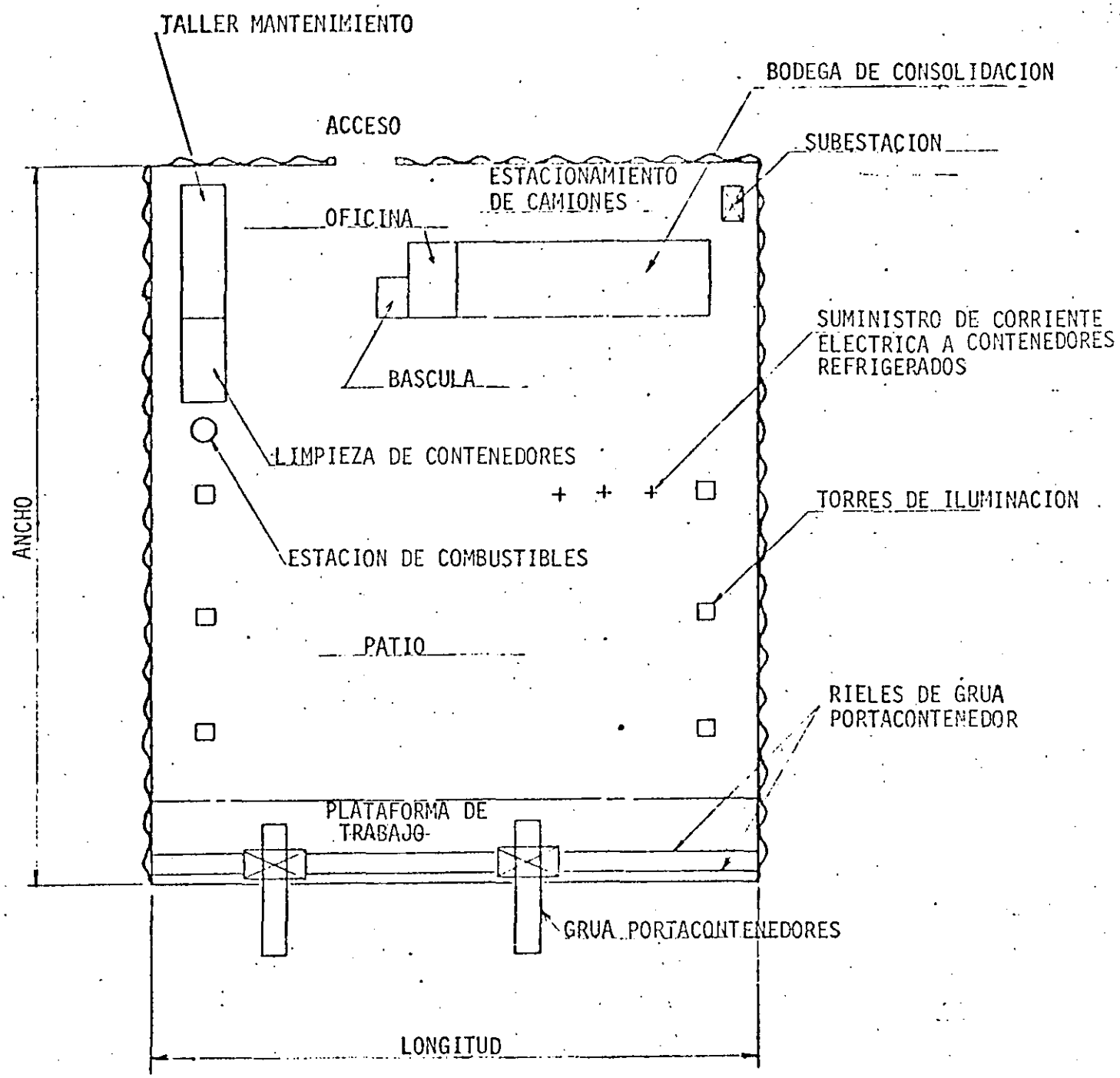
puerto y la terminal para reducir el timepo en puerto.

- Se deberá contar con reserva territorial para ampliación de patio y prever el aumento en el tamaño de los barcos.

La siguiente figura muestra una distribución general de una terminal.

4.- Muelles.

- Si la predicción del tráfico indica la posibilidad del envio de embarcaciones de la 3a. generación, deberá preverse una profundidad de 13 a 14 m.
- Los barcos de la 2a. generación requieren 11 m. de profundidad.
- El muelle deberá contar con una vía para la grúa porta-contenedores, cuyo peso fluctua entre 500 - 800 tons., y cuya altura es de hasta 80 m. con el brazo de carga elevado.
- La longitud media de un atraque varia de 250 a 300 m. para los barcos de 2a y 3a. generación. En el caso de requerirse varios tramos de atraque, estos deberán tener el mismo alineamiento para poder desplazar las grúas porta-contenedores de un tramo a otro.
- Para el empleo de barcos porta-contenedores alimentadores que comuniquen puertos pequeños con grandes terminales, es conveniente prever atraques de menores dimensiones, sin interferencia en su manejo.



DISTRIBUCION GENERAL DE UNA TERMINAL DE CONTENEDORES

- La utilización cada vez mayor a nivel mundial de barcos mixtos, es decir Lo/Lo y Ro/Ro, en donde el autotransporte juega un papel preponderante no obliga a prever rampas fijas en un extremo de la terminal ó bien el uso de rampas flotantes moviles.

5.- Patios.

- Una de las características del sistema de transporte por contenedores es la gran extensión de terreno necesaria para almacenamiento.
- Cuando se inician las operaciones en una terminal y hasta 20 000 teu. se requieren del orden de 300 m. de ancho, llegando a 500 m. para un manejo de 100,000 teu/año por terminal.
- Cuando existe un gran movimiento de contenedores vacios, las experiencias en otras partes del mundo fijan a 600 m. el ancho del patio.
- Un patio de contenedores, se compone de tres partes pricipales:

  A.- Zona de preparación del plan de carga (instalaciones de control)

  B.- Zona de almacenamiento de contenedores.

  C.- Circulación de vehículos y equipo.

Las diversas áreas de la terminal se definiran en función de los volumenes previstos de contenedores de importación y explotación, con carga y vacios para contenedores de 20 ó 40', refrigerados o con cargas peligrosas, áreas para los que requieren reparación y fundamentalmente el tipo de equipo para la transferencia y estiva de contenedores.

Por regla general a una mayor densidad de almacenamiento de contenedores, se requiere una administración rigurosa y un mayor valor del equipo para la estiva a gran altura.

El conjunto de patios debe proyectarse de manera uniforme para poder modificar los limites de las diversas áreas, de acuerdo con la demanda de los flujos de los tipos de contenedores que se manejen.

Es importante proyectar adecuadamente los patios para obtener un dren de aguas pluviales eficiente y alumbrado general que permita el trabajo nocturno con seguridad y eficiencia. Estos conceptos representan del orden del 30% del costo de los patios, y los patios tienen un costo en su totalidad de aproximadamente similar al del muelle.

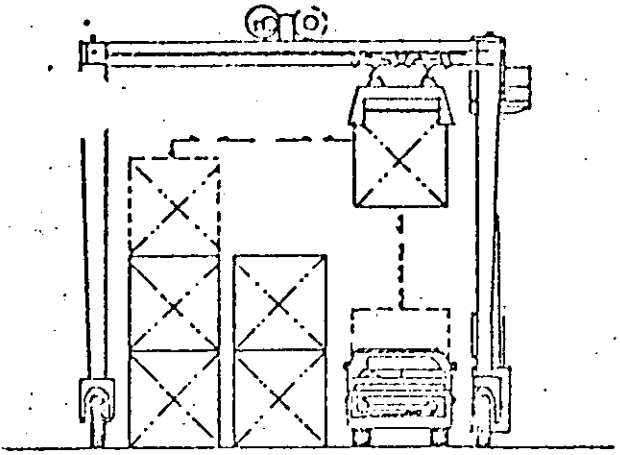
6.- Comunicaciones terrestres.

Dado que el ritmo del transbordo del sistema de transporte terrestre es menor que la carga/descarga de barcos, la terminal deber contar con una vialidad expedita y con estacionamientos de vehículos terrestres para evitar congestionamientos.

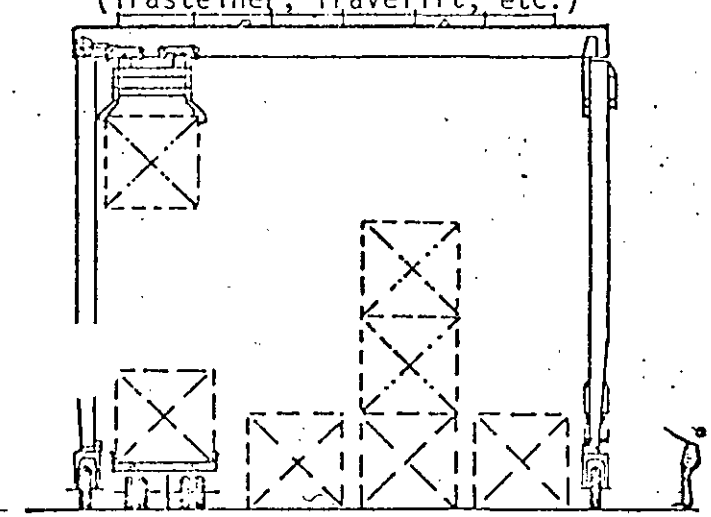
El dimencionamiento de la vialidad, tanto carretero como ferroviario estará en función del volúmen de carga del tráfico marítimo.

El proyecto detallará la operación ferroviaria, la cual formará por tres vias, equipadas con gruas sobre rieles que permita la carga/descarga de vagones. Las vias pueden instalarse ya sea perpendicularmente o paralelas al muelle, lo cual dependerá de lá dirección de ampliación de la terminal, dado que es deseable no cortar los patios de almacenamiento con vias ferreas, generalemente se localizan éstas, al fondo de la terminal, es decir - en el extremo contrario a la dirección de ampliación de patios.

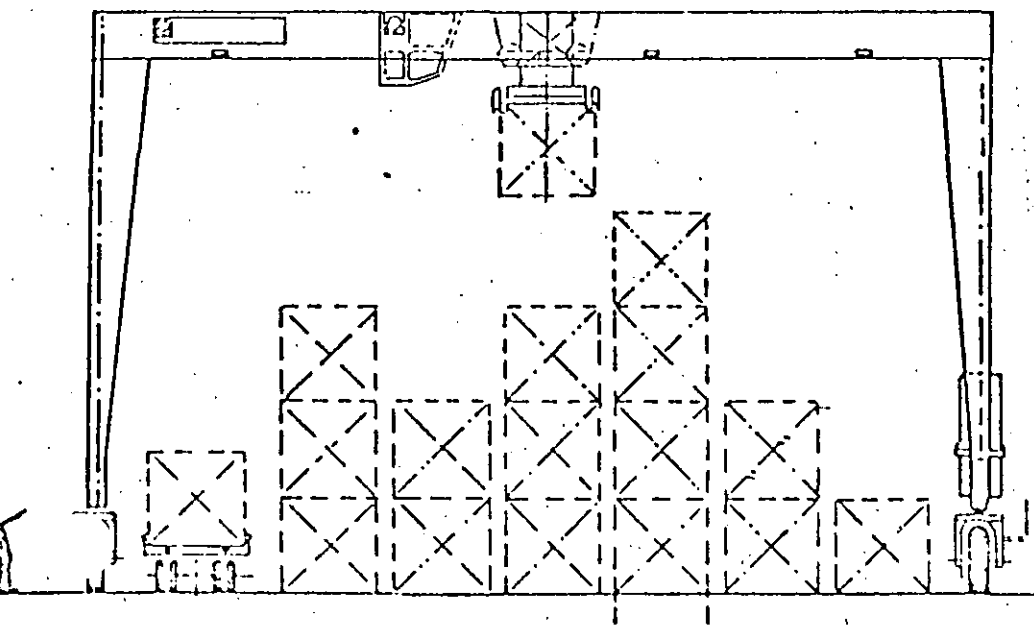
EQUIPO PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES



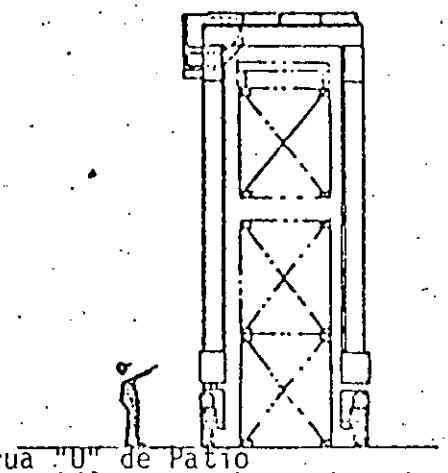
a) Grúa de Patio sobre llantas: ancho 2+1/ Altura 1 sobre 2 (Trasteiner, Travelift, etc.)



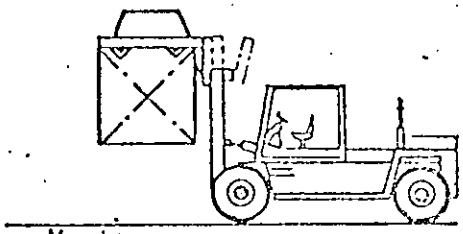
b) Grúa de patio sobre llantas: 3+1/ 1 sobre 3



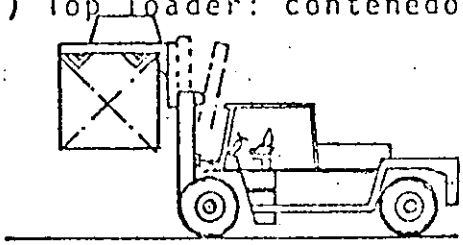
c) Grúa de patio sobre llantas: 6+1/1 sobre 4



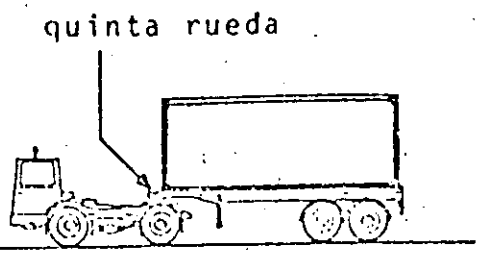
Grua "U" de Patio
d) Straddle carrier: 1 sobre 2



Montacargas
e) Top loader: contenedor de 20 pie



Montacargas
f) Top loader: contenedor de 40 pie



g) Tractor + Chasis

MANEJO ANUAL DE CONTENEDORES CON DISTRIBUCION MENSUAL

CONCEPTO	ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL		AGO		SEP		OCT		NOV.		DIC	
	I	E	I	E	I	E	I	E	I	E	I	E	I	E	I	E	I	E	I	E	I	E	I	E
CONTENEDORES:																								
C/CARGA 20'																								
C/CARGA 40'																								
VACIOS 20'																								
VACIOS 40'																								
CONT. REFRIGERADOS 20'																								
" " 40'																								
Nº DE CONTENEDORES POR BARCO																								

I = IMPORTACION
E = EXPORTACION

EQUIPAMIENTO DE UNA TERMINAL DE CONTENEDORES.

Una vez concluidos los estudios económicos a nivel nacional y regional que determinen la necesidad de contar con una -- terminal de contenedores, su desarrollo puede ser por estapas.

La primera comprende la planeación general de la terminal,- incluyendo largo y profundidad del muelle, extensión de --- áreas de tierra y los accesos terrestres. El muelle de referencia debera estar con la preparación para los rieles de - transito de una grúa de portico portacontenedores, los patios para almacenamiento de contenedores y la bodega de consolidación y desconsolidación de contenedores. En esta étapa se - pueden utilizar las grúas del barco, una movil sobre camión y el equipo para transferencia y estiba.

Lo anterior obedece a que la grúa porta-contenedores tiene un costo del orden de $ 700 millones (1983), la cual se justifica económicamente a partir de los 20,000 TEU/año.

La segunda etapa consiste en que una vez logrado el manejo mínimo de contenedores por año para ser rentable la grúa, se analise al sistema de equipamiento total mas adecuado.

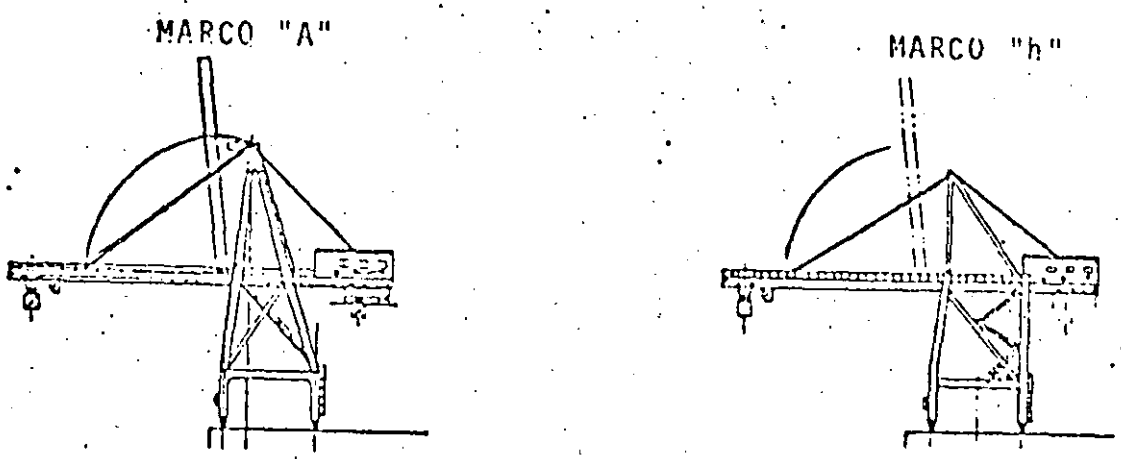
Una grua porta-contenedores de portico puede manejar un promedio de 20 a 30 contenedores por hora y aproximadamente --- 40,000 contenedores al año.

La selección de las dimensiones de grúa porta-contenedores depende principalmente, del tamaño de los barcos a los que servirá la carga útil, varia de 30 a 40 tons., el alcance va de 25 m. para barcos de pequeños hasta 40 m. para barcos de la 2a y 3a generación.

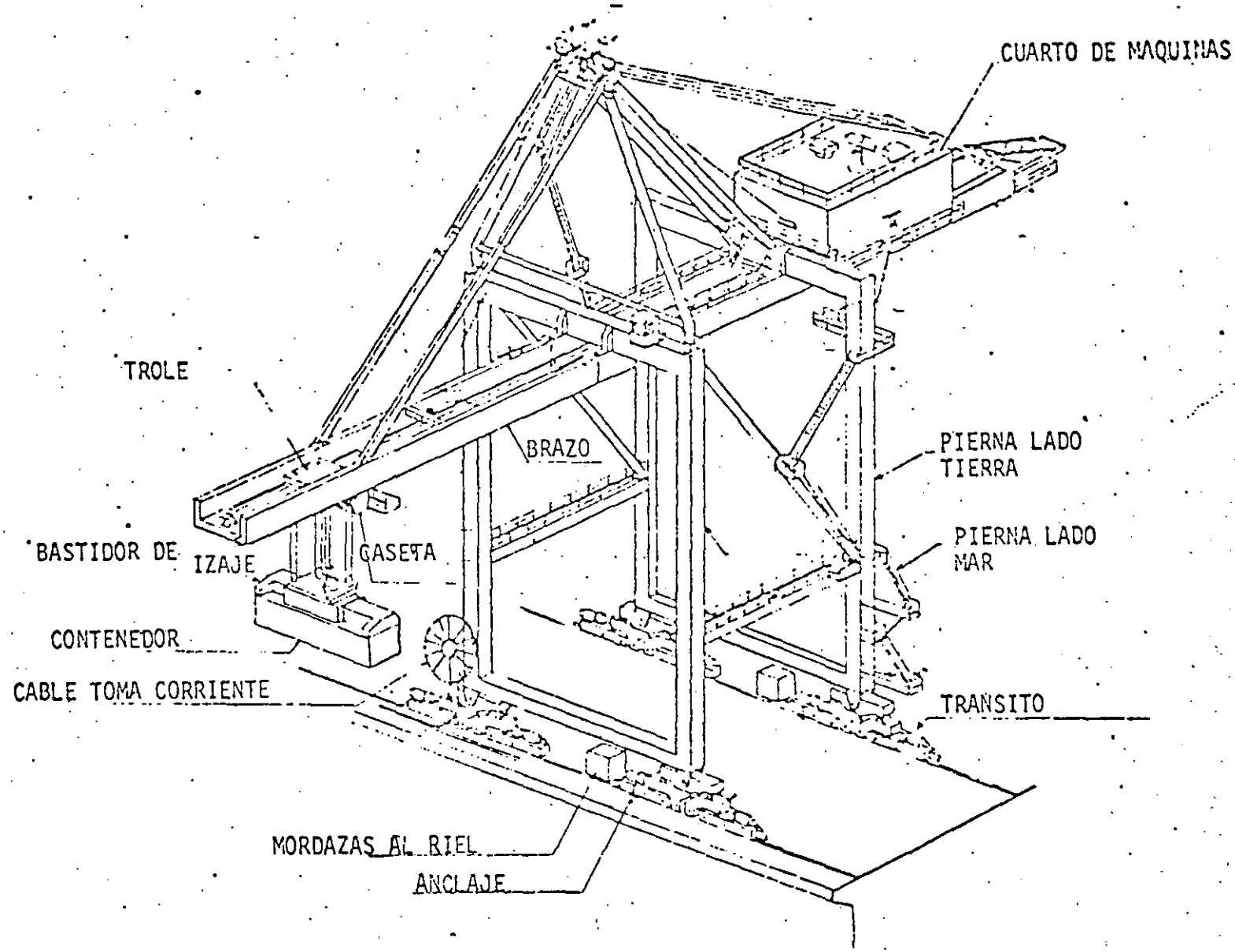
Las condiciones de operación fijan separación entre rieles que dependen de la desición de pasar vias bajo el portico. Dicha separación varia entre 15 y 20 m.

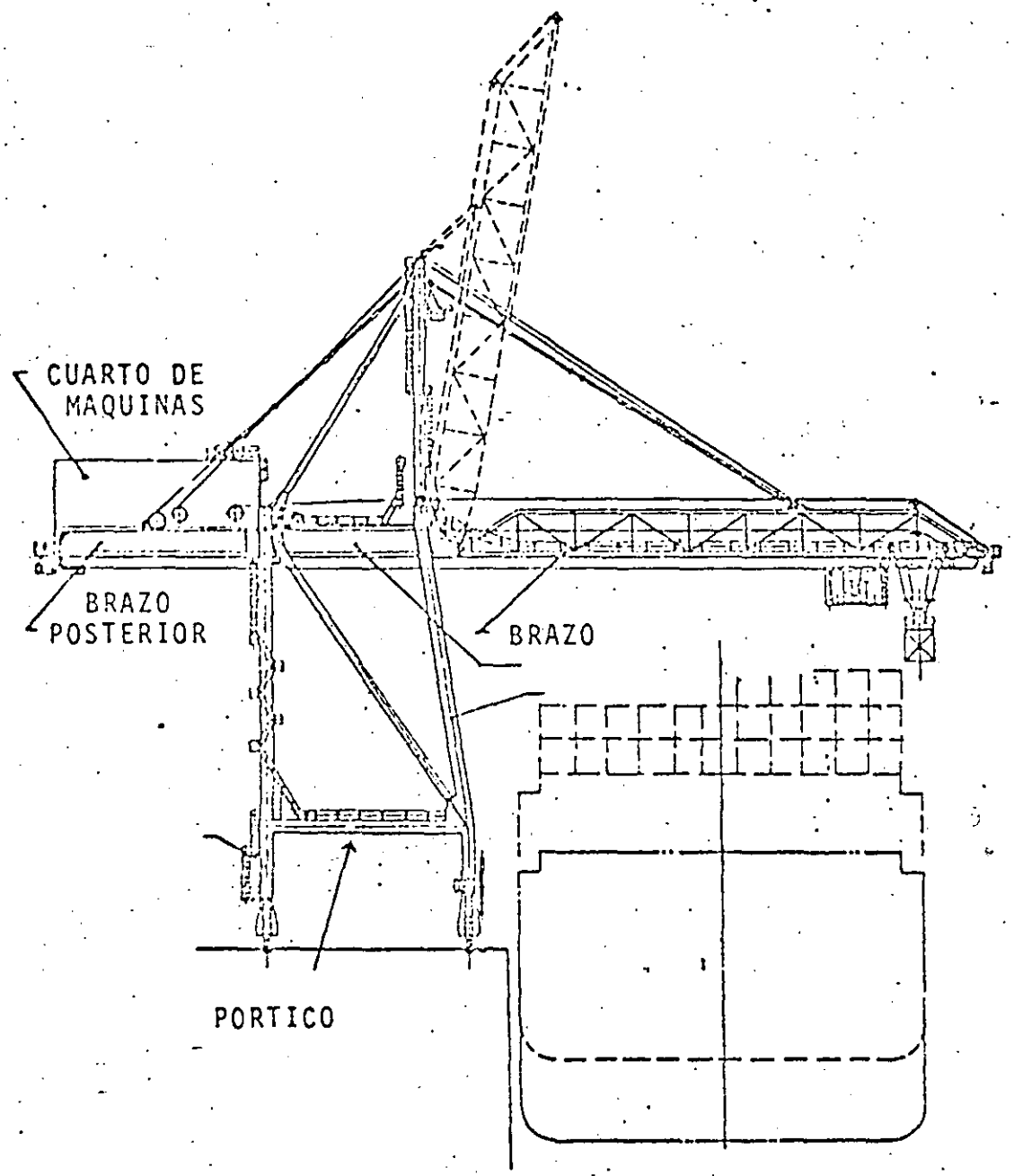
El número de grúas de portico depende del tráfico que se reciba, y es proporcionalmente mas elevado para un número reducido de tramos de atraque. En general es necesario una grúa más que el número de tramos de atraque, es decir, dos grúas para un tramo, tres grúas para dos tramos, etc.

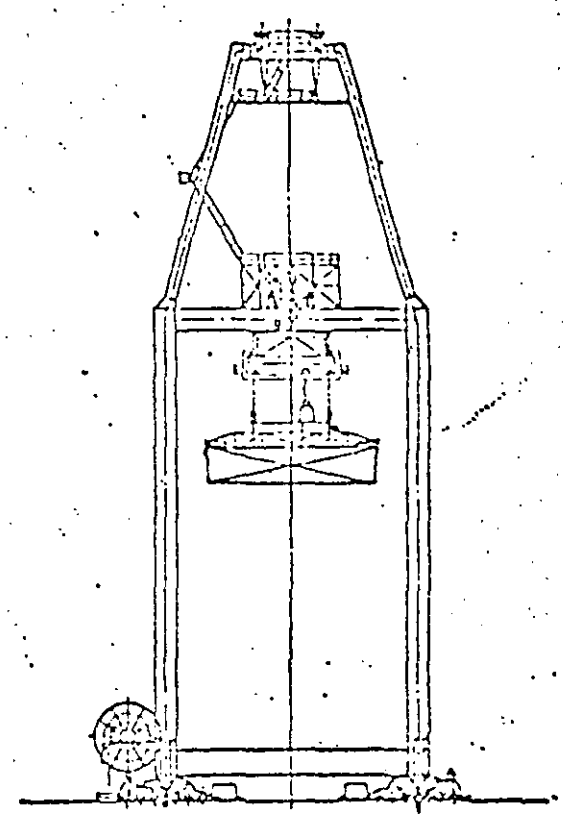
Las siguientes figuras, muestran dimensiones; detales de construcción y operación de una grúa portacontenedores.



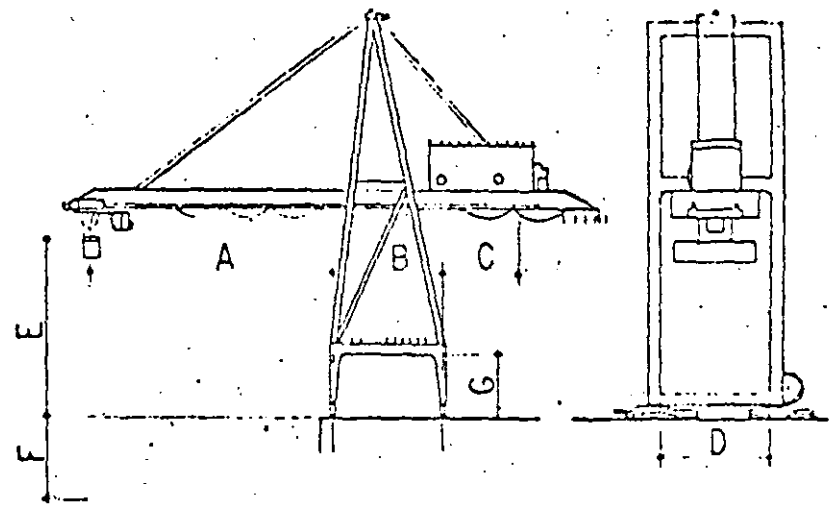
TIPO DE GRUAS PORTACONTENEDORES


CUARTO DE MAQUINAS
TROLE
BRAZO
PIERNA LADO TIERRA
PIERNA LADO MAR
BASTIDOR DE IZAJE
CASETA
CONTENEDOR
CABLE TOMA CORRIENTE
TRANSITO
MORDAZAS AL RIEL
ANCLAJE





VISTA GENERAL DE UNA GRUA PORTACONTENEDORES

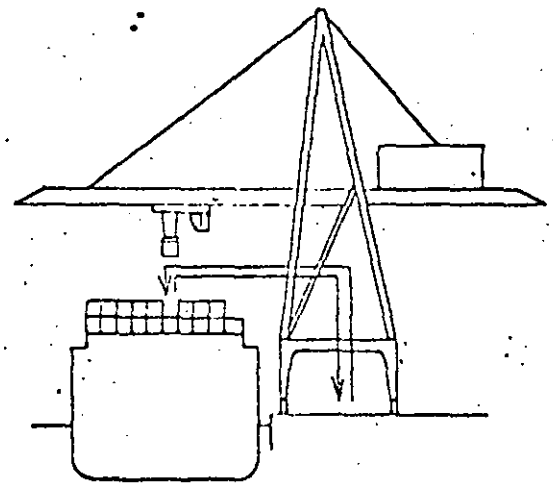


	CONCEPTO	FACTORES	DIMENSIONES	
A	BRAZO	∘ MANGA	500 TEU	: 27.5 m
			1000 "	: 30.5 m
			2000 "	: 35.5 m
B	SEPARACION RIELES	∘ ESTABILIDAD	2 LINEAS	: 13 m
		∘ Nº CARRILES DE EQUIPO DE TRANSFERENCIA	3 "	: 18.5 m
C	BRAZO POSTERIOR	∘	1 LINEA	: 4 m
			2 LINEAS	: 9.5 m
D	ANCHO	∘ LARGO DEL CONTENEDOR	40'	: 14.5 m
E	ALTURA SOBRE MUELLE	∘ CALADO	500 TEU	: 21 m
			1000 "	: 22 m
			2000 "	: 25 m
F	ALTURA ELEVACION BAJO EL MUELLE	∘ CALADO	500 TEU	: 9 m
			1000 "	: 10.5 m
			2000 "	: 12 m
G	BALIBO	∘ ALTURA DEL EQUIPO DE TRANSFERENCIA	Straddle carrier DE 3	ALTURA DE CONTENEDORES
			(for 8'6" CONTENEDORES	: 10 m
			(for 9'6" " " "	: 11 m

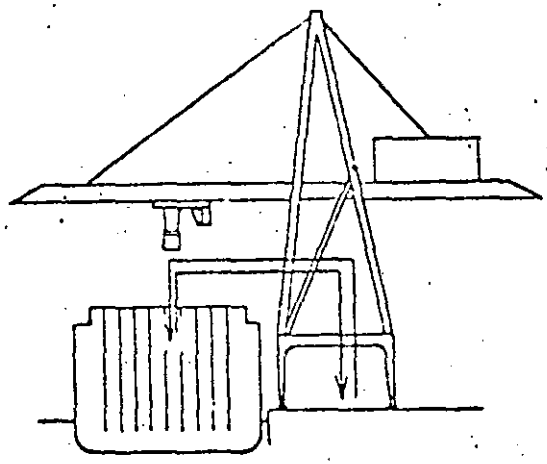
DIMENSIONES DE UNA GRUA POTA-CONTENEDORES

	VELOCIDAD		REQUERIMIENTOS DE ENERGIA ELECTRICA (APROXIMADAMENTE)
	VACIO	CARGADO	
IZAJE	70-120 m/min.	35-50 m/min.	330 kW
TRANSLACION CONTENEDOR	120-150 m/min.		75 kW
TRANSLACION GRUA	abt. 45 m/min.		8 x 12.5 kW
BRAZO	7-9 min./cycle		75 kW

VELOCIDADES DE OPERACION



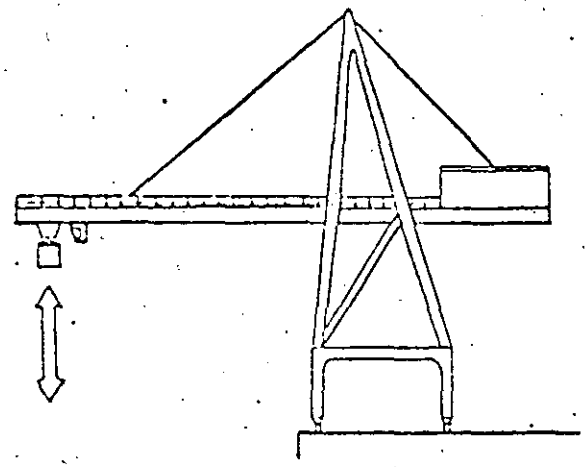
CICLO DE DESCARGA EN CUBIERTA DEL BARCO ..... 110 sec.
(32 units/hour)



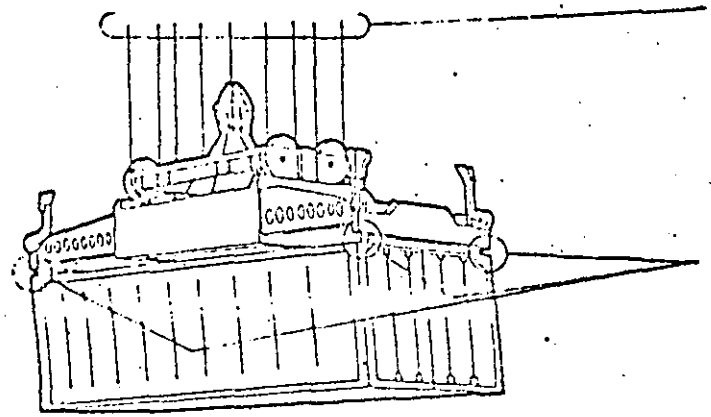
CICLO DE CARGA EN BODEGA DEL BARCO ..... 150 sec.
(24 units/hour)

CONDICIONES DE VIENTO

VELOCIDADES DE VIENTO $\leqq$ 16 m/sec.



EN OPERACION



CARGA DE IZAJE

= PESO BASTIDOR (8 - 10 ton)

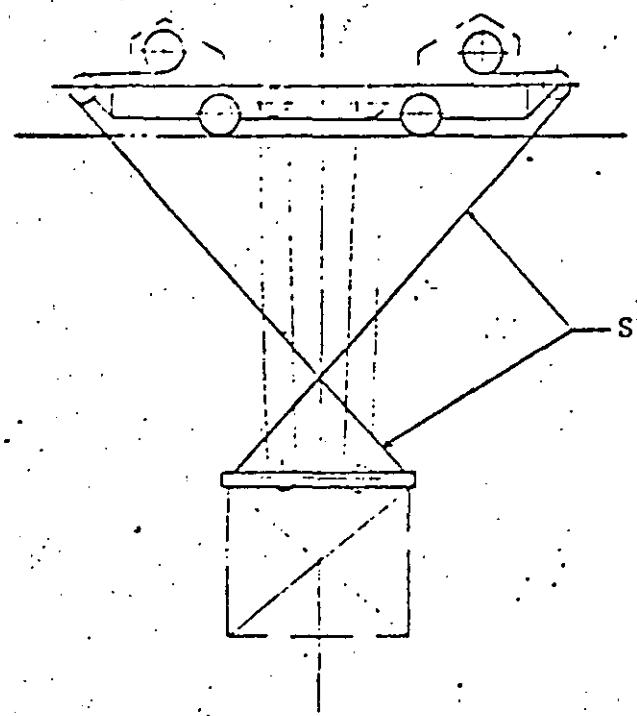
+ PESO CABLES

+MARGEN DE SEGURIDAD

CARGAS ABAJO BASTIDOR DE CARGA

= PESO CONTENEDOR + MARGEN DE SEGURIDAD

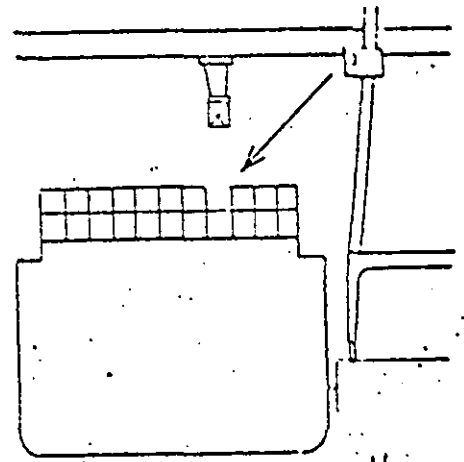
CARGA DE IZAJE



SISTEMA ANTI-PENDULO

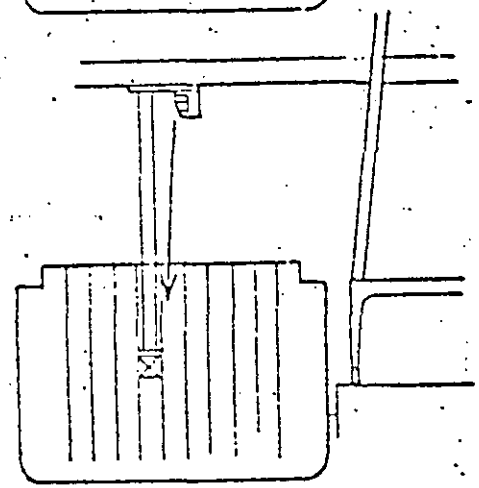
FIJO EN LA PIERNA LADO MAR DE LA GRUA

- BUENA VISIBILIDAD EN CUBIERTA DE BARCO



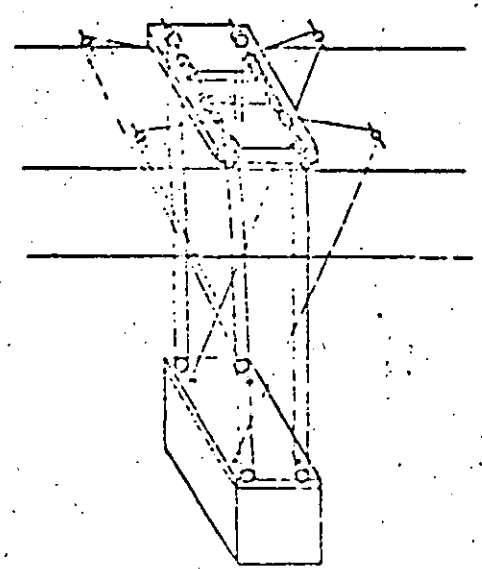
FIJA EN EL TROLE

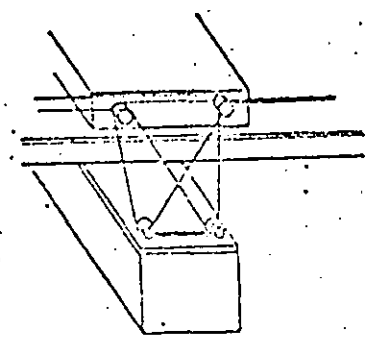
- BUENA VISIBILIDAD EN BODEGA DEL BARCO
- SISTEMA MAS EMPLEADO

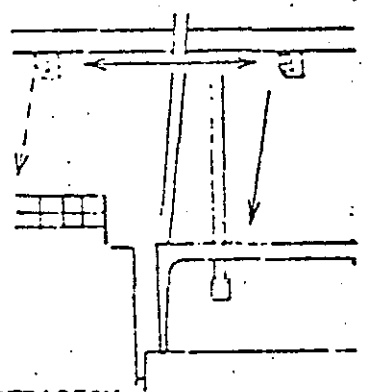


MOVIL

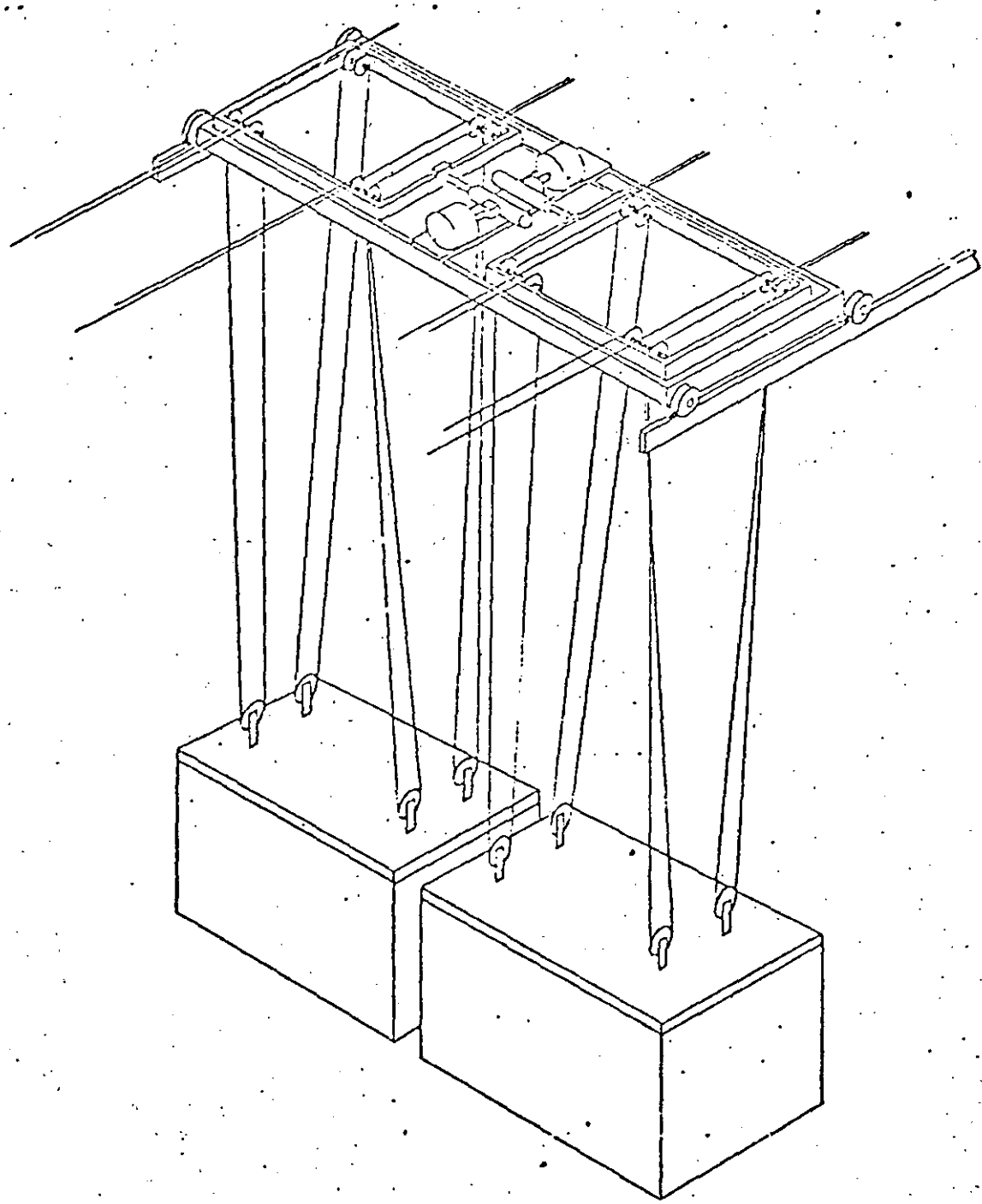
- SE ELIGE LA MEJOR VISIBILIDAD
- ALTO COSTO







LOCALIZACION CASETA DE OPERACION



IZAJE DOBLE

SISTEMA DE MANEJO DE CONTENEDORES EN PATIO.

Los sistemas de manejo, se pueden dividir en:

A.- Sistemas de chasis.

B.- Sistema de grúas "U" de patio (straddle carrier)

C.- Sistema de montacargas

D.- Sistema de Grúa Portico de patio sobre neumaticos (Transteiner, travelift, etc.)

E.- Sistema de Grúa de patio sobre rieles (Transteiner, travelift, etc.)

A continuación se describen los diversos sistemas:

A.- Sistema de chasis.

La grúa porta-contenedores deposita el contenedor sobre el chasis que un tractor transporta al patio, el cual es almacenado sobre el chasis. Este sistema es el empleado por la Compañía SEA-LAND y presenta las siguientes ventajas.

1.- Los contenedores se manejan con mayor facilidad y rapidez que con cualquier sistema. El manejo de -- contenedores por año es del orden de 2 a 3 veces - el de los otros sistemas.

2.- Se reduce la frecuencia de movimientos directos de los contenedores, por lo que se reducen a un mínimo los daños.

3.- Dado que no existen vehiculos pesados, la superficie de rodamiento no demanda una pavimentación para servicio pesado.

Desventajas:

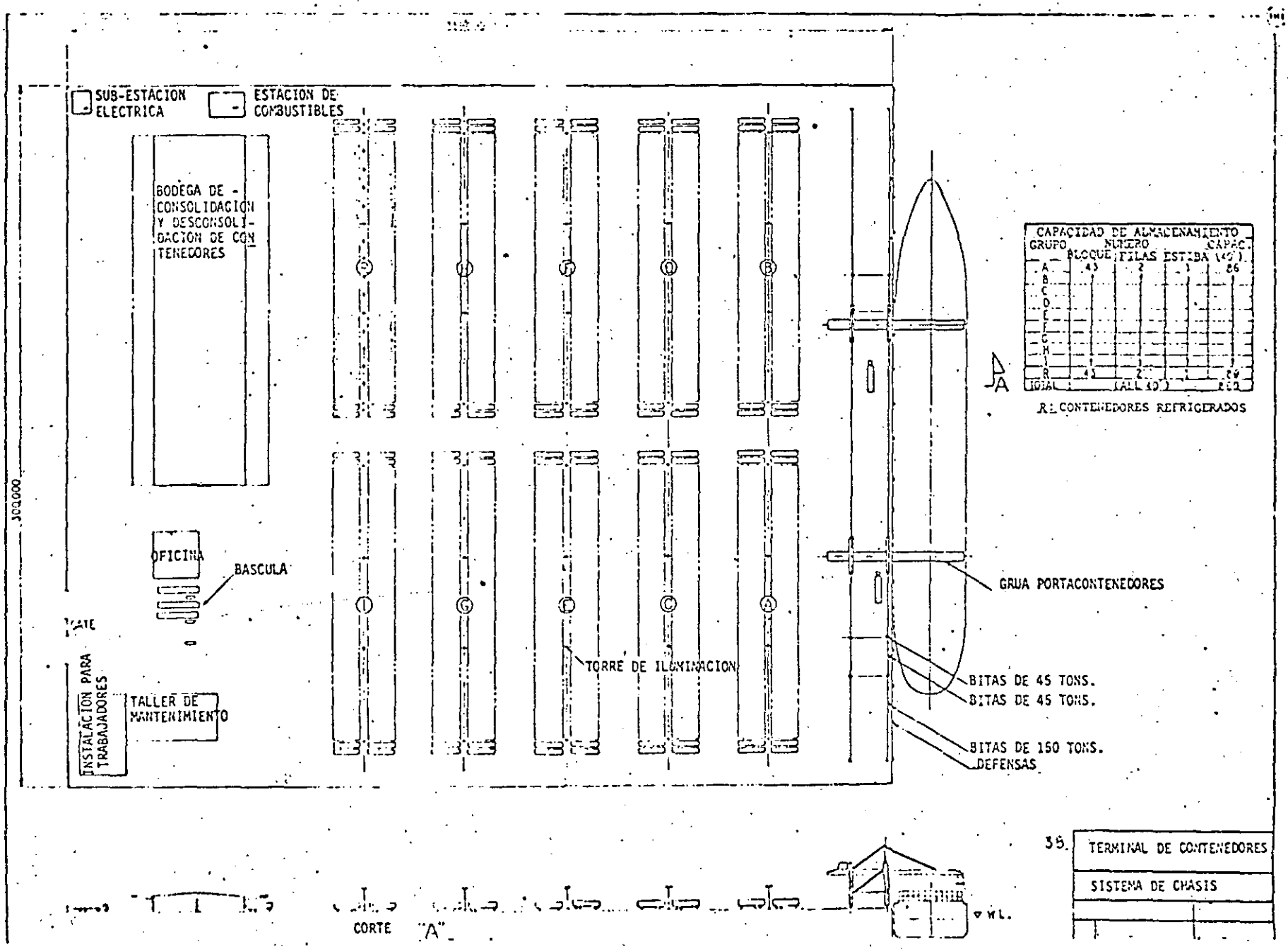
1.- Se requieren tantos chasis como contenedores en -- Patio, lo que elevara el valor inicial del equipamiento.

2.- Dado que los contenedores no pueden apilarse en capas multiples, los patios son de gran amplitud. Lo cual aumenta la inversión en intalaciones y servicios en tierra.

3.- Los chasis no solo se utilizan internamente en los patios, sino también fuera del mismo, por lo que - requieren ser chasis de carretera con alto valor y costo de mantenimiento.

Este sistema requere de 40 m2./TEU de patios.

En la siguiente figura se muestra uan terminal operada bajo el sistema de chasises.


SUB-ESTACION ELECTRICA
ESTACION DE COMBUSTIBLES
BODEGA DE CONSOLIDACION Y DESCONSOLIDACION DE CONTENEDORES
OFICINA
BASCULA
INSTALACION PARA TRABAJADORES
TALLER DE MANTENIMIENTO
TORRE DE ILUMINACION
GRUA PORTACONTENEDORES
BITAS DE 45 TONS.
BITAS DE 45 TONS.
BITAS DE 150 TONS.
DEFENSAS
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO
GRUPO
NUMERO
CAPAC.
BLOQUE
FILAS
ESTIBA
TOTAL
R: CONTENEDORES REFRIGERADOS
CORTE "A"
35.
TERMINAL DE CONTENEDORES
SISTEMA DE CHASIS

B.- Sistemas de Grúas "U" de patio (STRADDLE CARRIER)

Esta grúa de patio, estructuralmente es en forma de "U" invertida y transita sobre 40' 6 llantas orientables 90°, lo que le confiere una gran maniobrabilidad. El almacenamiento puede hacerse a dos alturas; su poca velocidad de translación (15 Km/hr.) limita su utilización al almacenamiento de contenedor en el patio propiamente dicho, ó en el patio de preparación de carga próximo a la grúa porta-contenedores.

Para la transferencia de contenedores de la grúa al patio se emplean tractores y chasises. Los chasis pueden ser de "patio" que no salen de la terminal, por lo que no requieren suspensión ni frenos lo que reduce la inversión.

Actualmente existen del orden de 500 terminales de contenedores en el mundo, de las cuales el 40% utilizan este sistema.

El sistema presenta las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

1.- Es flexible para hacer frente a las modificaciones de la distribución de contenedores en los patios.

2.- Es posible despachar rapidamente los contenedores.

3.- Dado que los contenedores pueden apilarse en capas multiples, se utilizan en forma eficiente los patios.

Desventajas:

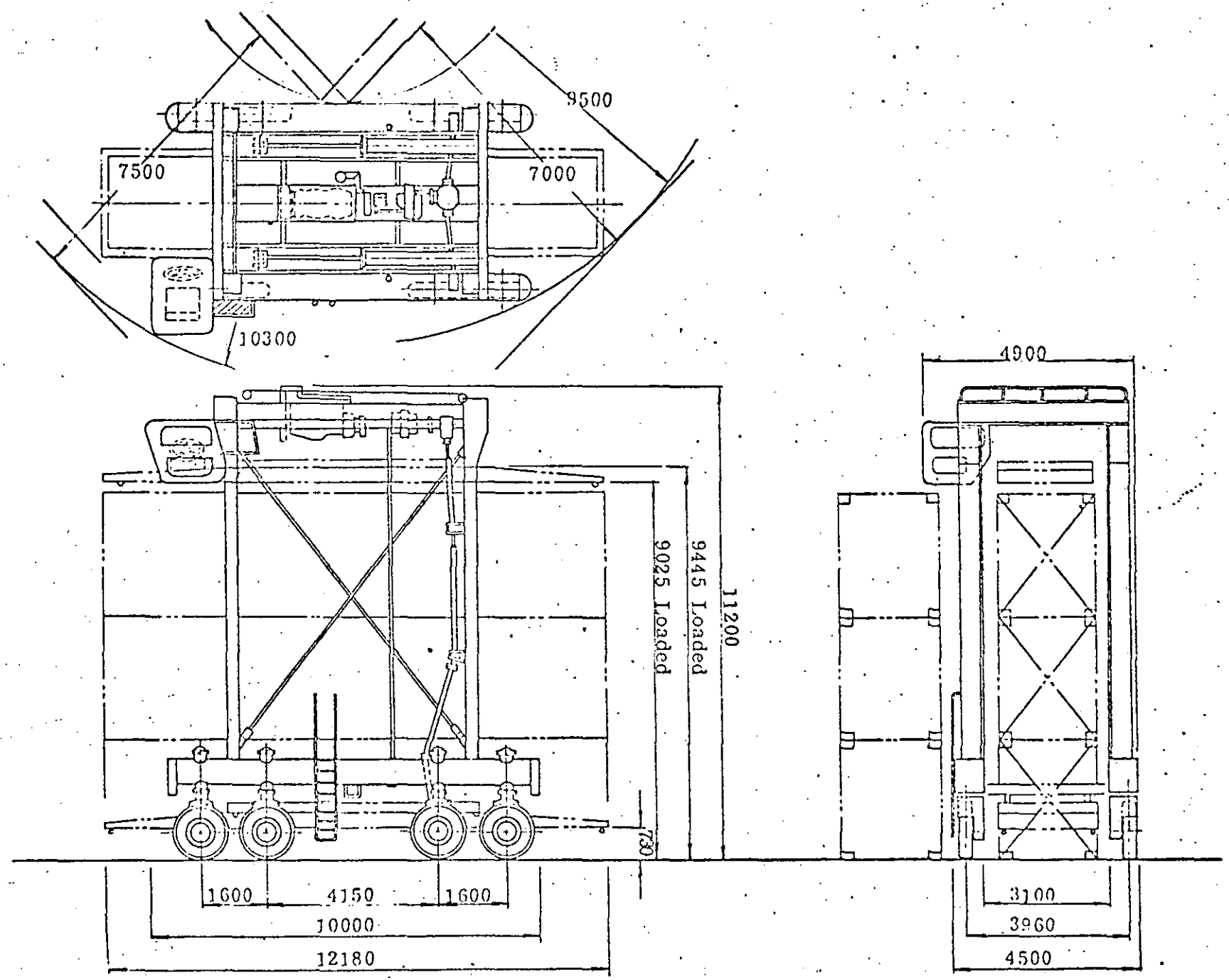
1.- El pavimento de los patios deberá diseñarse para soportar una mayor carga.

2.- Dado que en su mayoria son de accionamiento hidráulico, por lo general presentan gran número de escapes de liquido que dificultan el transito de otro tipo de vehículos y personal.

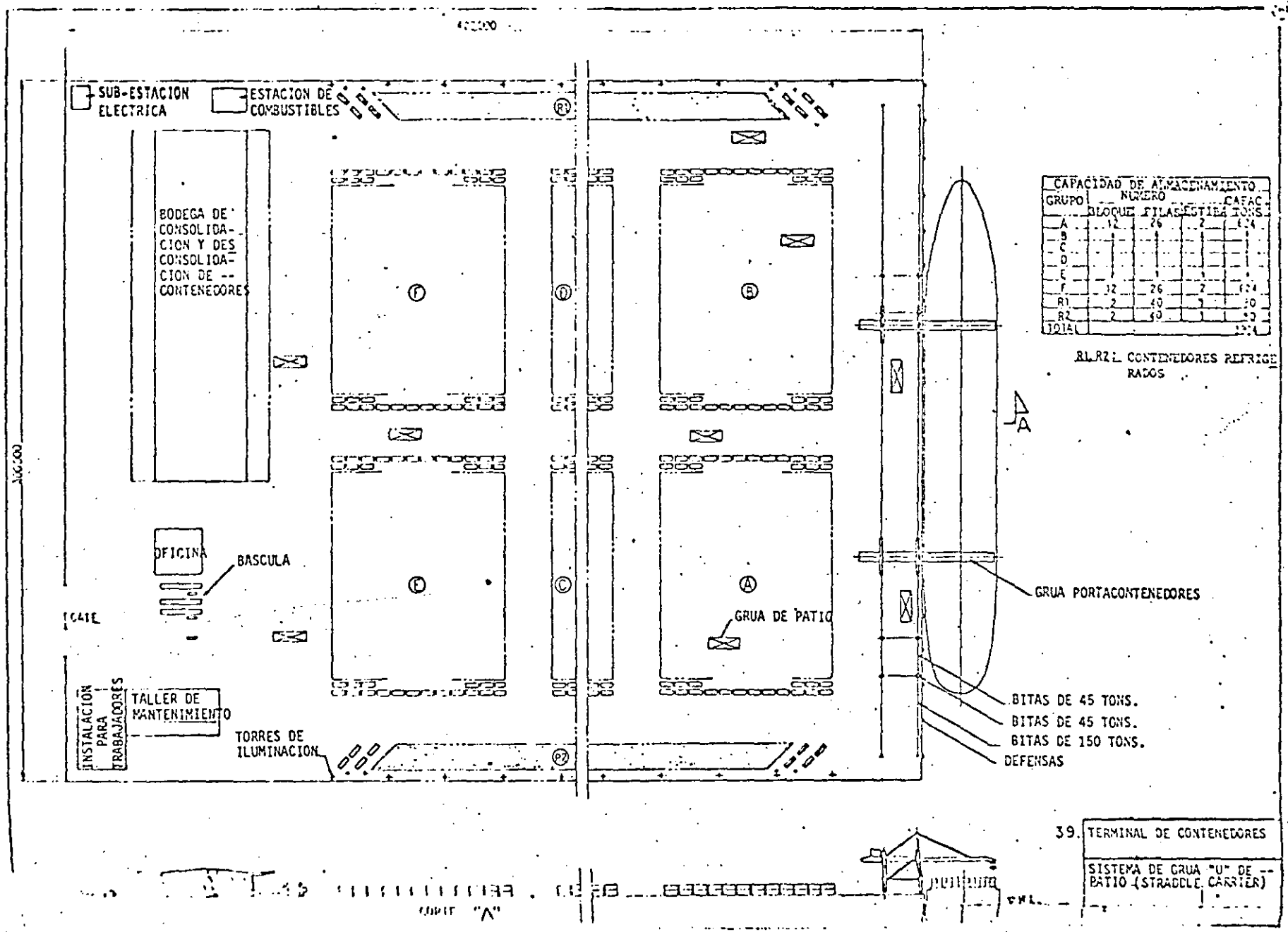
3.- Requieren un alto costo de mantenimiento, alta habilidad para operarlos.

Este sistema requiere del orden de 15 m2./TEU de patios para dos alturas de estiba.

En la siguiente figura se muestra una terminal manejada con el sistema de grúas "U" de patio.



GRUA "U" DE PATIO


SUB-ESTACION ELECTRICA
ESTACION DE COMBUSTIBLES
BODEGA DE CONSOLIDACION Y DESCONSOLIDACION DE CONTENEDORES
OFICINA
BASCULA
INSTALACION PARA TRABAJADORES
TALLER DE MANTENIMIENTO
TORRES DE ILUMINACION
GRUA DE PATIO
GRUA PORTACONTENEDORES
BITAS DE 45 TONS.
BITAS DE 45 TONS.
BITAS DE 150 TONS.
DEFENSAS
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO
GRUPO
NUMERO
BLOQUE
FILAS
ESTIBA
CAPAC TONS
A 12 26 2
B
C
D
E
F 12 26 2
R1 2 40
R2 2 40
TOTAL
R1,R2: CONTENEDORES REFRIGERADOS
39. TERMINAL DE CONTENEDORES
SISTEMA DE GRUA "U" DE PATIO (STRADDLE CARRIER)
CORTE "A"

C.- Sistema de Montacargas.

Los montacargas pueden estibar los contenedores a dos alturas (los fabricantes recomiendan 3 alturas, pero se reduce la eficiencia).

Estos montacargas se utilizan con poca frecuencia en la transferencia de contenedores entre la grúa y el patio, por lo que se considera equipo auxiliar para carga-descarga de contenedores en patio.

Dado que los contenedores de 20' en un 95% cuentan con perforaciones para las ajugas, se puede utilizar montacargas con ajugas.

Los contenedores de 40' estan diseñados para izarse por las cuatro esquinas superiores verticalmente, por lo -- que los montacargas requieren bastidor de izaje de contenedores. El 5 % de estos contenedores (aproximadamente) cuentan con perforaciones para la ajugas del motarcargas.

La transferencia de contenedores de la grúa a los patios se realiza comunmente con tractores y chasis de patio.

Este sistema requiere del orden de 40 a 50 m2/TEU. de - patios en promedio.

D.- Sistema de Grúas Portico de patio sobre nuematicos.

Con este sistema de grúas se pueden almacenar hasta 7 hileras y apilar 4 contenedores.

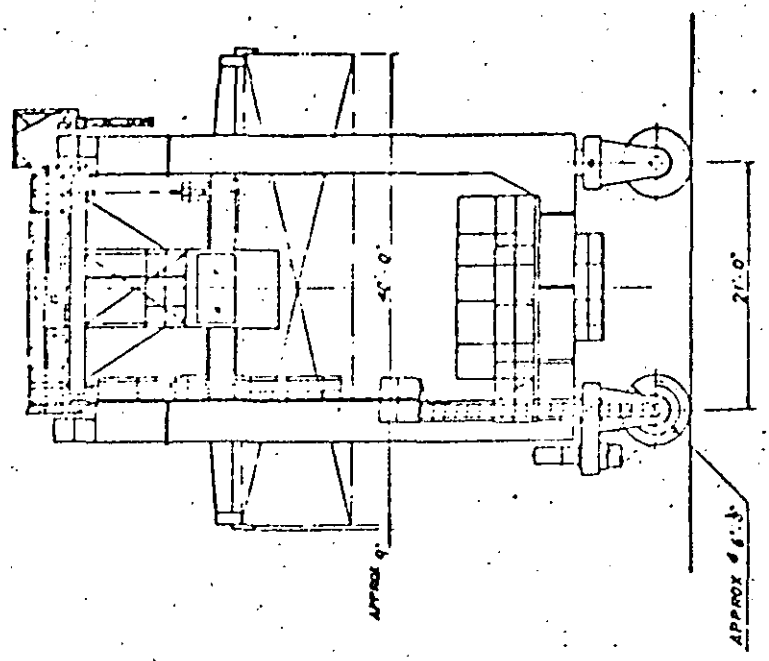
El tamaño mínimo de este tipo de grúas es para 3 hileras más un carril de transito, y 3 alturas de estiva.

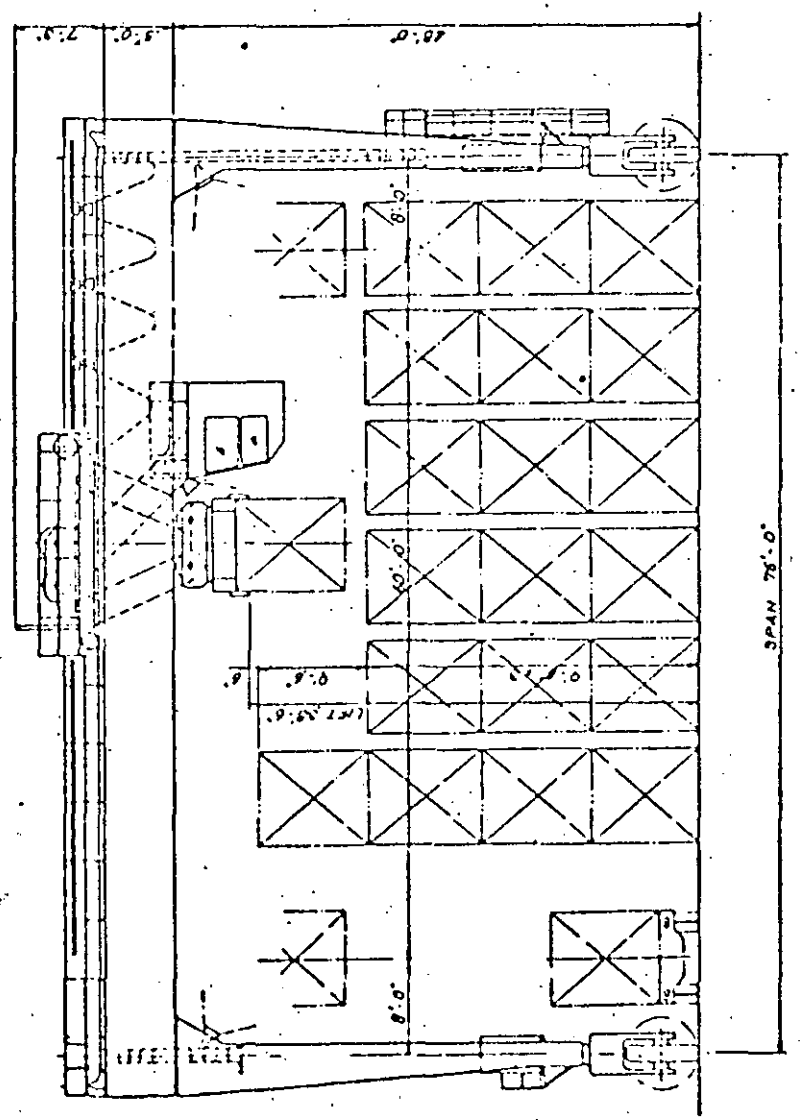
La velocidad de transito varia de 100 a 150 m/min. y la transversal del bastidor de izáje de 40 a 70 m/min.

Este tipo de grúas requiere de un pavimento para servi-- cio pesado, sin embargo dado que esta limitada la ruta - de transito, se requiere reforzar el pavimento en el --- área de desplazamiento.

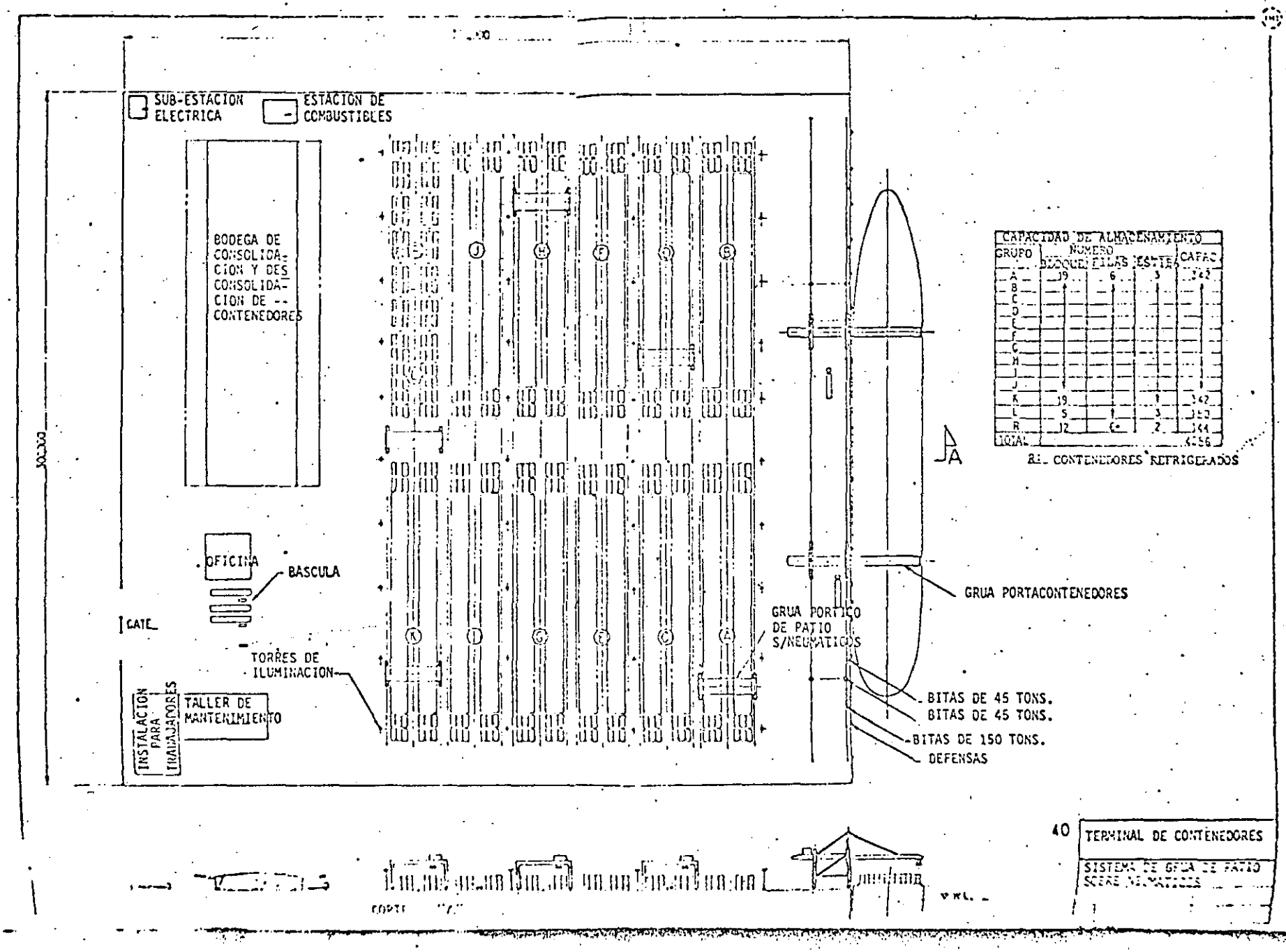
Este sistema requiere del orden de 10 - 12 m2/TEU. de - patios.

En la siguiente figura se muestra una Grúa Portico de Patio.





GRUA DE PATIO SOBRE NEUMATICOS


SUB-ESTACION ELECTRICA
ESTACION DE COMBUSTIBLES
BODEGA DE CONSOLIDACION Y DESCONSOLIDACION DE CONTENEDORES
OFICINA
BASCULA
GATE
TORRES DE ILUMINACION
INSTALACION PARA TRABAJADORES
TALLER DE MANTENIMIENTO
GRUA PORTICO DE PATIO S/NEUMATICOS
GRUA PORTACONTENEDORES
BITAS DE 45 TONS.
BITAS DE 45 TONS.
BITAS DE 150 TONS.
DEFENSAS
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO
GRUPO
NUMERO
BLOQUES
FILAS
ESTIBA
CAPAC.
A 19 6 3 342
B
C
D
E
F
G
H
J
K 19 1 342
L 5 1 3
R 12 6 2 144
TOTAL
CONTENEDORES REFRIGERADOS
40
TERMINAL DE CONTENEDORES
SISTEMA DE GRUA DE PATIO SOBRE NEUMATICOS

F.- Sistema de Grúas Portico de patio sobre rieles.

Estas grúas, denominadas "del mañana", permiten el máximo de almacenamiento de contenedores en la menor -- área de patios, permitiendo la total automatización del sistema.

La translación y movimiento del bastidor de izaje son a base de motores electricos con toma corriente paralela a uno de los rieles.

Aunque, en patio se pueden apilar hasta 8 contenedores, seguridad, ante todo por sismo y viento, de acuerdo con la norma 150 1496 (provisional), sección uno, fija en 5 la altura máxima de contenedores cargados del mismo tamaño.

Por lo anterior, para este tipo de grúas la altura máxima de apilamiento es de 4 y 5 contenedores.

Las dimensiones máximas en la práctica son: 35 a 45 m. de claro con dos volados en uno ó ambos extremos de -- 5 a 7 m.

En su interior pueden almacenar hasta 15 hileras de contenedores con 5 alturas de apilamiento, uno delos volados es para la carga-descarga de plataformas de F.C. ó

tracto-camiones; en el otro volado se almacenan de 2 a 3 hileras de contenedores.

La velocidad de transito es 100 a 150 m./min. y la de - desplazamiento transversal del bastidor de izaje de 80 a 100 m./min.

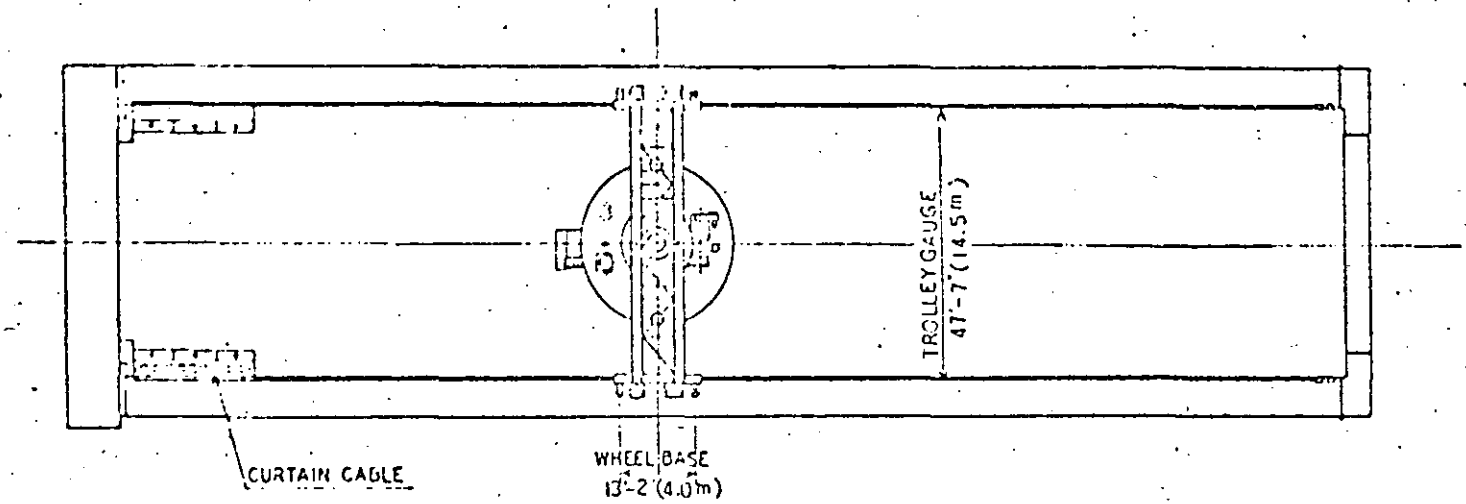
Esta grúa requiere de un diseño especial de cimentación por las grandes descargas que provoca.

Este sistema es adecuado para un alto manejo de contenedores sobre todo transportador con barcos de 3a. generación, donde se requiere una total automatización.

La transferencia de contenedores de la grúa a los patios se realiza por medio de tractores y chasis. Respecto a los tractores, se prevé para un futuro sercano la transferencia de mas de 4 a la vez.

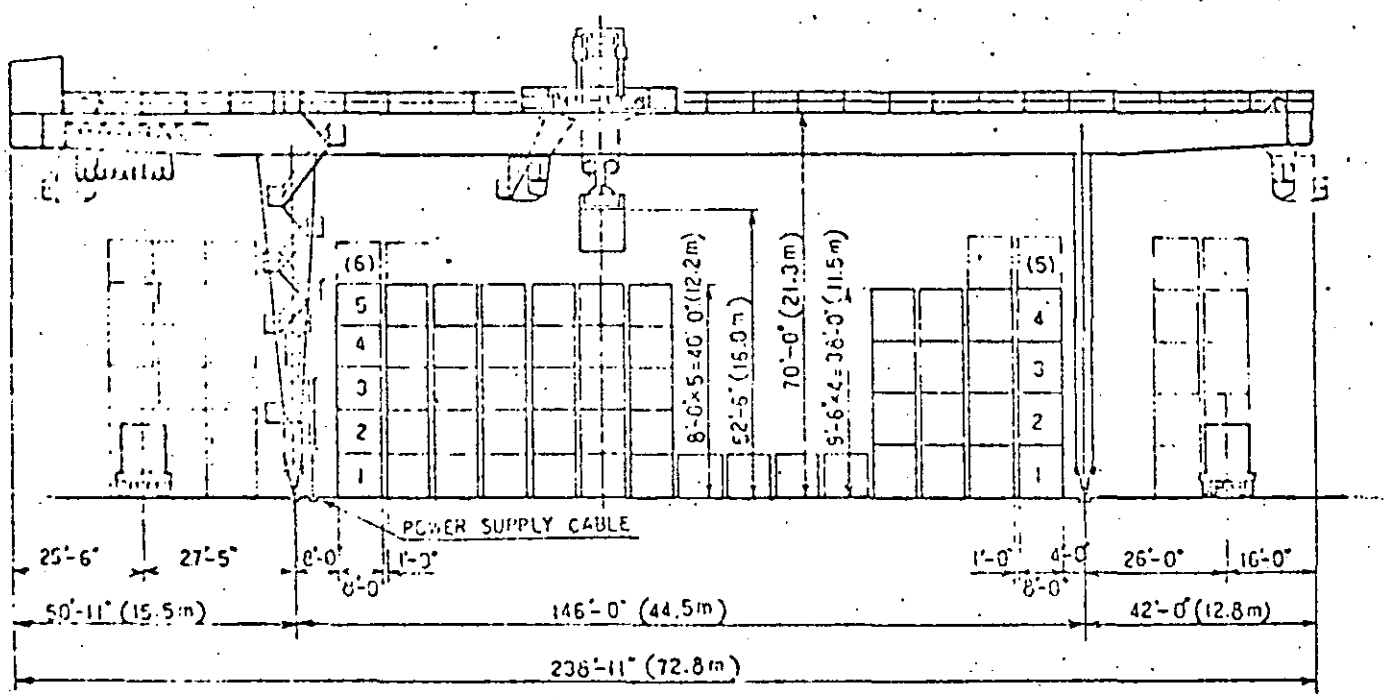
Este tipo de grúas es la que requiere menos costo de mantenimiento y de operación con respecto a los otros sistemas. En patio se requiere del orden de 9 m2/TEU.

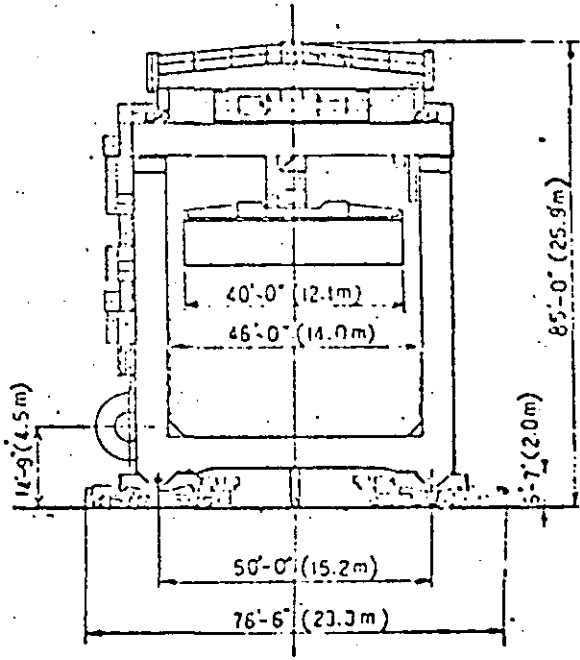
En la siguiente figura se muestra una grúa de este tipo.



CARACTERISTICAS

RATED LOAD	35LT
RAIL SPAN	144'-0" (43.89m)
HEIGHT OF LIFT	52'-6" (16.00m)
HOIST / LOWER	LOADED 150ft/min (45.72 m/min)
HOIST / LOWER	UNLOADED 300ft/min (91.44 m/min)
TROLLEY TRAVEL	400ft/min (121.92 m/min)
GANTRY TRAVEL	300ft/min (91.44 m/min)
TROLLEY ROTATION	3/4 r/min
GANTRY RAIL	73 kg/m
POWER SUPPLY	AC 3300V 50Hz

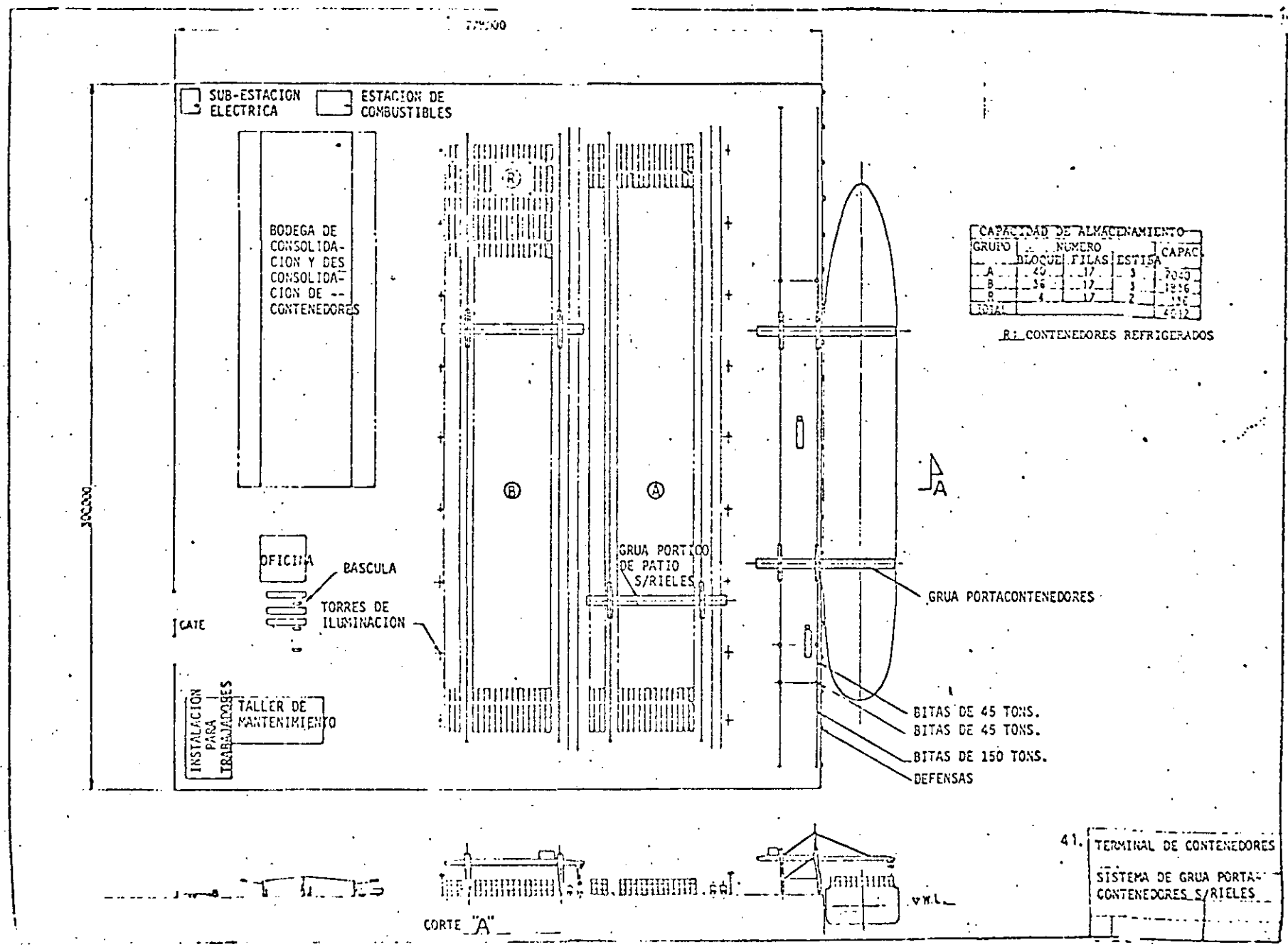




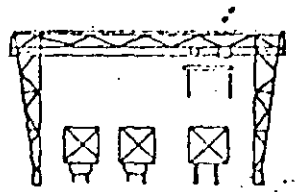
GRUA DE PATIO SOBRE RIELES

U35)

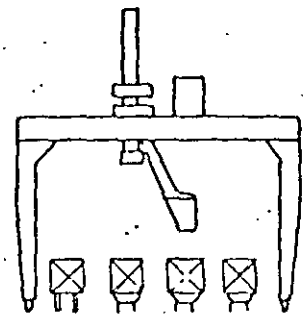
135


SUB-ESTACION ELECTRICA
ESTACION DE COMBUSTIBLES
BODEGA DE CONSOLIDACION Y DESCONSOLIDACION DE CONTENEDORES
OFICINA
BASCULA
TORRES DE ILUMINACION
CATE
INSTALACION PARA TRABAJADORES
TALLER DE MANTENIMIENTO
GRUA PORTICO DE PATIO S/RIELES
GRUA PORTACONTENEDORES
BITAS DE 45 TONS.
BITAS DE 45 TONS.
BITAS DE 150 TONS.
DEFENSAS
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO
GRUPO
NUMERO
BLOQUE
FILAS
ESTIBA
CAPAC.
A 40 17 3 2040
B 36 17 3 1836
R 4 17 2 136
TOTAL 4012
R: CONTENEDORES REFRIGERADOS
CORTE "A"
41. TERMINAL DE CONTENEDORES
SISTEMA DE GRUA PORTACONTENEDORES S/RIELES

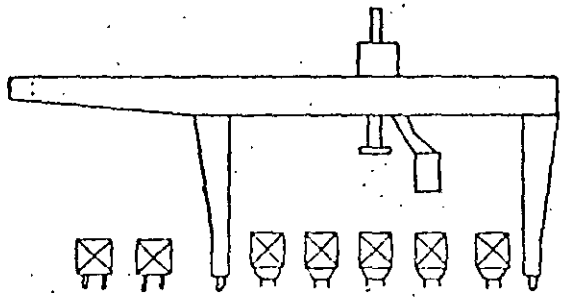
030



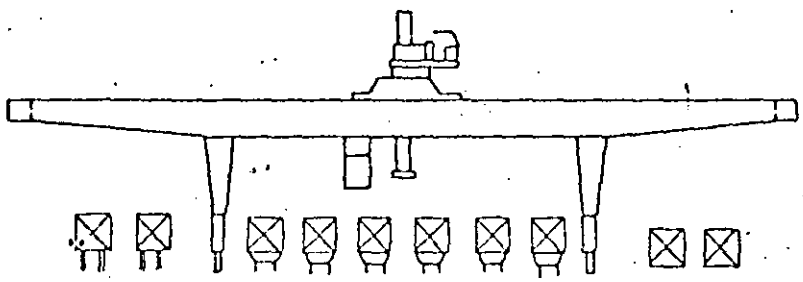
040



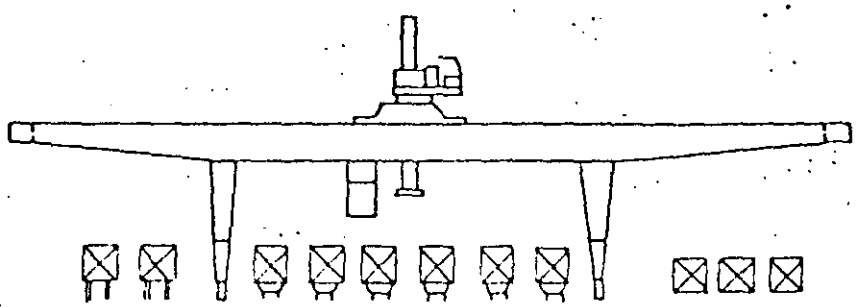
250



262



263



VISTA DE FRENTE DE GRUAS PORTICO S/RIELES
PARA CARGA/DESCARGA DE FF.CC. Y CAMIONES

COMPARACION DE LOS DIVERSOS SISTEMAS DE MANEJO DE CONTENEDORES EN PATIO.

Dado el alto costo de los equipos, esconveniente realizar estudios de la demanda en en campo de los contenedores, para elejir desde el punto de vista económico a largo plazo el sistema adecuado.

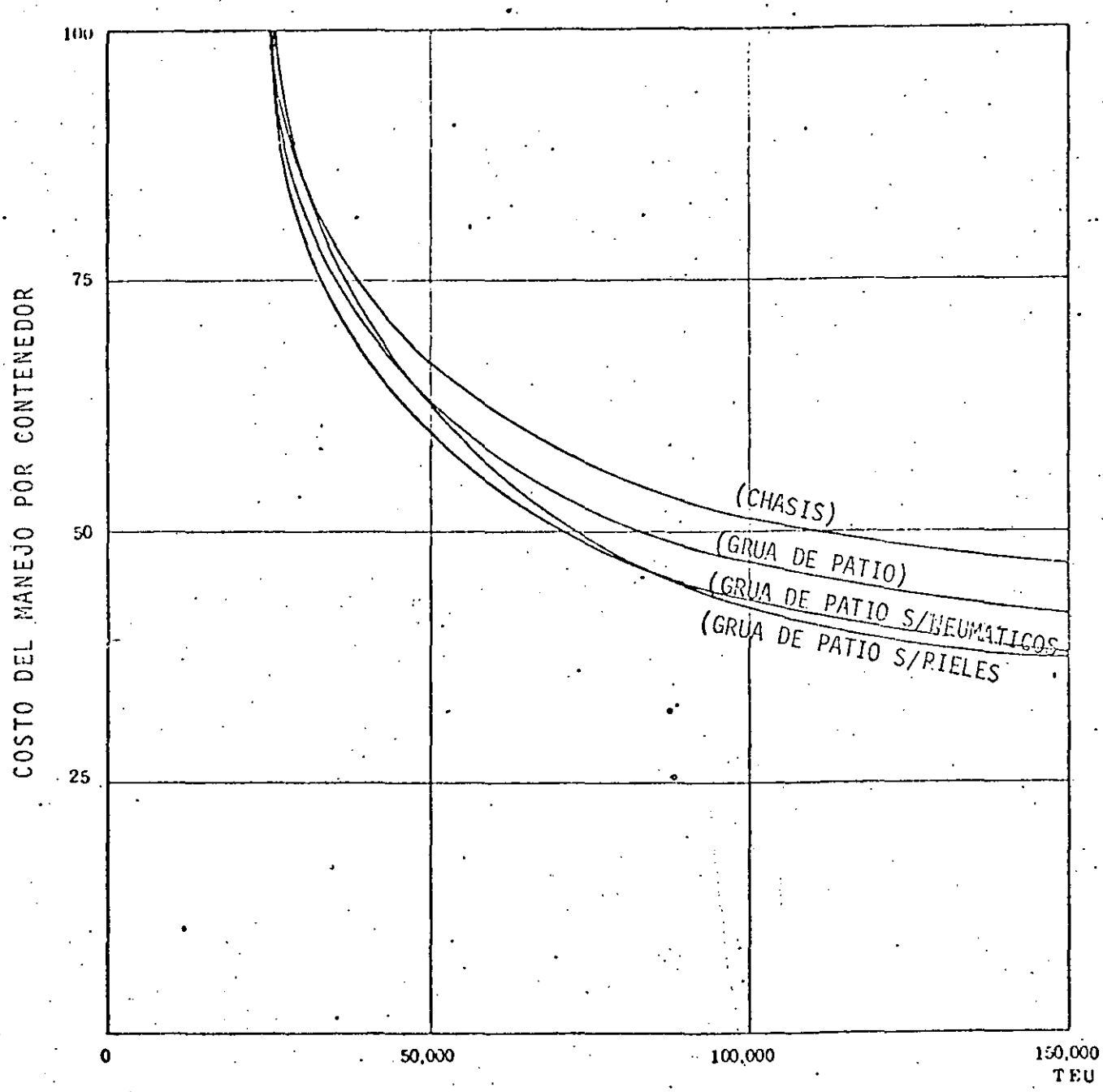
Los equipos mayores, tienen vidas económicas que varian de 15 a 25 años por lo que la decisión debe incluir horizontes de análisis del mismo orden.

A continuación se presentan una tabla mostrando el equipo y áreas necesarias en cada sistema. Una comparación de costos en función del sistema empleado y el número de contenedores manejados por año y por último un diagrama mostrando el costo relativo entre valor de terreno, el muelle y patios, los servicios y el equipamiento en terminales de contenedores del Japon, y una comparación cualitativa de los sistemas.

COMPARACION CUANTITATIVA DE LOS DIVERSOS SISTEMAS PARA MANEJO DE CONTENEDORES.

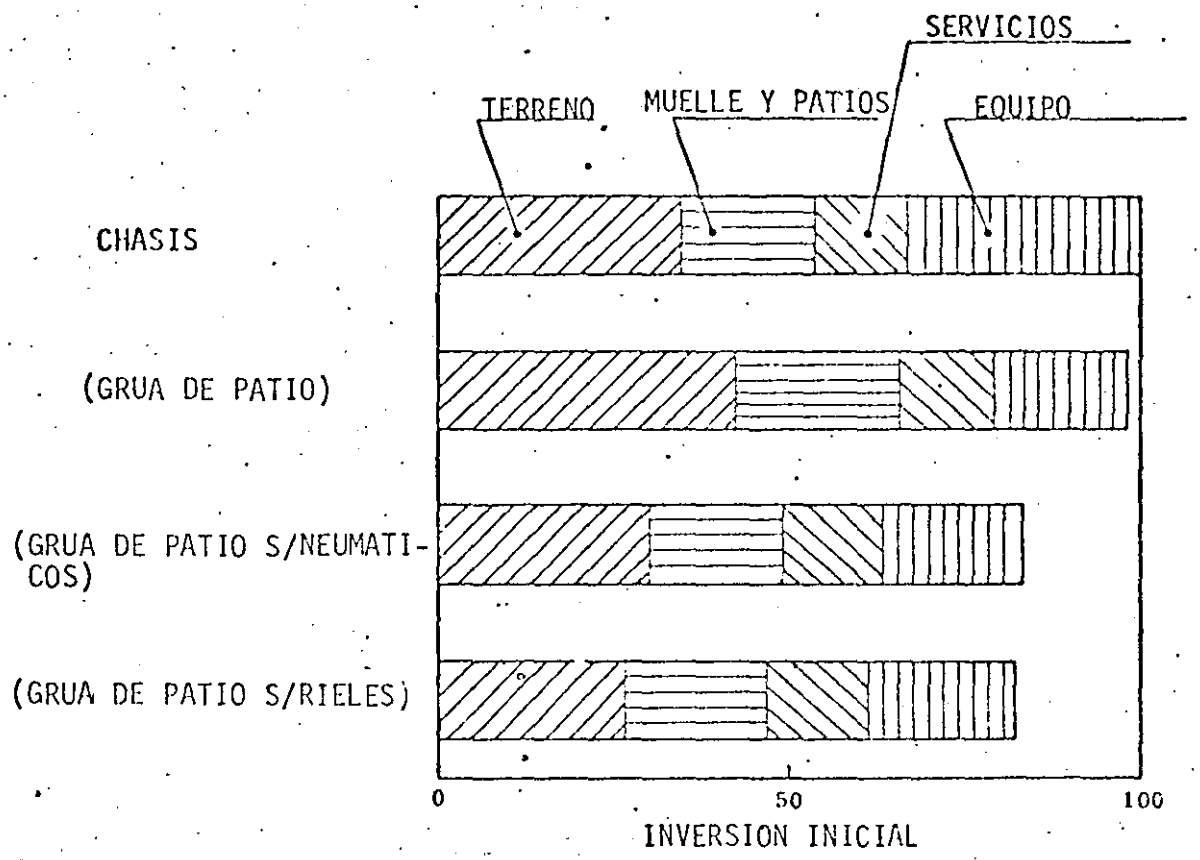
(CANTIDAD = 100,000 TEU)

SISTEMA	EQUIPO DE MANEJO						AREA EN TIERRA (HA)	CAPACIDAD DE PATIOS (TEU)
	GRUA PORTACONNEDORES	CHASIS	GRUA DE PATIO	GRUA DE PATIO S/ NEUMATICOS	GRUA DE PATIO S/RIELES	TRACTOR		
CHASIS	2	720 + 30				18 + 2	10.77	1720
GRUA "U" DE PATIO	2		9				12.60	2904
GRUA PORTICO DEPATIO S/ NEUMATICOS	2	10 + 30		5		10 + 2	9.60	4086
GRUA PORTICO DE PATIO S/RIELES	2	10 + 30			2	10 + 2	8.37	4012



MANEJO DE CONTENEDORES POR AÑO

COSTO DEL MANEJO POR CONTENEDOR



COSTO RELATIVO A LOS DIVERSOS SISTEMAS
DE MANEJO DE CONTENEDORES EN EL JAPON

COMPARACION CUALITATIVA DE SISTEMAS PARA MANEJO DE CONTENEDORES

CONCEPTO \ SISTEMA	TRACTOR CON CHASIS	GRUA DE PATIO	GRUA DE PATIO S/ NEUMATICOS	GRUA DE PATIO S/RIELES
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	△	○	◎	◎
COSTO INICIAL	△	○	◎	◎
SIMPLICIDAD	◎	○	△	△
EFICIENCIA EN LA TRANSFERENCIA	◎	○	△	○
EFICIENCIA EN MUELLE	△	◎	△	△
FLEXIBILIDAD DE LAS OPERACIONES	◎	○	△	△
SEGURIDAD DE LOS CONTENEDORES	◎	△	○	○
COSTO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	○	△	◎	◎
FLEXIBILIDAD DE LAS OPERACIONES	◎	◎	△	△
POSIBILIDAD DE AMPLIACION DE AREAS	◎	○	△	△
ADAPTACION A LA AUTOMATIZACION	△	△	○	◎
CARGA /DESCARGA A F.C.	△	△	○	◎

◎ EXCELENTE ○ BUENO △ CUESTIONABLE

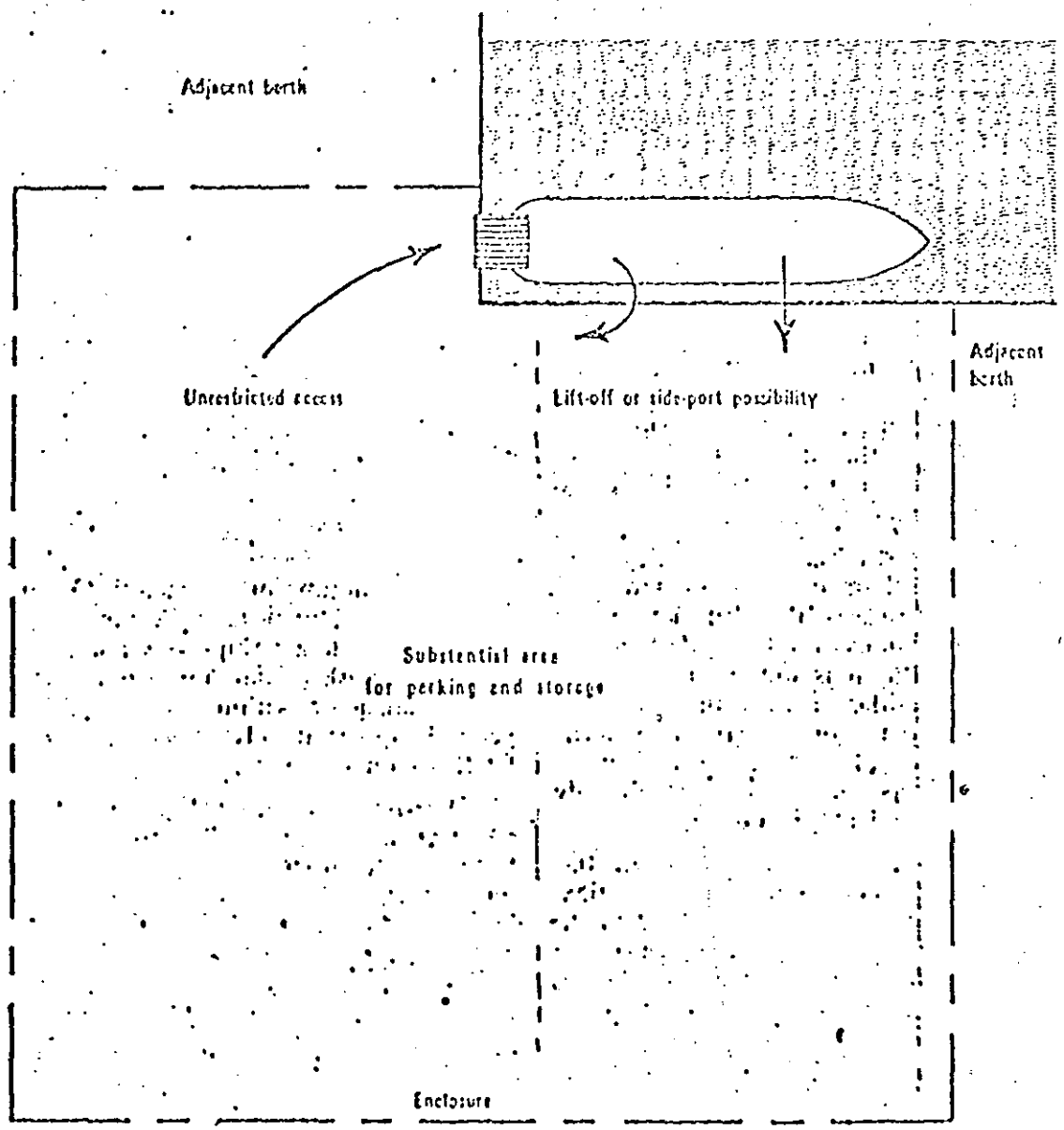
(142)

TERMINALES PARA EL TRANSBORDO POR RODADERA -- (TRANSBORDADORES). Las instalaciones para dar servicio a los transbordadores, dependiendo - del tipo de barco. Existen embarcaciones ex-- clusivas para el transporte de carga, el cual se encuentra sobre equipo rodante ya sea en - trailes convencionales y especializados para- este fin con ruedas pequñas para un mejor acodo y de esta forma reducir los espacios vacios del barco. Otro tipo de barco es el mixto, - que transporta carga y pasajeros. Ambos tipos cuentan con rampas en el propio barco para la transferencia de la carga a los atracaderos y otros no, por lo que hay que disponer en los- muelles rampas para su operación.

Una disposición general para este tipo de instalaciones se muestra en las Figuras Nos. 18,

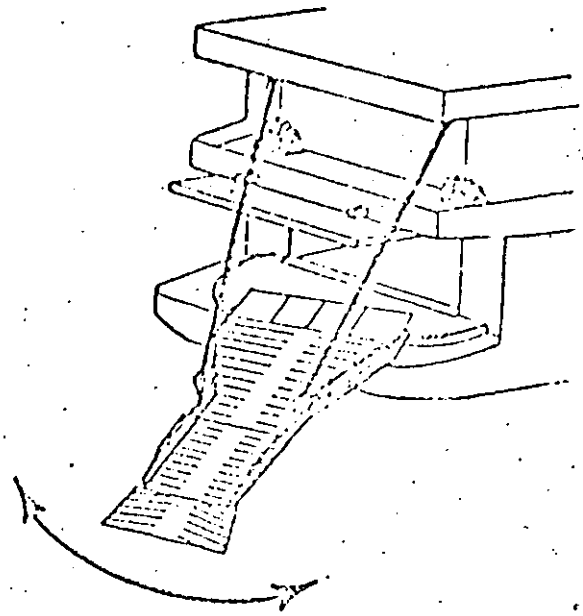
La eficiencia en la operación de una terminal de este tipo dependerá del volúmen de carga y pasajeros.

En México se cuenta con mayor número de transbordadores que transportan carga y pasajeros- y no cuentan con rampas las embarcaciones. -- Por lo que en la disposición general deberá - incluirse patios para estacionamiento de --- trailers y una terminal de pasajeros.

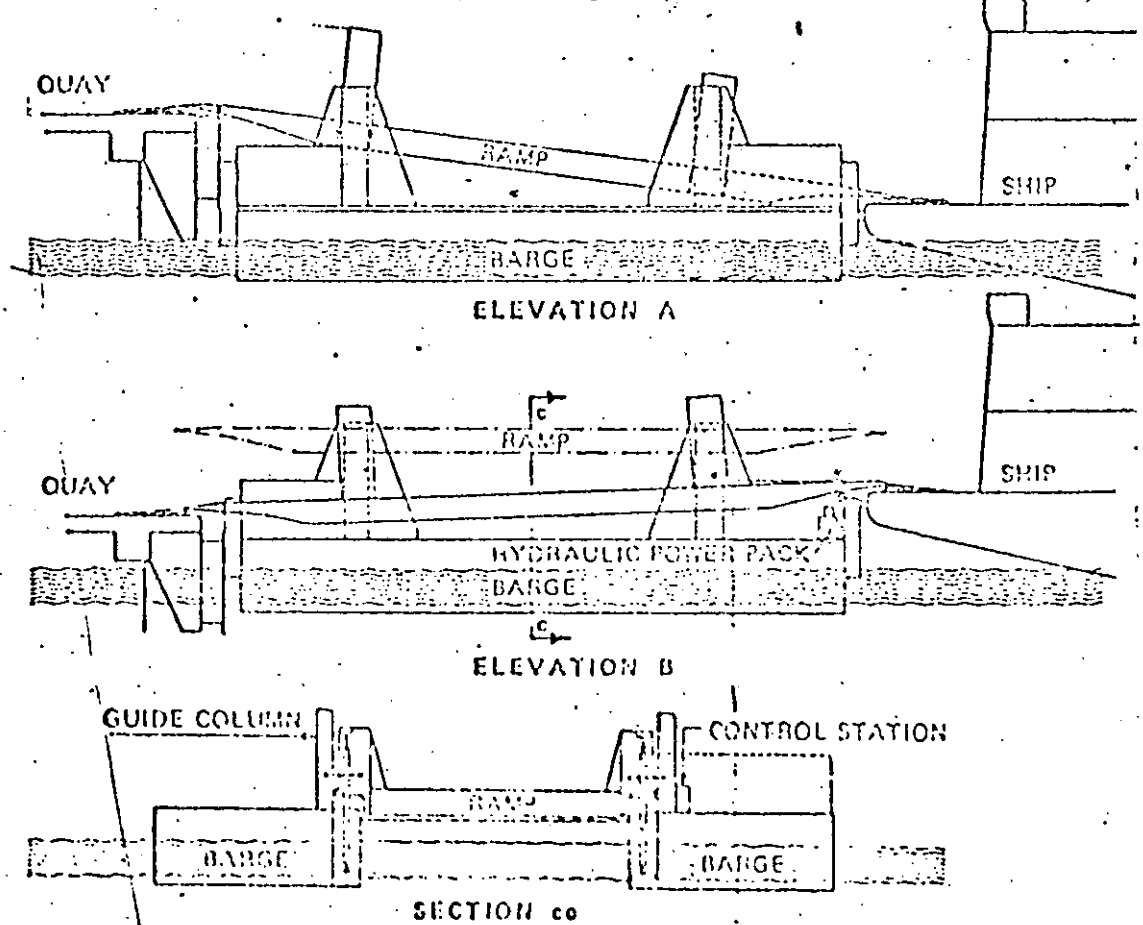


ATRACADERO PARA TRANSBORDADOR

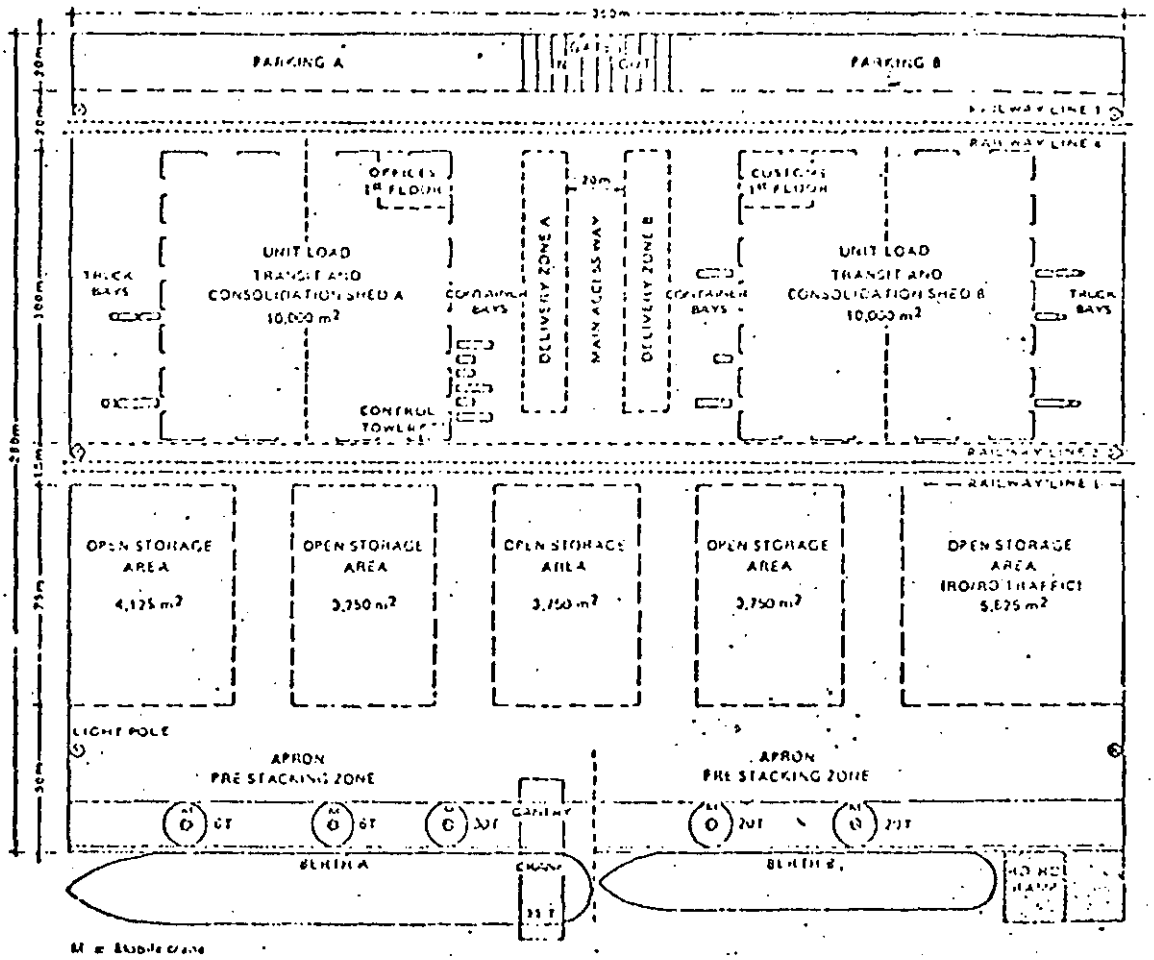
Example of slewing ramp for ro/ro service



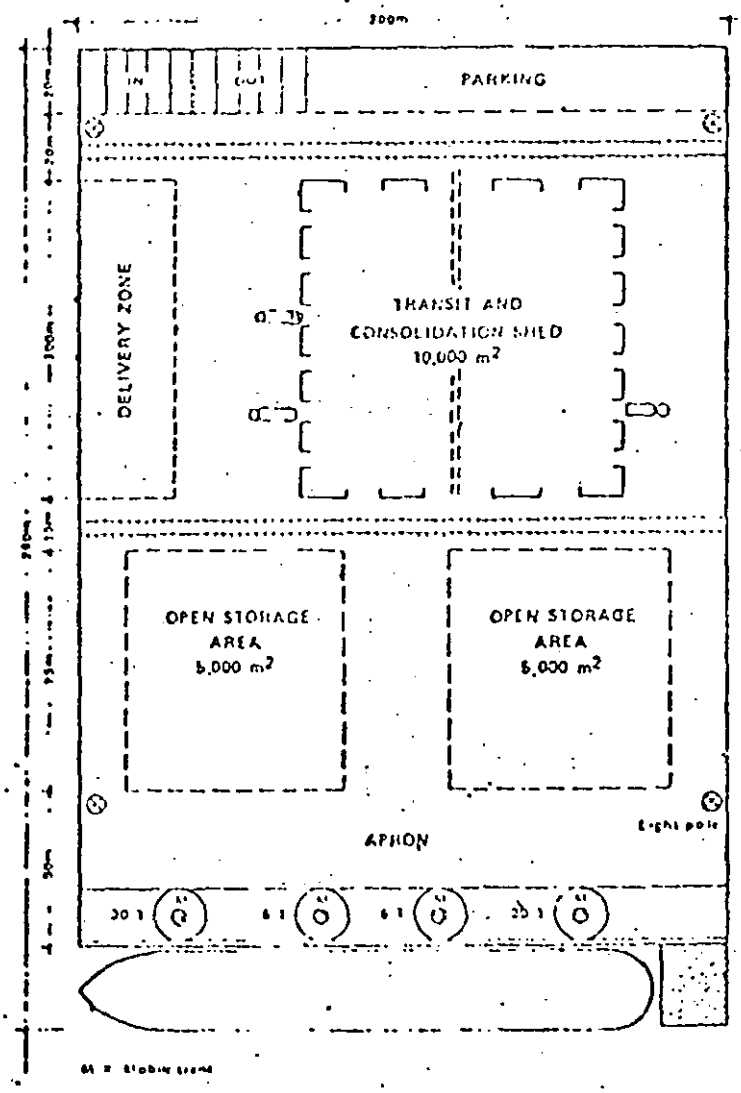
Example of adjustable bridge ramp for ro/ro service



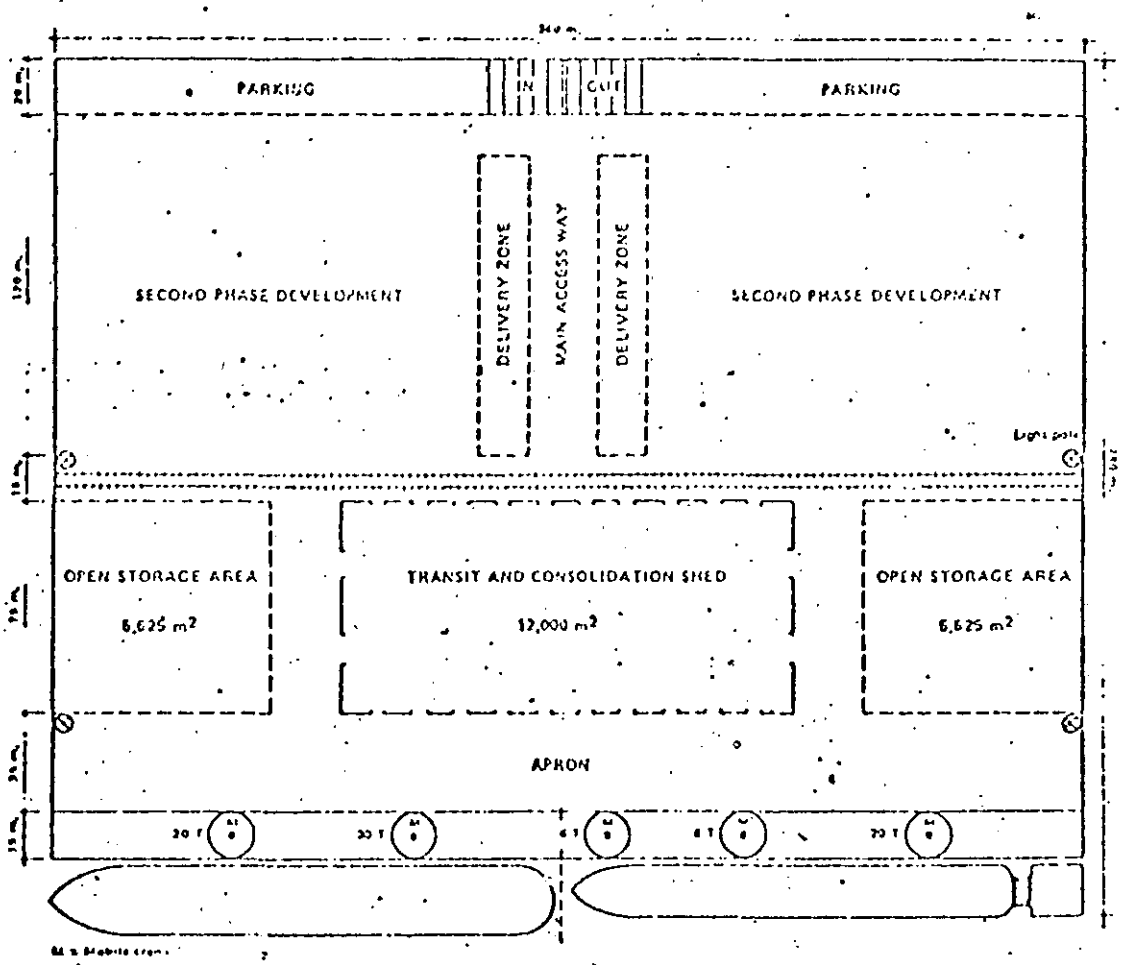
RAMPAS PARA LA MOVILIZACION DE LOS VEHICULOS QUE TRANSPORTAN CARGA EN TRANSBORDADORES.



TERMINAL PORTUARIA PARA USOS MULTIPLES



ALTERNATIVA



2a. ALTERNATIVA

MARINAS:

INSTALACIONES DESTINADAS A PRESTAR SERVICIO A EMBARCACIONES DE PLACER TALES COMO YATES, VELEROS, ETC.

Las instalaciones de este tipo, requeriran de aguas tranquilas, así como de servicios complementarios en tierra.

El distanciamiento entre instalaciones de este tipo en una costa, depende de la autonomia de la flota significante.

Dependiendo del número de embarcaciones deportivas se presta servicio en un puerto especifico o en instalaciones deportivas en puertos existentes.

Las necesidades portuarias a este tipo de embarcaciones, depende de sus dimensiones, por lo general, menores de 8 metros, requeriran instalaciones para traslado a tierra y las mayores necesitan bandas de atraque.

Dado que en lo general este tipo de embarcaciones no requieren por ley de utilización del servicio de practicage por ser menor de 500 Ton. de desplazamiento, el dimensionamiento deberá estar regido por los siguientes lineamientos:

Acceso marítimo facil al puerto o a las instalciones de atraque.

Contar con accesos terrestres adecuados.

Bandas de atraque y/o amarre que permita la seguridad de-

las embarcaciones.

Servicio en tierra: agua, luz, iluminación, telefono, casa club, avituallamiento, instalaciones navales, agentes de viajes.

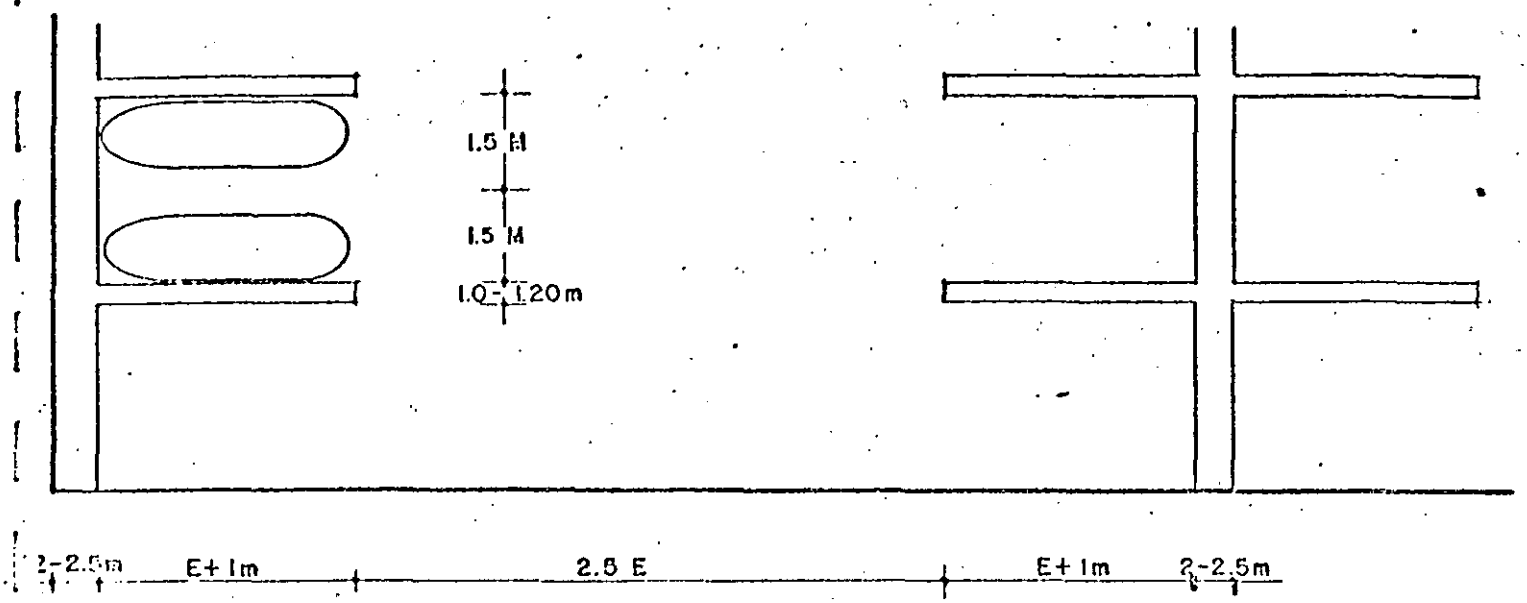
Los aspectos importantes para la planeación de una terminal o puerto deportivo son: acceso marítimo, zona de maniobras, atraques y servicios a flote.

De cualquier manera, lo fundamental en este tipo de embarcación son aguas tranquilas en un puerto existente u obras de protección y abrigo (rompeolas) y las bandas de atraque. Los rompeolas por lo general se desplantan en la batimétrica -7 M. requiriendose una profundidad en canal y darsena de 5 M. y bocana un ancho de 50 a 70 M. .

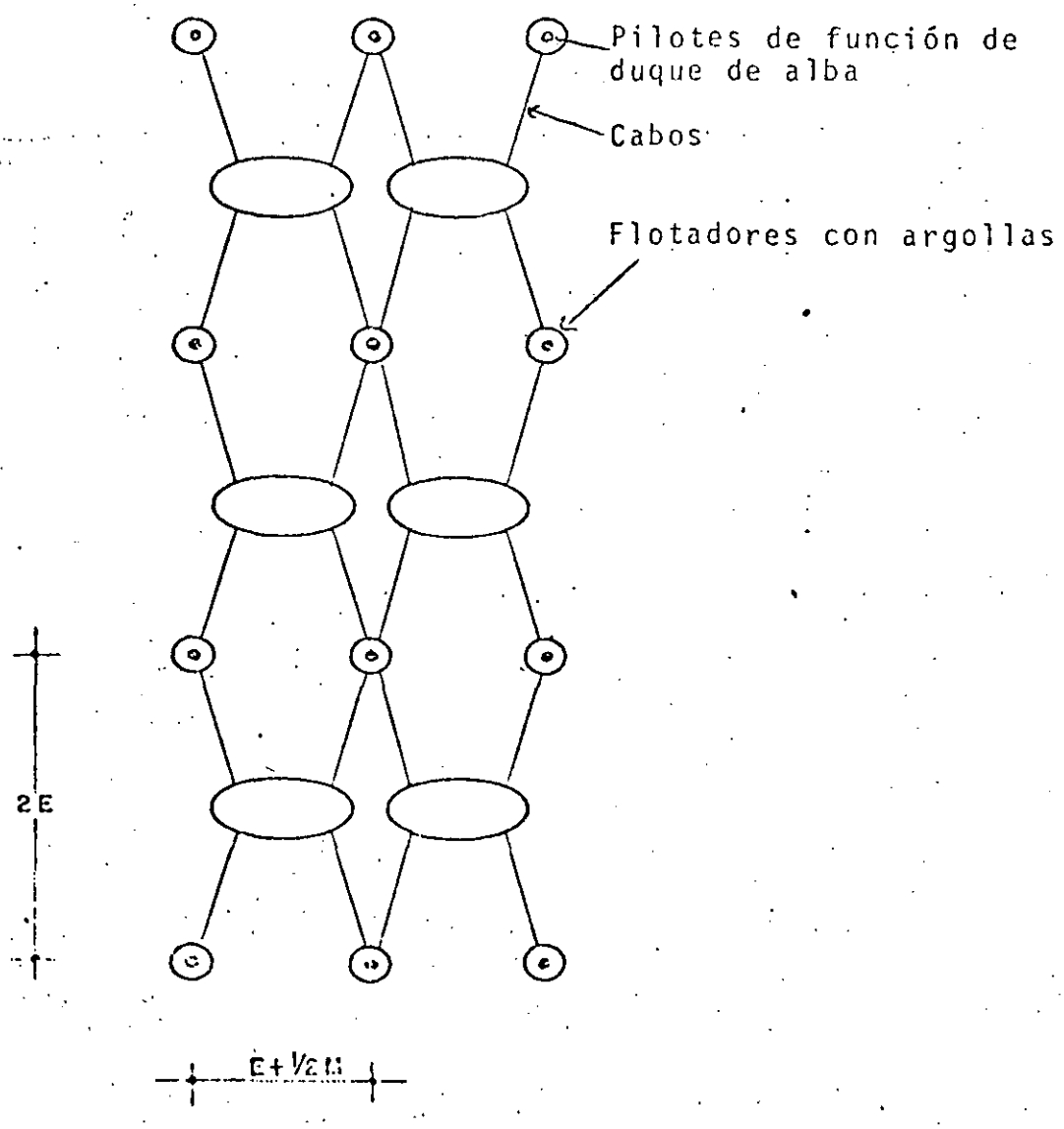
El acceso a un puerto deportivo requiere que los morros de los rompeolas no permitan el paso del oleaje y atravez un acceso facil de las embarcaciones

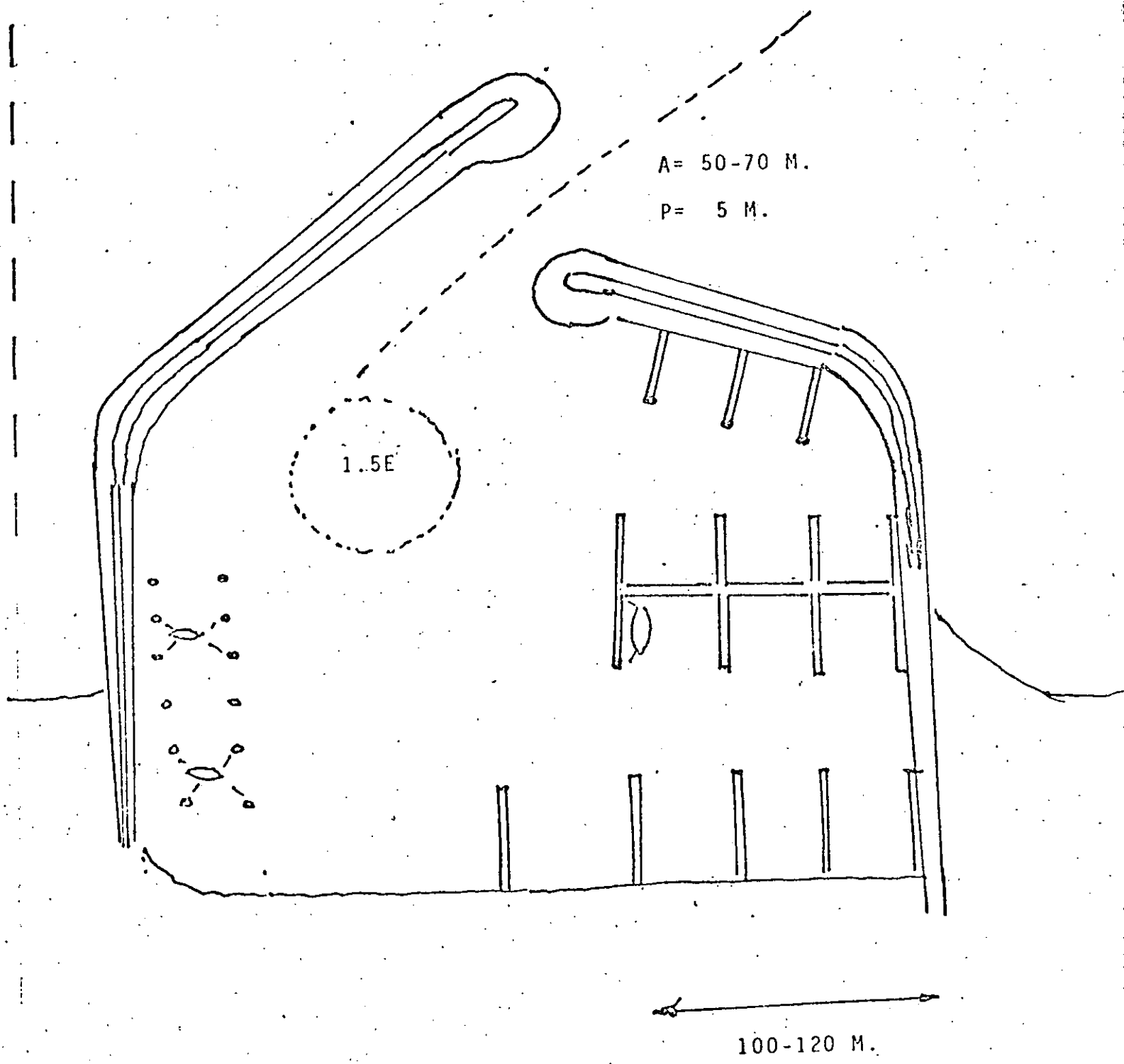
Por lo general en México estas instalaciones se alojan en puertos existentes cuyas caracteristicas de acceso y profundidad son mayores que las requeridas para embarcaciones deportivas por lo que su localización debe ser en zonas de aguas tranquilas de poca profundidad y acceso terrestres adecuados.

Una disposición de las instalaciones de este tipo podrán observarse en la siguiente figura.



AMARRADERO PARA YATES





PUERTO DEPORTIVO

PUERTOS E INSTALACIONES PESQUERAS

La actividad pesquera que requiere una mayor atención en el país, por la gran potencia del recurso de nuestros litorales, reclama estudios especificos en planeación y administración portuaria para atender los requisitos en este campo.

La flota pesquera en el pasado, utilizava las facilidades en puertos existentes poteriormente construyeron terminales en el interior de los Puertos Comerciales y en la actualidad se desarrollan programas para la construcción de Puertos Pesqueros.

Esta actividad, eminentemente Industrial Portuaria, se ha desarrollado en tal forma que una parte del producto de la captura unicamente es tranbordado en Puerto para su transporte al centro de la República. Al propiciar el establecimiento de zonas Pesqueras Industriales Marítimas redundará en veneficio de los consumidores al abatirse el costo final del producto.

La localización de terminales Marítimas Pesqueras en Puertos Comerciales existentes, deberá quedar integrada a la zona Industrial Marítima de pequeñas profundidades, alejadas de la zona urbana sin interferir con el tránsito de grandes embarcaciones. Cuando se trata de un Puerto Pesquero el dimencionamiento de la entrada, deberá asegurar el cruce a las embarcaciones en todo tiempo, es decir prever el arribo en temporadas cuando esto resulte antieconomico, por el excesivo ancho de la bocana y la mayor profundidad para es-

ta condición, el refugio de embarcaciones en temporales, - deberá efectuarce en los Puertos Comerciales de la zona ó de lo contrario se tendrá que cumplir con el dimenciona--- miento en temporales.

Por el tipo de embarcaciones, la pesca se divide en pesca- costera y de alta mar. La primera cuenta con una flota de- pequeñas embarcaciones con esloras menores de 10 Mts., la- pesca de alta mar se realiza con embarcaciones destinadas- a capturas especificas, de las cuales adquieran su denomi- nación, tales como: Camaroneros, Escameros, Sardineros, -- Atuneros y arrastreros entre otros. De las embarcaciones- anteriores los atuneros y arrastreros son los de mayor ca lado, con 5.70 Mts. al respecto es conveniente hacer no-- tar que la profundidad maxima para alojar dicha flota se- rá del orden de los 6.5 - 7. Mts.

Para el dimencionamiento de las terminales Pesqueras, a - continuación mostramos las caracteristicas del barco tipo por especialidades de captura:

TIPO DE BARCO	ESLORA TOTAL	MANGA	CALADO	FRANCO BORDO	CAPASIDAD DE CARGA TON.	DESPLAZAMIENTO A PLENA CARGA TON.
	M E T R O S					
CAMARONEROS	21.95	6.25	3.30	0.60	65	175
ESCAMEROS	20.42	6.00	3.00	0.60	50	150
SARDINERO	26.25	7.50	3.75	0.30	150	300
ATUNERO	53.00	12.00	5.70	2.20	800	1,600
ARRASTRERO	53.00	12.00	5.70	0.60	800	1,600

NOTA: En la columna "Capacidad de carga" se incluye...
El franco bordo en los atuneros corresponde a la altura de entre puente.

Para el canal de navegación, Darsena y Atracaderos, la siguiente tabla ilustra las dimensiones medias, las cuales dependerán de las condiciones locales, tales como agitación del mar, densidad del agua y vientos dominantes entre otros.

TIPO DE BARCO	LONGITUD DE MUELLE QUE UN BARCO NECESITA PARA ATRACARSE	ANCHO PLANTILLA CANAL NAVEGACION	PROFUNDIDAD MINIMA EN CANAL DE NAVEGACION, DARSENA Y ZONA DE ATRAQUE.
	M E	T R	O S
CAMARONERO	25.00	30.00	3.50
ESCAMERO	23.00	30.00	3.50
SARDINERO	30.00	30.00	4.00
ATUNERO	59.00	60.00	6.00
ARRASTRERO	59.00	60.00	6.00

NOTA: La profundidad está referida al nivel de Bajamar media inferior y se deberá ajustar dependiendo de la agitación del mar en canal de navegación, Darsena y zonas de atraque.

Para obtener la longitud de bandas de atraque para barcos Pesqueros empleamos la siguiente formula:

$$L = \frac{T}{D} X \quad N \times E$$

L : Longitud de atraque necesaria.

T : Tiempo en dias de estadia en muelle.

D : Tiempo de duración en dias de un viaje, incluyendo estadio en muelle y las maniobras de navegación y captura.

N : Número de barcos del mismo tipo que operan en el Muelle.

E : Longitud en metros de atraque necesaria para un buque, se define en función de la eslora total del barco tipo.

Al aplicar la formula, el resultado deberá redondearse a "N" espacios enteros "E". "N" Se obtiene dividiendo el resultado entre "E" .

La esta en Muelle corresponde a las maniobras de avituallamiento, descarga del producto y reparación a flote correspondiente al mantenimiento preventivo de la nava. El mantenimiento corrector deberá realizarse en la zona de reparaciónes navales que por la importancia en numero de barcos se tendrá que prever. El abastecimiento de combustible se se realiza en el tiempo destinado del avituallamiento y descarga del producto, está incluido en "T".

En la formula se supone que las embarcaciones ociosas no ocupan muelle, por lo que deberá preverse un atracadero especifico de espera.

Para dar una idea de los tiempor medios de operación de una flota (días) en la tabla siguiente podra observar,

debiendose ajustar dependiendo de la localización del recurso pesquero:

TIEMPO DE OPERACION (DIAS)

TIPO DE BARCO	ESTADIA EN MUELLE	MANIOBRAS DE NAVEGACION Y CAPTURA	DURACION DE UN VIAJE
CAMARONERO	2	13	15
SARDINERO O ANCHOVETERO	1	2	3
ESCAMERO	2	8	10
ATUNERO	15	60	75
ARRASTRERO	10	30	40

Con los datos anteriores la formula para calcular la longitud util de atraque para barcos pesqueros, queda de la siguiente manera:

Muelle Camaronero : L = 3.85 N.

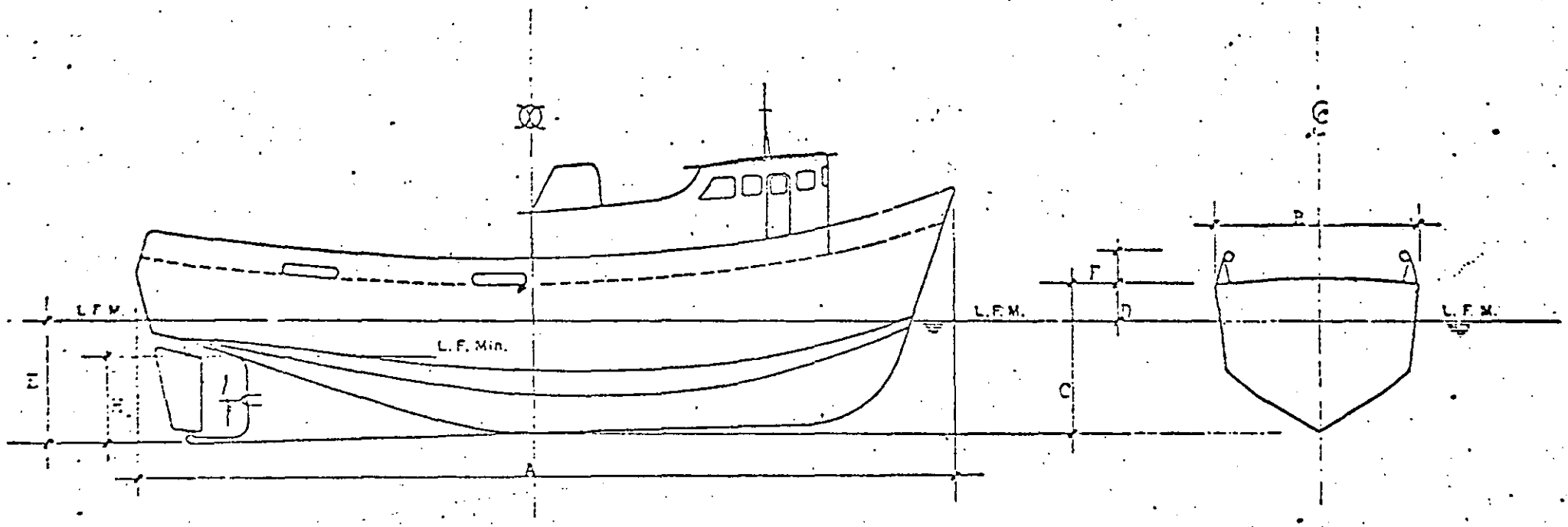
Muelle Sardinero : L = 10.00 N.

Muelle Escamero : L = 4.50 N.

Muelle Atunero : L = 11.80 N.

Muelle Arrastrero : L = 14.50 N.

CARACTERISTICAS DE UN CAMARONERO TIPICO



A.- Eslora total _____ 22.00m.

B.- Manga _____ 6.25m.

C.- Puntal _____ 3.50m.

D.- Franco bordo _____ 0.60m.

E.- Calado máximo en popa ____ 3.30m.

F.- Borda _____ 0.90m.

H.- Calado mínimo en popa ____ 2.30m.

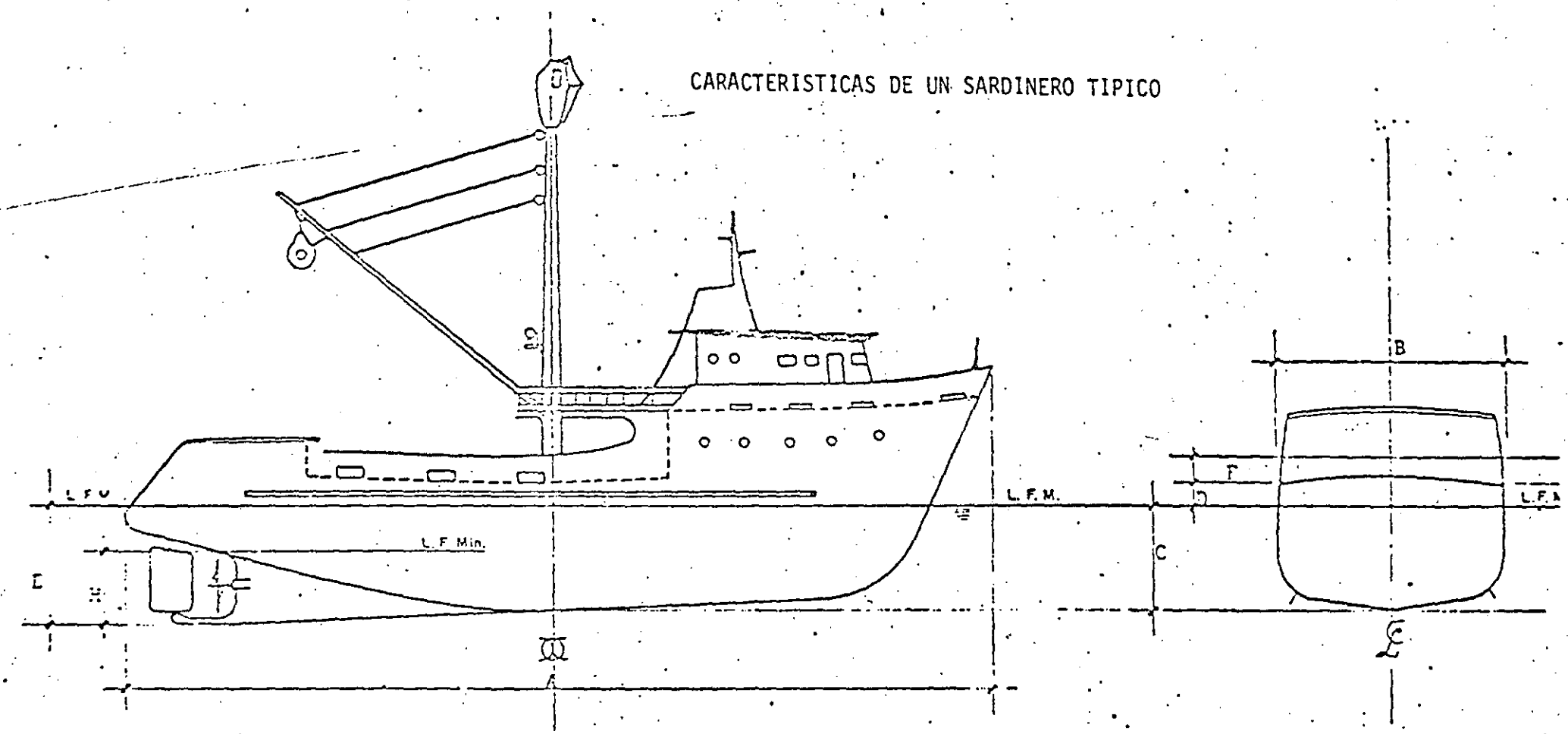
D^1 Desplazamiento barco cargado _____ 175 ton.

D^2 Desplazamiento barco descargado _____ 110 ton.

L.F.Max. Línea de flotación barco cargado

L.F.Min. Línea de flotación barco descargado

CARACTERISTICAS DE UN SARDINERO TIPICO



A.- Eslora total _____ 26.25m.

B.- Manga _____ 7.50m.

C.- Puntal _____ 3.65m.

D.- Franco bordo _____ 0.30m.

E.- Calado máximo en popa _____ 3.75m.

F.- Borda _____ 0.75m.

H.- Calado mínimo en popa _____ 2.60m.

D^1 Desplazamiento barco cargado _____ 300 ton.

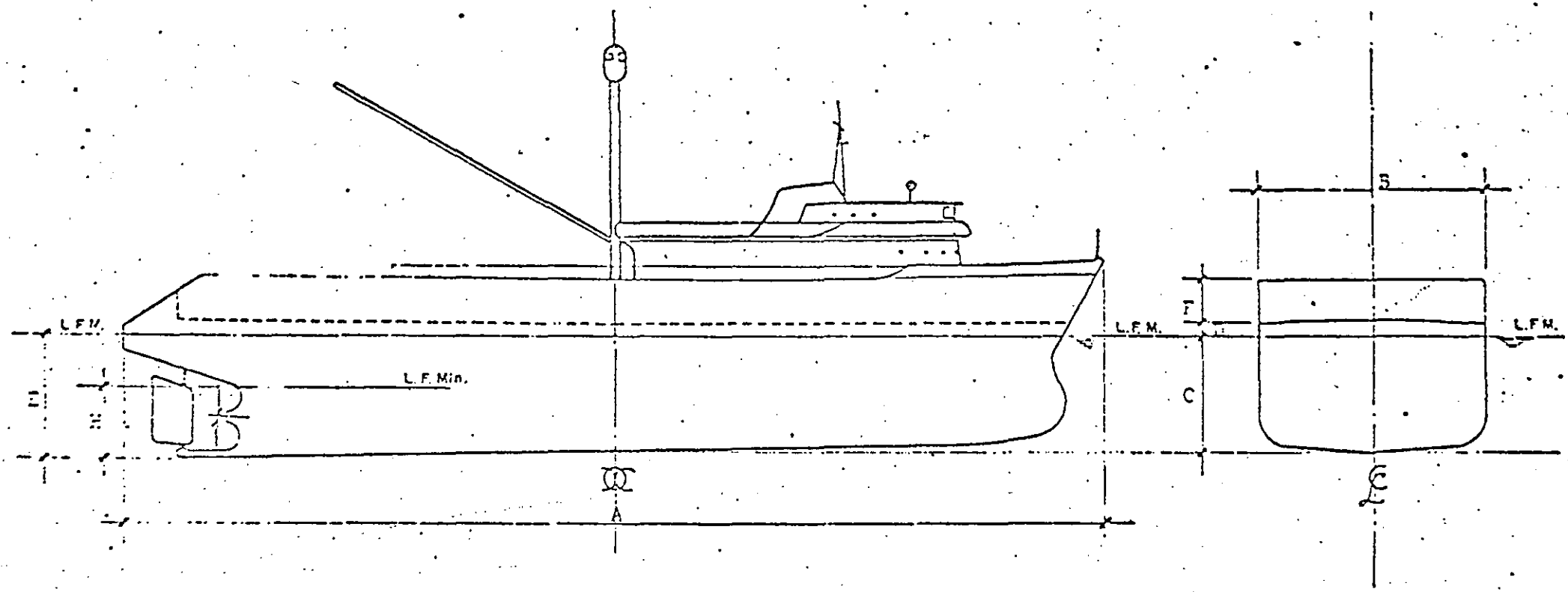
D^2 Desplazamiento barco descargado 150 ton.

L.F.Max. línea de flotación barco cargado

L.F.Min. línea de flotación barco descargado

NOMBRE DE LA EMBARCACION	CARACTERISTICAS FISICAS ESLORA	MANGA	CALADO	PUNTAL	MOTOR (H.P.)	MAT.- CASCO	TONS. B R U T O	CAPACIDAD TONS.NETO	TONS. ACARREO
Santa Isable	33.07	8.02	-	3.78	600	madera	291.21	154.00	220.00
Calafia	32.94	8.82	-	4.86	675	acero	273.00	195.00	300.00
El Sauzal	32.94	8.83	-	4.86	675	acero	272.00	195.00	200.00
Mino	32.94	8.82	-	4.86	675	acero	273.00	195.00	300.00
Libertador del Sur	32.94	8.82	-	4.86	675	acero	273.00	195.00	200.00
Viscaino	32.94	8.82	-	4.86	675	acero	273.00	195.00	300.00
Ciprés	32.94	8.82	-	4.86	675	acero	273.00	195.00	300.00
San Juan	28.50	6.63	-	6.07	225	madera	204.09	155.10	150.00
Santa María	27.29	7.52	-	3.20	400	madera	194.84	132.60	68.00
San Pedro	24.40	7.04	-	3.12	500	madera	139.42	75.52	110.00
Ponix	23.00	6.61	-	2.89	425	madera	120.00	80.00	95.00
Senador	26.57	6.93	-	2.43	365	madera	116.29	74.21	95.00
Marino II	22.80	6.43	-	2.95	400	madera	105.14	84.00	90.00
Nora Elena	19.65	6.17	-	2.20	365	madera	95.73	74.77	75.00
Tito	24.32	8.20	-	6.20	365	madera	88.12	55.30	90.00
Playero	17.90	5.50	-	2.50	240	madera	85.34	64.80	58.00
Propemex B-9	20.78	5.87	-	2.32	460	madera	80.90	61.60	65.00
Propemex M-12	18.67	5.50	-	2.00	220	acero	80.60	51.12	60.00
Propemex M-11	18.67	5.50	-	2.00	220	acero	80.45	51.06	60.00
Criser	20.37	5.80	-	2.74	225	madera	79.38	58.71	80.00
San Martín	22.05	6.30	-	3.00	365	madera	79.27	53.00	50.00
Libertador	16.60	6.76	-	2.83	342	madera	73.95	43.07	75.00
San Arturo	10.60	4.90	-	2.63	100	m dera	72.37	61.01	43.00
Tortugas	16.76	4.57	-	2.43	180	madera	51.77	16.47	45.00
Punta Banda	16.76	4.58	-	2.63	336	madera	51.77	45.47	44.00
Sunray's	18.50	4.60	-	2.10	225	madera	51.00	38.00	40.00
Aries	15.24	4.26	-	2.05	165	madera	51.00	36.06	35.00
Colta I	16.50	4.90	-	1.80	240	madera	48.87	42.93	40.00
Largo	14.80	4.08	-	1.90	165	madera	40.58	26.90	25.00
Celta II	15.00	3.90	-	1.80	165	madera	38.88	27.50	28.00
César	13.00	4.20	-	1.87	165	madera	33.70	13.41	30.00
Susana	17.50	3.00	-	5.00	165	madera	29.46	24.08	14.00
Noble	22.55	6.70	2.44	3.66	425	acero			120.00

CARACTERISTICAS DE UN ATUNERO TIPICO



A.- Eslora total _____ 53.00m

B.- Manga _____ 12.00m

C.- Puntal _____ 5.90m

D.- Franco bordo _____ 0.40m

E.- Calado máximo en popa _____ 5.70m

F.- Altura de entrepuente _____ 2.90m

H.- Calado mínimo en popa _____ 3.70m

D^1 Desplazamiento barco cargado _____ 1,600 ton.

D^2 Desplazamiento barco descargado _____ 800 Ton.

L.F.Max.Línea de flotación barco cargado

L.F.Min.Línea de flotación barco descargado

CARACTERISTICAS DE LA FLOTA ATUNERA DEL PUERTO DE ENSENADA, B.C.

NOMBRE DE LA EMBARCACION	CARACTERISTICAS FISICAS ESLORA	MANGA	CALADO	PUNTAL	MOTOR (H.P.)	MAT.- CASCO	TONS. B R U T O	CAPACIDAD TONS.NETO	TONS. ACARREO
Quo Vadis	61.87	8.53	6.10	-	3,100	-	1,325.00	641.00	930
Todos Santos	53.23	11.32	5.22	7.55	2,910	acero	1,145.10	406.06	650
Albatún	53.16	11.30	5.25	7.53	2,910	acero	1,145.10	406.06	650
Indomable	53.18	11.31	5.24	7.54	2,910	acero	1,145.10	406.06	650
Estado 29	53.04	11.30	5.24	7.54	2,910	acero	1,145.10	406.06	650
General Zapata	52.98	11.30	5.25	7.54	2,910	acero	1,145.10	406.06	650
Lázaro Cárdenas	52.95	11.30	5.25	7.54	2,910	acero	1,145.10	406.06	650
Cuauhtémoc	52.00	11.10	-	7.70	2,500	acero	1,129.13	388.17	725
Gral.A.I. Rodriguez	49.39	11.10	5.0	7.80	2,500	acero	1,004,42	328.91	660
Juan A.R.Sullivan	51.10	11.10	5.0	7.80	2,500	acero	1,004.42	328.91	660
María Amalia	53.80	10.85	-	5.22	2,875	acero	1,000.00	500.00	950
Conquistador	50.41	10.97	-	5.95	2,575	acero	863.00	445.00	650
Flamingo	45.63	11.63	-	4.50	1,800	madera	613.46	203.12	400
San Martín	40.66	8.95	-	4.53	925.	madera	546.00	381.00	380
Vencedor	43.07	8.97	-	5.19	840	madera	519.34	342.46	350
Ensenada	41.38	9.30	3.90	4.50	1,100	acero	495.32	205.31	320
Guaymas	41.38	9.30	3.90	4.50	1,100	acero	495.32	205.31	320

NOMBRE DE LA EMBARCACION	CARACTERISTICAS FISICAS ESLORA	MANGA	CALADO	PUNTAL	MOTOR (H.P.)	CASCO	TONS. B R U T O	CAPACIDAD TONS.NETO	TONS. ACARREO
Mazatlán	41.83	9.30	3.90	4.50	1,100	acero	495.32	205.31	320
Delfín Azul	37.18	6.58	5.20	-	950	acero	495.00	415.00	320
Baja California	36.75	8.36	-	4.39	900	acero	470.92	290.63	220
Gavilán	40.23	6.71	5.20	-	1,125	acero	468.00	395.00	320
Virgilio Uribe	35.50	9.27	-	5.76	950	acero	350.00	165.00	300

La mecanización en este tipo de instalaciones se hace necesaria sobre todo si los minerales a transportar son de baja ley ya que para hacer competitiva su colocación en el mercado Internacional por via marítima se tiene que recurrir a embarcaciones de gran porte cuyo valor y costo de estadía en puerto es alto, debido a lo anterior la productividad en puerto debe ser tal, que la permanencia de barco en puerto sea mínimo. El volúmen y tipo de producto, nos indica las características y tamaño del equipo de carga y descarga, así como de la profundidad de agua que se requiere para el barco tipo que se espera arribará al puerto.

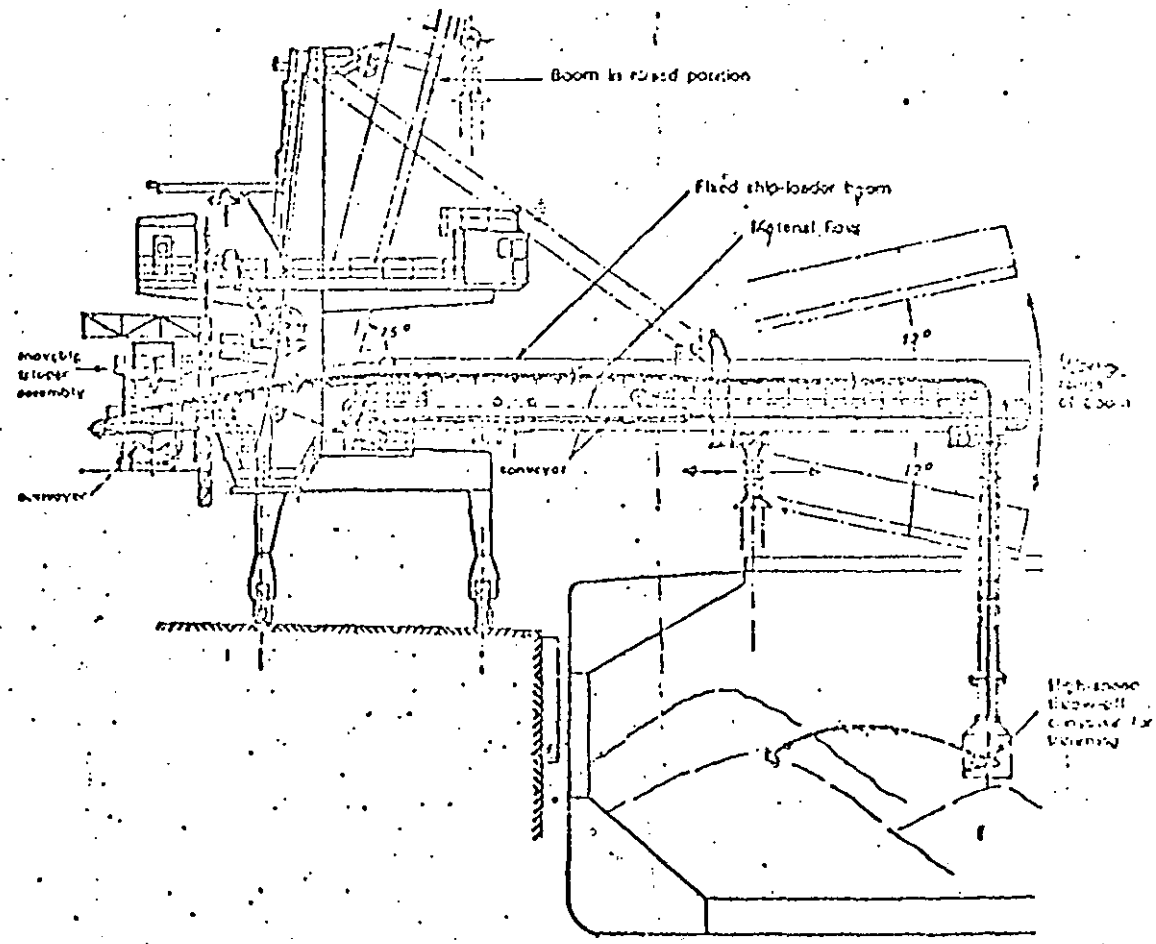
El costo del transporte marítimo se reducira al aumentar el tañaño del barco. Por lo que se deberá tender a llevar a un mínimo los costos de terminal al propiciar la mecanización.

Para puertos con áreas adecuadamente dispuestas para el manejo de minerales, el almacenamiento al descubierto es lo mas indicado.

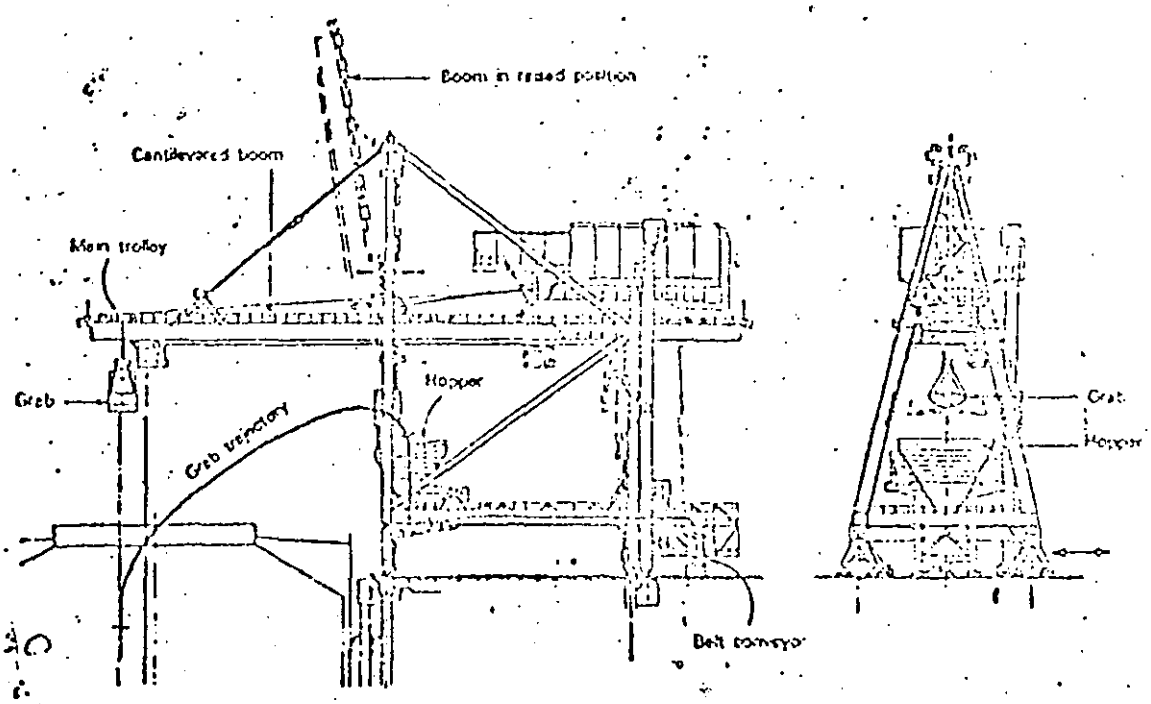
En puertos con areas restringidas, con fuerte precipitación pluvial y con frecuentes rafagas de viento conviene instalar bodegas especializadas para el almacenamiento del mineral, la cuál protegerá el mineral de la humedad y a las zonas habitadas las proteje del polvo.

Varios tipos de cargadores y descargadores de barcos se muestran en las Figuras No

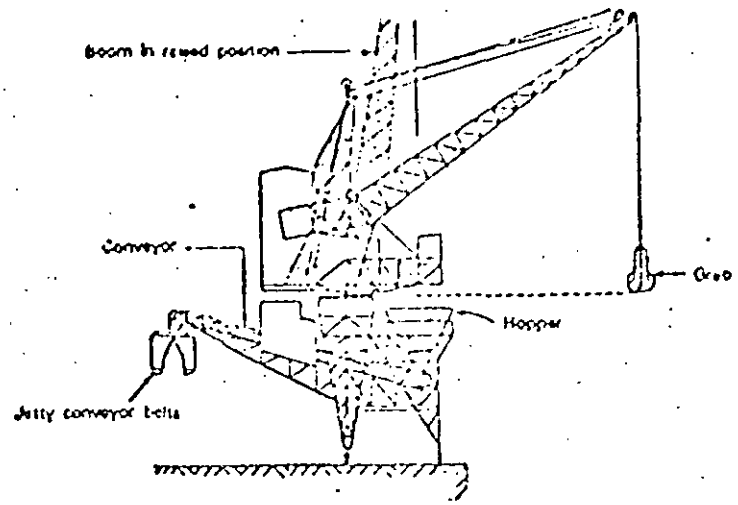
Los sistemas de almacenamiento se muestran en Fig. No. 28. Una disposición de terminal de minerales es la mostrada en Fig. No.



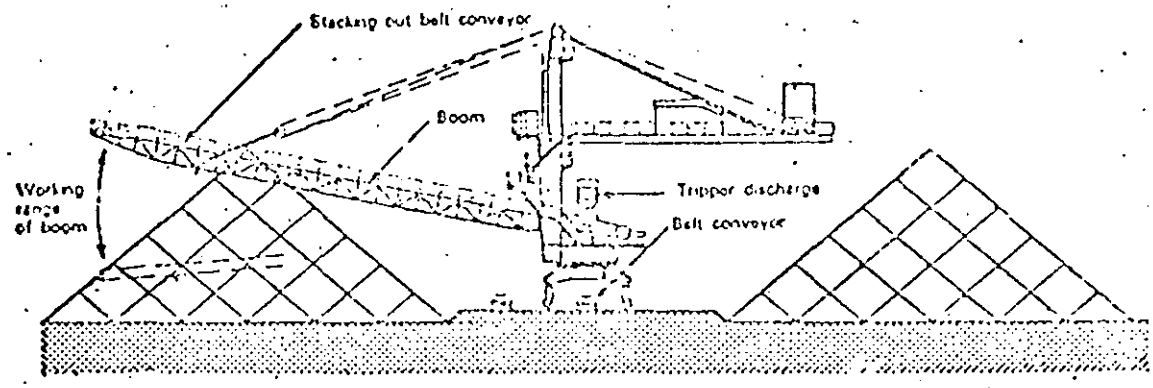
CARGADOR 1000-7000 TON/HORA



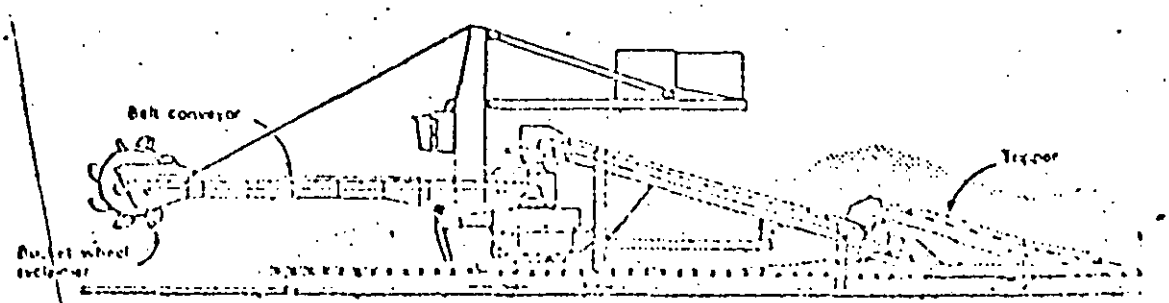
500-2000 TON/HORA DESCARGADORES



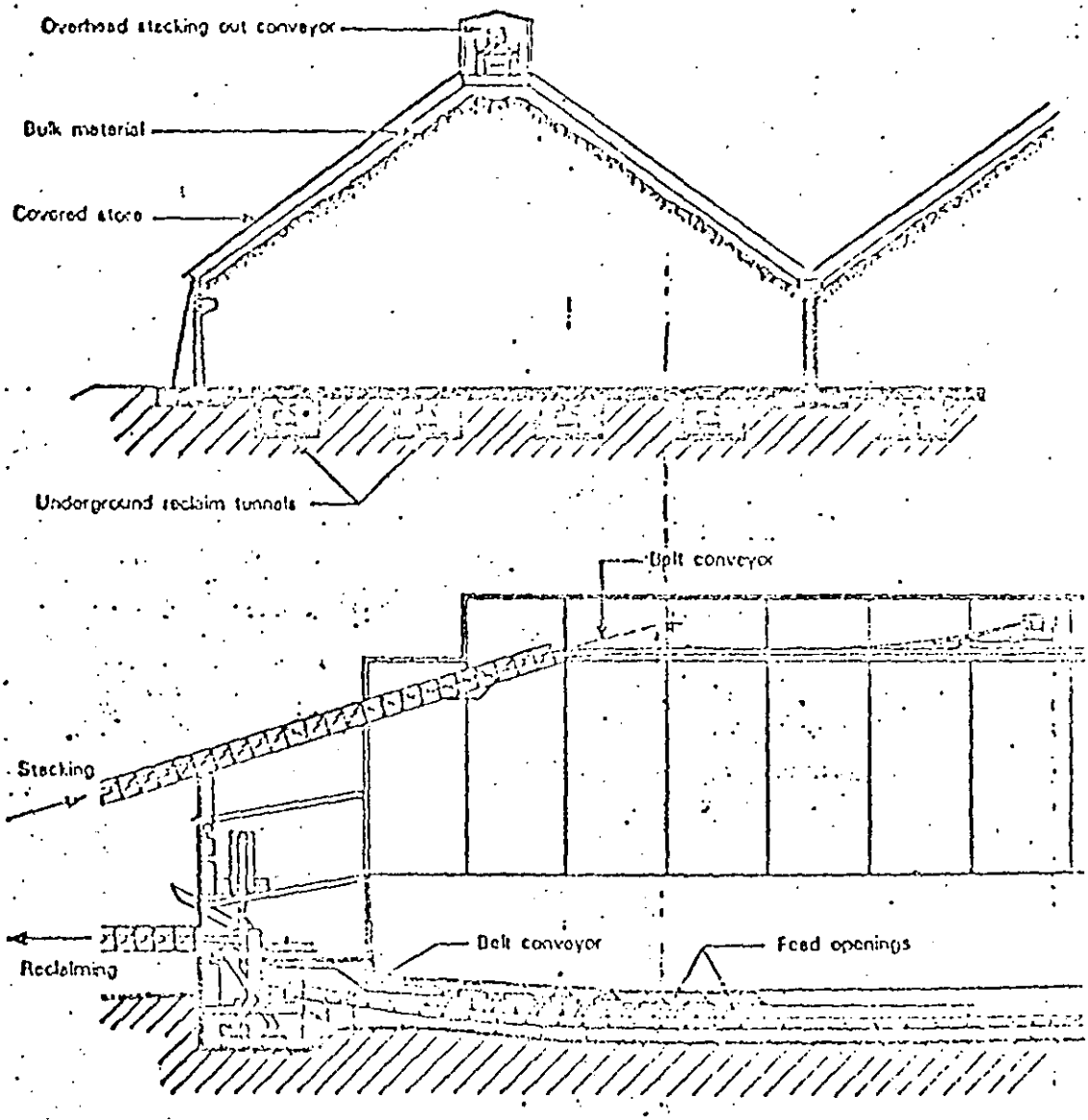
500-700 TON/HORA DESCARGADOR



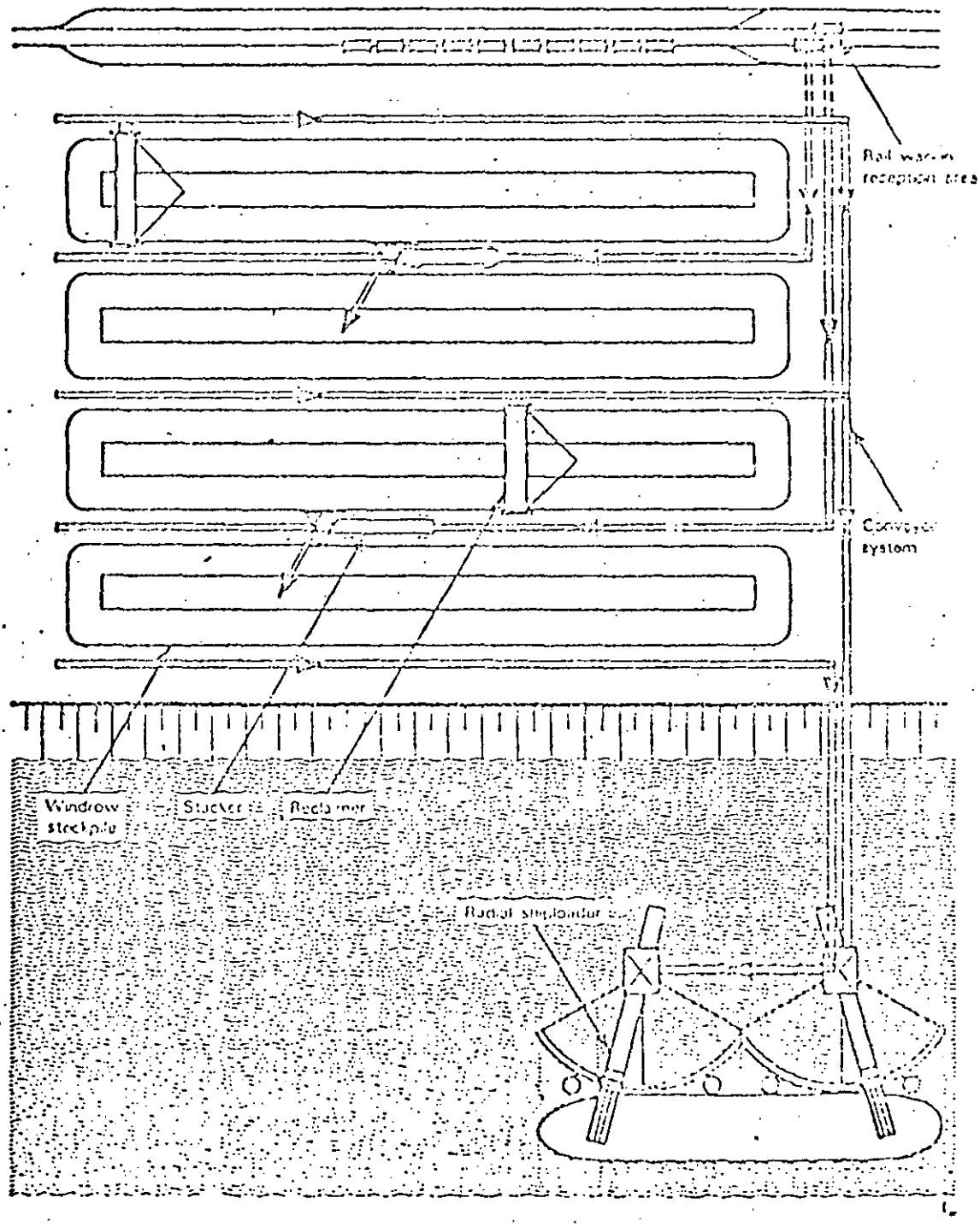
EQUIPO DE APILAMIENTO EN TIERRA



EQUIPO PARA DESAPILAR



BODEGA MECANIZADA de MINERALES



DISPOSICION GENERAL DE UN PARQUE DE MINERALES

INSTALACIONES MARITIMAS EN MEXICO PARA LA OPERACION DE BUQUES TANQUE: (A ABRIL DE 1983)

Golfo de México:

Tuxpan, Ver.	Para Barcos de 60,000 TPM	Tipo CALM.
Rabon Grande Ver. (Pajaritos) (2)	1- 150,000 TPM	
	1- 250,000 "	" "
Dos Bocas, Tab. (2)	2- 250,000 "	" "
Cayo Arcas, Yuc. (3)	3- 250,000 "	Una Tipo Columna fija Dos Tipo Calm.

Oceano Pacifico;

Rosarito BCN (1)	60,000 "	Tipo Calm
Salina Cruz, Oax. (3)	2- 60,000 "	
	1- 250,000 "	" "

T O T A L (13)

INSTALACIONES MARITIMAS A BASE DE MONOBOYAS,
PARA LA OPERACION DE BUQUE - TANQUES

L O C A L I Z A C I O N	FECHA DE INSTALACION	EMBARCACION DE DISEÑO (TPM)	DIAMETRO DE MANGUERA	TIPO DE MONOBOYA
SUECIA (DALARO)	1959	3,000	1 X 4"	CALM
SAHARA ESPAÑO (EL Aain)	1961	3,000	1 X 6"	CALM
ALEMANIA OCCIDENTAL (WEST GERMANY)	1962	2,000	1 X 4"	CALM
ITALIA (FIUMICINO)	1963	50,000	2 X 12"	CALM
ITALIA (RAVENNA)	1963	50,000	2 X 12"	CALM
JAPON (OITA)	1963	100,000	2X12" Float/Sink	CALM
GUNEA (BATA)	1963	20,000	1 X 6"	CALM
COREA DEL SUR (ULSAN)	1964	75,000	1X4"/1X8"/2X12"	CALM
JAPON (CHIBA)	1965	100,000	3X12" Float/Sink	CALM
JAPON (KOSHIBA)	1967	100,000	2X12" Float/Sink	CALM
FILIPINAS (BAHIA DE SUBIC)	1967	108,000	1X10" / 2X16"	CALM
TAIWAN (TAI CHUNG)	1967	50,000	1 X 12"	CALM
BANGLADES (CHILTAGON)	1967	45,000	1 X 12"	CALM
NIGERIA (LAGOS)	1967	2,000	1X3" / 1X4"	CALM for LPG
COREA DEL SUR (YOSU)	1968	100,000	2 X 16"	CALM
COREA DEL SUR (ULSAN)	1968	200,000	1X12"/2X16"	CALM
TAIWAN (KAOH SIUNG)	1968	100,000	1X10"/2X16"	CALM
JAPON (HAKOSAKI)	1968	100,000	1X10"/1X12"/2X16" Float/Sink	CALM
TAIWAN (TAI - CHUNG)	1968	50,000	1 X 12"	CALM
NIGERIA (ESCRAVOS)	1968	100,000	2 X 16"	CALM
JAPON (HAKODATE)	1968	32,000	1X16" Float/Sink	CALM
JAPON (TOYANA)	1969	150,000	2X16 " Float/Sink	CALM
LIBIA (GREGA)	1969	300,000	1 X 24"	SALM
INDONESIA (PANGKALAN)	1970	100,000	2 x 12"	CALM
ARGENTINA (PUERTO ROSALES)	1970	40,000	1X12"/1X16"	CALM
SINGAPUR	1970	252,000	2 X 24"	CALM
JAPON, OKINAWA (TENGAN)	1970	50,000	2 X 12"	CALM
IRAN (IMAN, HASAN)	1970	250,000	2 X 16"	CALM
JAPON, OKINAWA (BAHIA BUCKNER)	1970	100,000	2 X 16"	CALM
JAPON (HIMEJI)	1970	220,000	2X20" Float/Sink	CALM
MARRUECOS (MOHAMEDIA)	1970	100,000	1X8"/1X20"	CALM
NUEVA ZALANDIA (WAIPIPI POINT)	1971	75,000	1 X 12"	CALM for bul ore slurry transfer
NIGERIA (QUA IBOE)	1971	225,000	2 X 24"	CALM
INDONESIA (MAR DE JAVA)	1971	55,000	2 X 12"	CALM
JAPON (OKINAWA)	1971	250,000	2 X 24"	SALM
NUEVA ZELANDIA (TAHAROA)	1972	70,000	2 X 12"	CALM (minerale
ABU DHABI (ISLA DAS)	1972		1X16"/2X24"	CALM
QATAR (UMM, SAID)	1972	300,000	1X20"/1X24"	CALM
INDONESIA (MAR DE JAVA)	1972	133,000 (Barco Activo)	1X12"/2X16"	CALM
NIGERIA (RIO BRAS)	1972	220,000	2 X 20"	CALM
INDONESIA (MAR DE JAVA)	1972	1'000,000 BBL (Barco Cautivo)	2X12"/2X20"	CALM

L O C A L I Z A C I O N	FECHA DE INSTALACION	EMBARCACION DE DISEÑO (TPM)	DIAMETRO DE MANGUERA	TIPO DE MANOBOYA
INDONESIA (DJATIBAKANG)	1972	150,000	3 X 20"	CALM
MEXICO (TUXPAN)	1973	60,000	2 X 16"	CALM
TRINIDAD (POINTE A PIERRE)	1973	260,000	1X12"/2X24"	CALM
FRANCIA (FRONTIGNAN)	1973	270,000	2 X 20"	CALM
MEXICO (TUXPAN)	1974	60,000	1X10"/3X16"	CALM
MALASIA (TEMBUNGO)	1974	100,000	1 X 10"	SALM
ARGENTINA (CALETA OLIVIA)	1975	60,000	1X12"/1X20"	CALM
ZAIRE (AFRICA OCCIDENTAL)	1975	100,000	2 X 16"	CALM
BRASIL (SAN FRANCISCO DO SUL)	1976	200,000	2 X 20"	CALM
NIGERIA (RIO BRASS)	1976	250,000	2 X 20"	CALM
ARABIA SAUDITA (SUEZ)	1976	250,000	2 X 24"	CALM
ARABIA SAUDITA (SUEZ)	1976	250,000	2 X 24"	CALM
ARABIA SAUDITA (ALEJANDRIA)	1976	250,000	1X24"/1X20"	CALM
ARABIA SAUDITA (ALEJANDRIA)	1976	250,000	2X24"/1X20"	CALM
MEXICO (SALINA CRUZ)	1976	60,000	3X16"/1X12"	CALM
TAIWAN (CHU-WEI)	1976	250,000	2 X 20"	SALM
ZAIRE (AFRICA OCCIDENTAL)	1976	79,200	2 X 16"	CALM
MEXICO (ROSARITO)	1976	60,000	1X20"/2X16"	CALM
LIBIA (AZZAWIYA)	1976	140,000	2 X 20"	SALM
LIBIA (AZZAWIYA)	1976	110,000	2 X 20"	SALM
ARABIA SAUDITA (JU'AYMAH)	1976	500,000	2 X 24"	SALM
ARABIA SAUDITA (JU'AYMAH)	1976	700,000	2 X 24"	SALM
USA (SANTA INES CALIFORNIA)	1977	50,000 (Barco Cautivo)	Piping 1X12"/1X4" 1X8"/2X1"/1X6" & Electrical	SALM with mooring yoke
GRAN BRETAÑA (THISTLE FIELD)	1977	100,000	1 X 12" 1X12" Deslastre	SALM
TRINIDAD (PUNTA GALEOTA)	1976	250,000	2 X 20"	CALM
CAMERUN (KOLE-FIELD)	1977	150,000	1 X 20"	CALM
ABU DABI (ISAL DAS)	1977	300,000	2X24"/1X6"	CALM
MAR DEL NORTE (CAMPO NINIAN)	1977	3,500		Amarre Abastecedora
KOREA DEL SUR (ONSAN)	1978	250,000	2 X 24"	CALM
GANA (SALTPOND FIELD)	1978	64,000	10 X 6"	SALM
BADALONA, SPAIN	1979	50,000	2 X 12"	SALM
LUISIANA , USA	1979	700,000	2 X 24"	SALM
LUISIANA , USA	1979	700,000	2 X 24"	SALM
LUISIANA , USA	1979	700,000	2 X 24"	SALM
USA. SANTA INES, CALIFORNIA	1979	50,000	1 X 12"	SALM

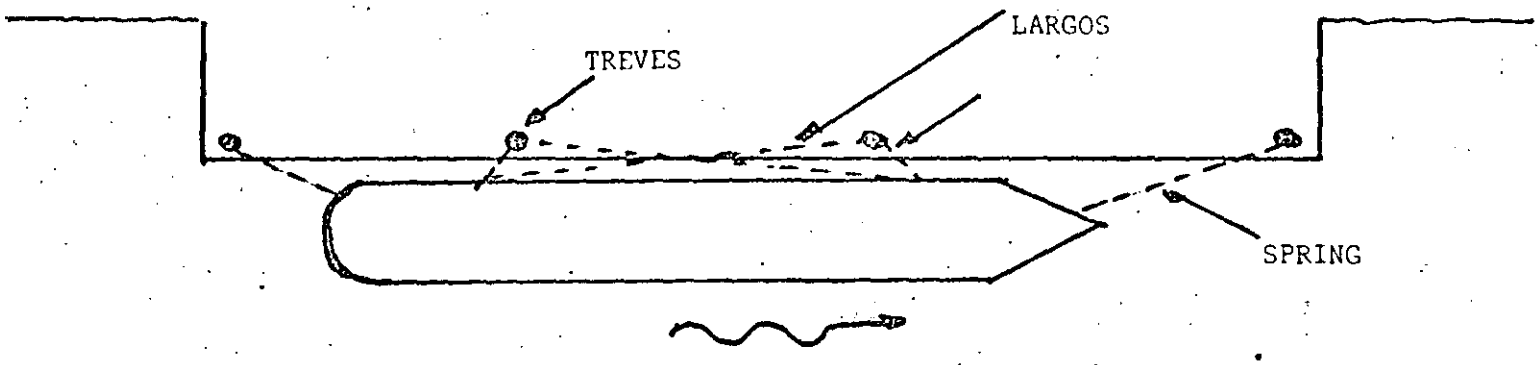
RESUMEN A 1979

- Instalaciones para Operaciones de Buques Tanque.
  - Portuarias
    - Muelles Marginales
      - Continuo
      - T
      - L
    - Muelles Espigon
  - Maritimas
    - Boyas
      - Amarradero
      - Convensional
    - Mono-Boyas
      - CALM
      - SALM
      - RAM
      - CF
    - Muelles Isla
    - Muelles Isla con protección al oleaje

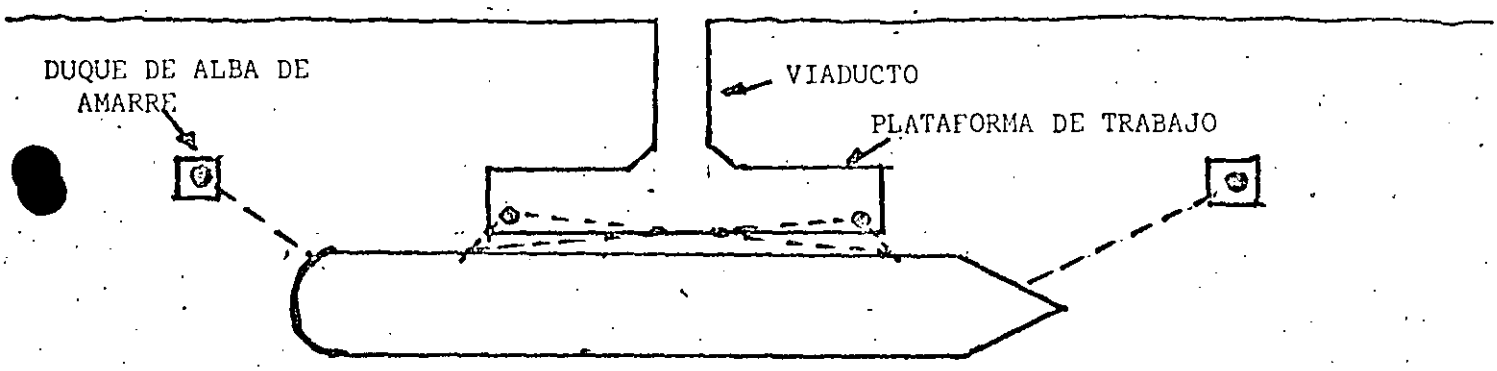
Muelles Marginales.- Son instalaciones de atraque para la operación de Barcos, comunmente utilizados en las margenes de un rio en Darsenas angostas paralelos a la corriente, para aprovechar los perimetros de las Darsenas en Puertos Maritimos artificiales ó el espacio entre dos Muelles en Espigon.

Este tipo de Muelle, puede ser continuo a lo largo de la eslora del Barco, en "T" ó en "L".

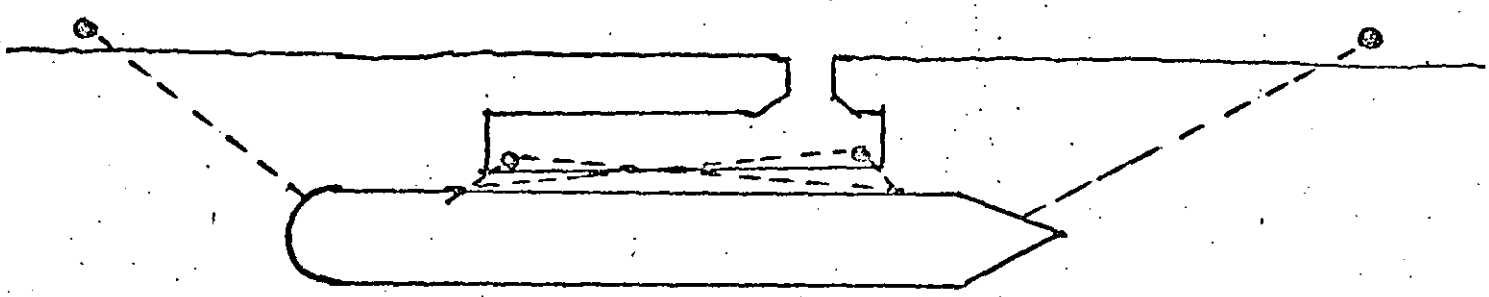
Estos muelles se construyen a base de estructuras de gravedad ó sobre pilotes. Los muelles en "T" y "L", requieren de Duques de alba para el amarre.



MUELLE MARGINAL CONTINUO (PLANTA)



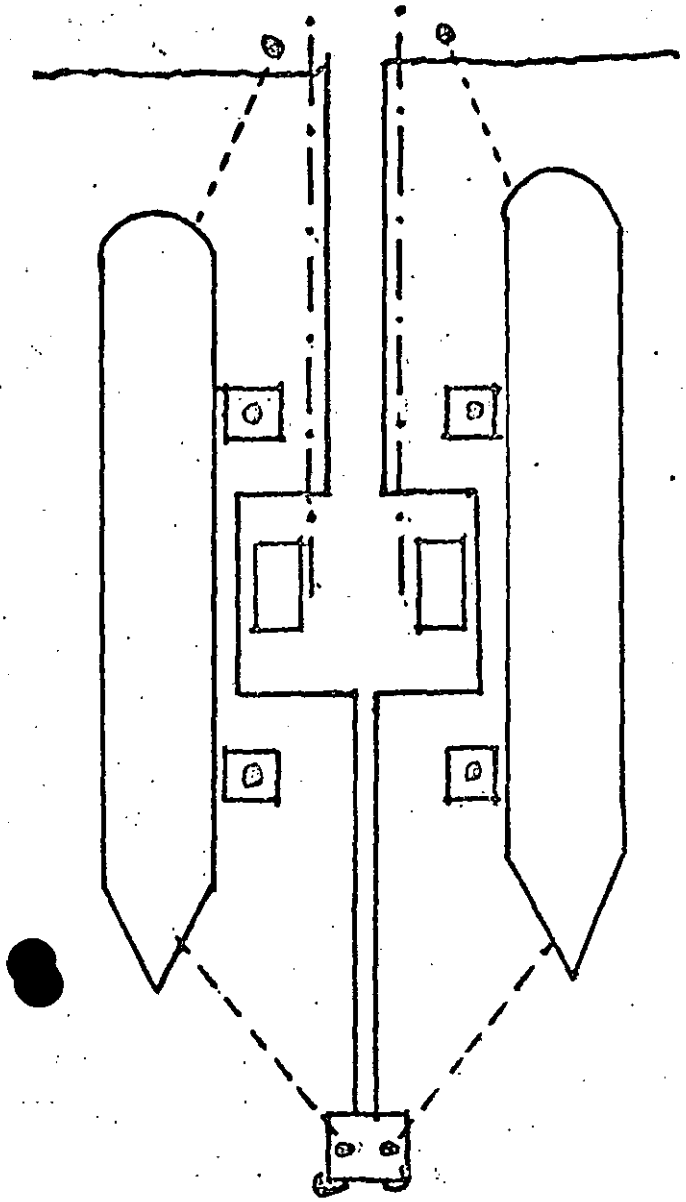
MUELLE EN "T" (PLANTA)



MUELLE EN "L" (PLANTA)

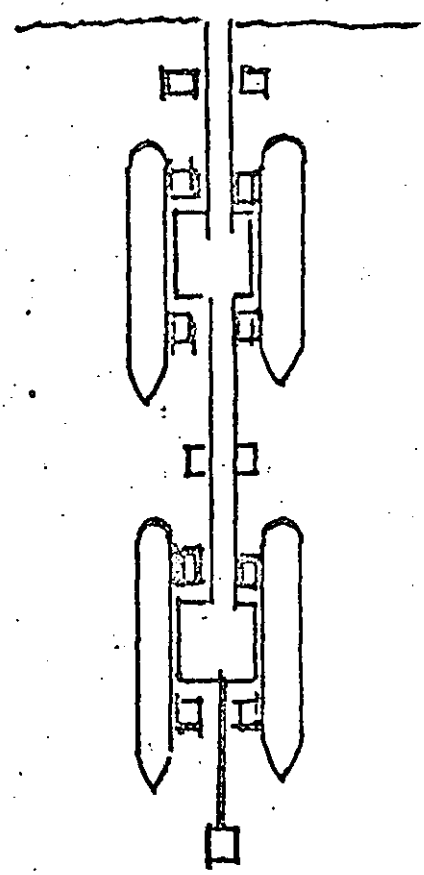
Los muelles en "T" y "L", son los muelles marginales comunmente utilizados para la operación de Barcos Petroleros.

Muelles en Espigón:- Son instalaciones de atraque perpendiculares a los a los limites de una Darsena, comunmente - para el atraque simultaneo de dos embarcaciones, pudiendo ser utilizado para 4 ó más embarcaciones, dependiendo del espacio de agua disponible.

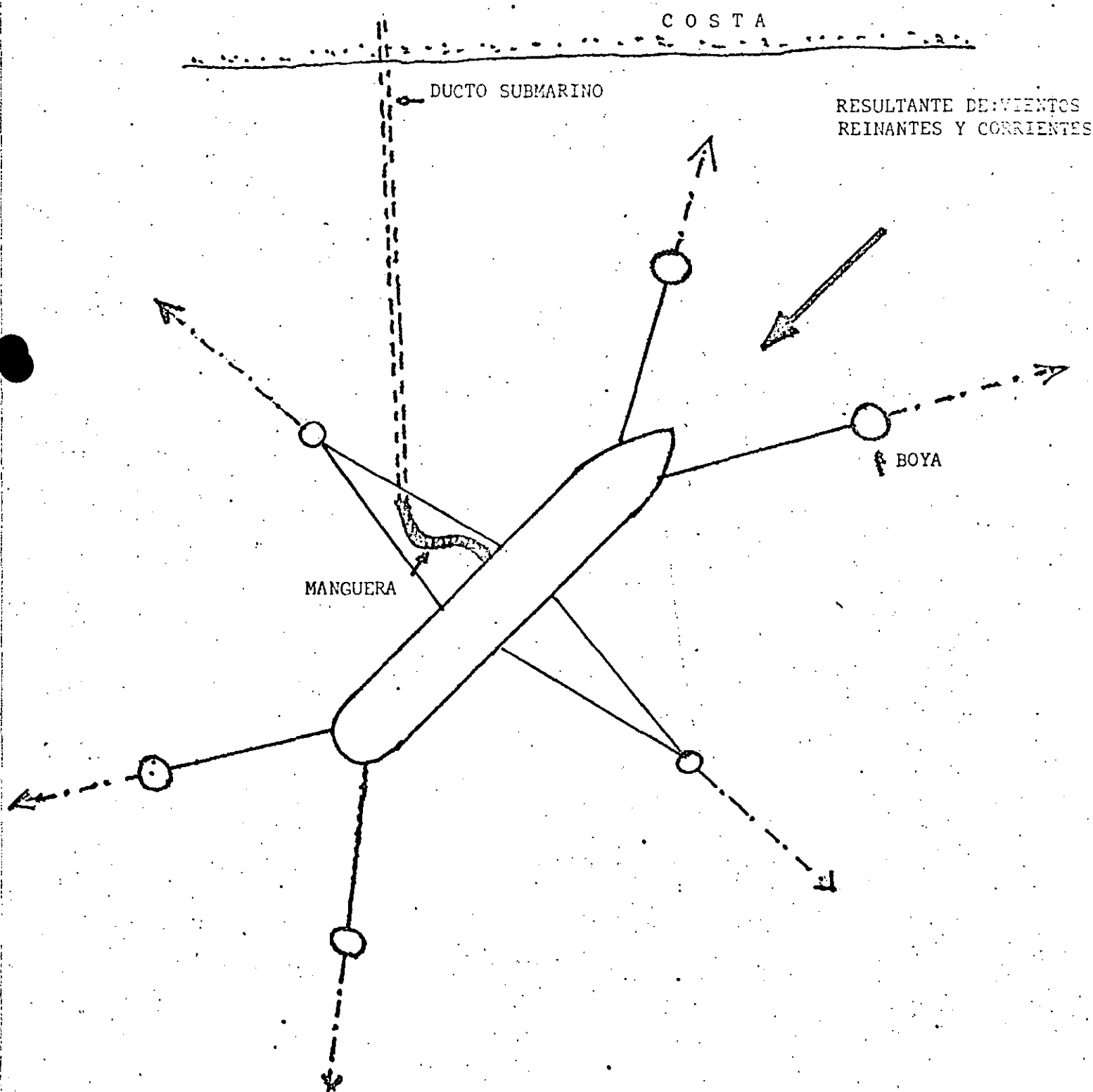


MUELLE EN ESPIGON (PLANTA)

MUELLE EN ESPIGON PARA EMBARCACIONES (PLANTA)



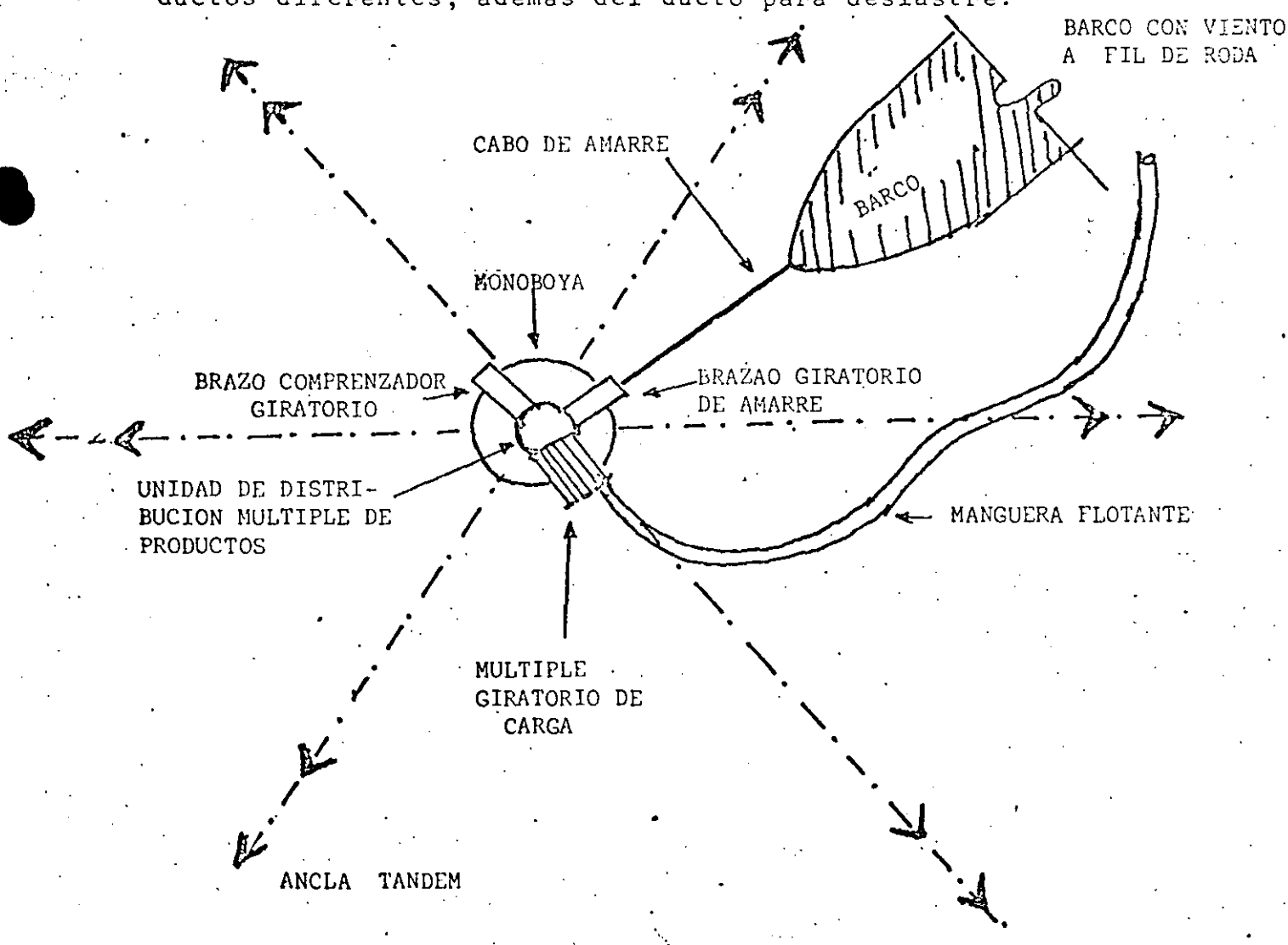
Amarradero Convencional.- El fondeo de la embarcación se efectua mediante un mínimo de 4 Boyas ancladas al fondo - marino, orientadas convenientemente a la dirección de los vientos reinantes. La tuberia de conducción del fluido termina en manguera, la que se conecta al Barco para la carga y/o descarga.



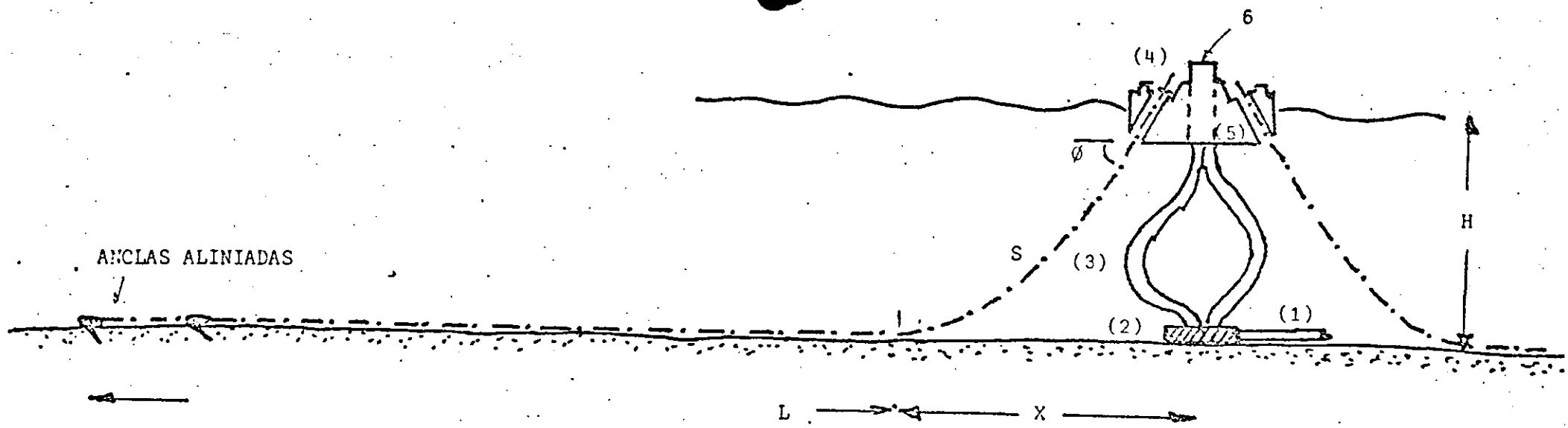
Monoboyas Tipo CALM (Catenaria, Anchor, Leg, Moring);

Boya posicionada a base de anclas y cadenas, por cuyo centro, por medio de un dispositivo mecanico, pasa a la tuberia de conducción permitiendo girar 360°.

Es la boya mas utilizada por su simplicidad, asi como el hecho de poderla cambiar de lugar. Son empleadas para profundidades de hasta 45 m. La operación se suspende cuando se presentan vientos de 60 Km/h. y/o oleaje de 2.50 a 3.00 m.. Por este tipo de boyas se pueden manejar de 1 a 4 productos diferentes, ademas del ducto para deslastre.



(P L A N T A)



(1) Tuberia Submarina

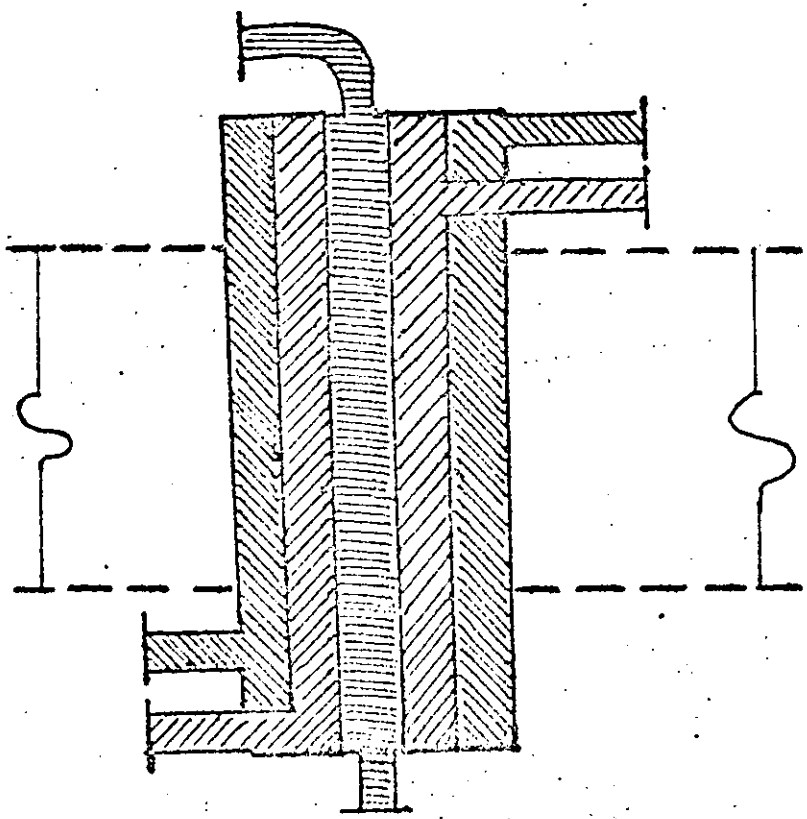
(2) Multiple Submarino (Manifold)

(3) Mangueras Submarinas

(4) Escobenes

(5) Cuerpo Flotante de la Monoboya

(6) Unidad de Distribución Multiple de Productos.

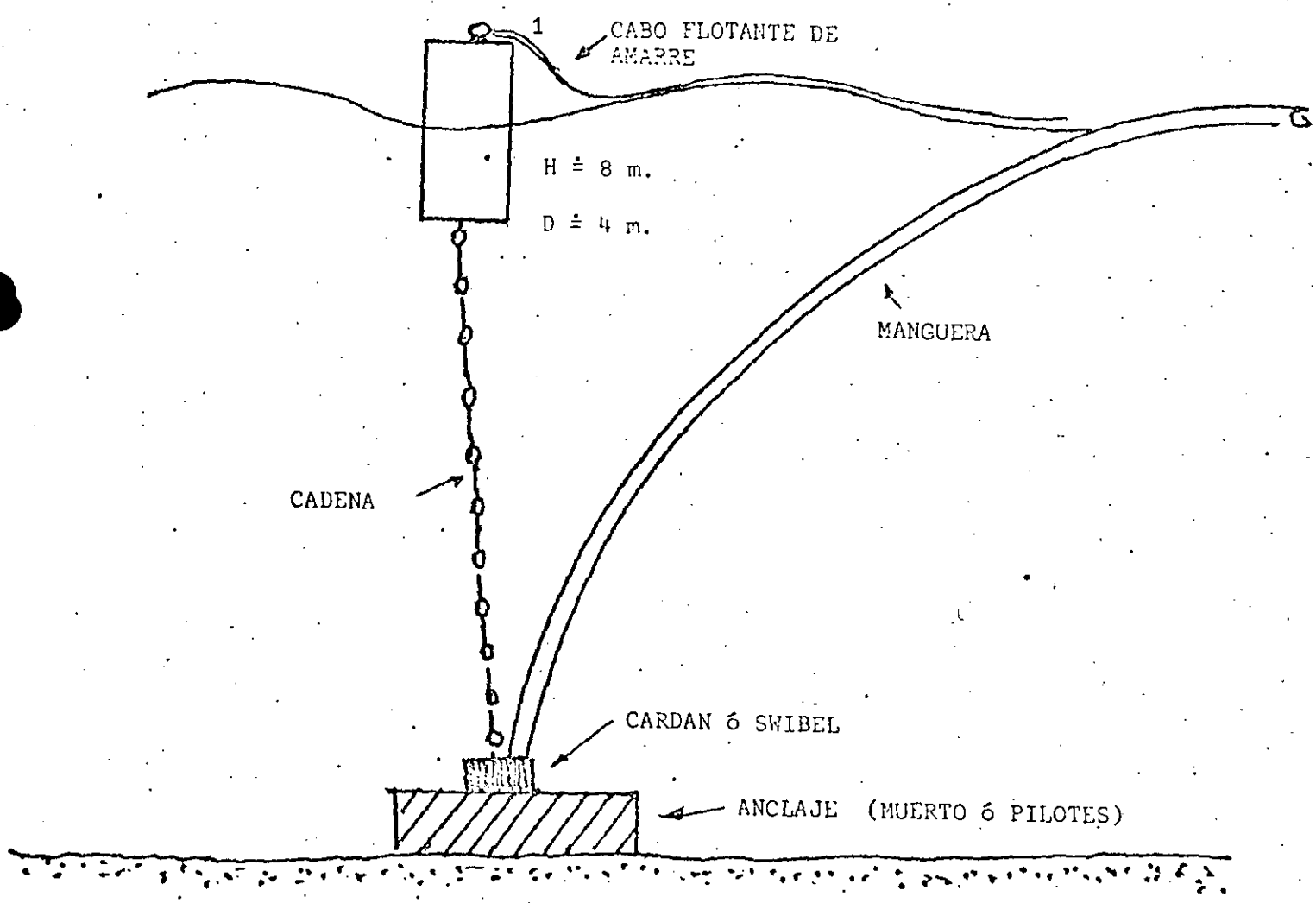


ESQUEMA DE LA UNIDAD DE DISTRIBUCION MULTIPLE DE PRODUCTOS (M P D U) (S W I V E L)

SECCION TRANSVERSAL DE UNA MONOBOYA TIPO (CALM)

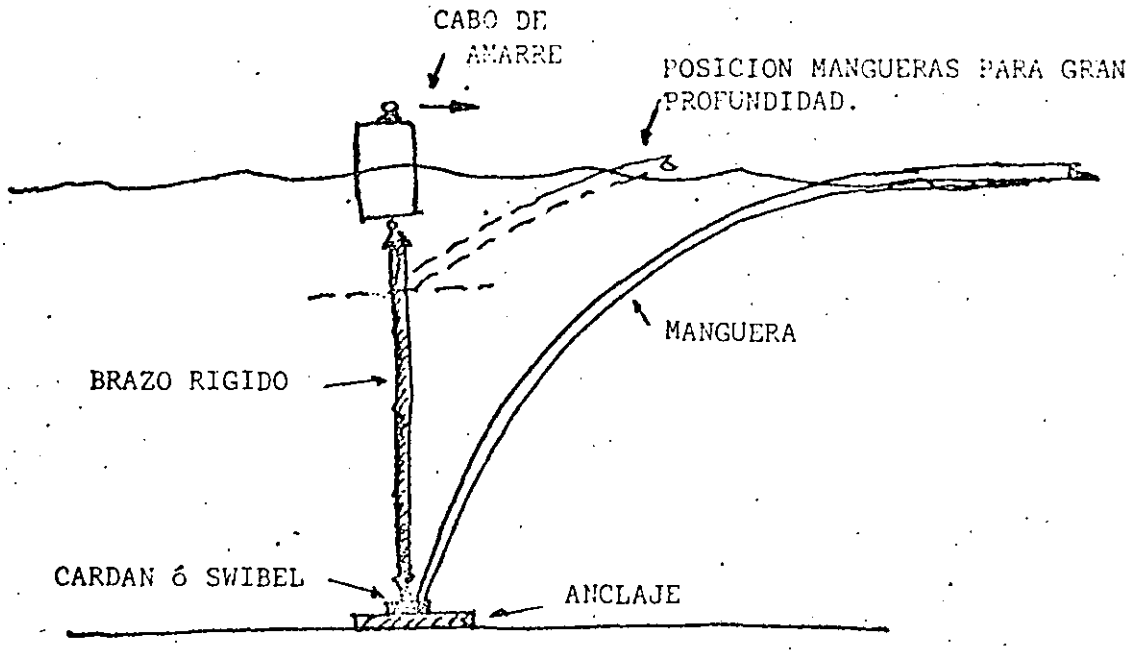
Monoboya Tipo SALM (Single, Anchor, Leg, Moring).-

Monoboya con anclaje en un solo punto. Este tipo de monoboya se emplea para profundidades mayores de 50 mts.



Monoboya Tipo RAM

Es similar a la SALM, pero con brazo rigido.



Descargadero Tipo Columna Fija.. - Para profundidades mayores de 30 mts. y sitios donde se piensa efectuar maniobras de descarga y/o carga de fluidos en forma permanente se utilizan este tipo de instalaciones marítimas.

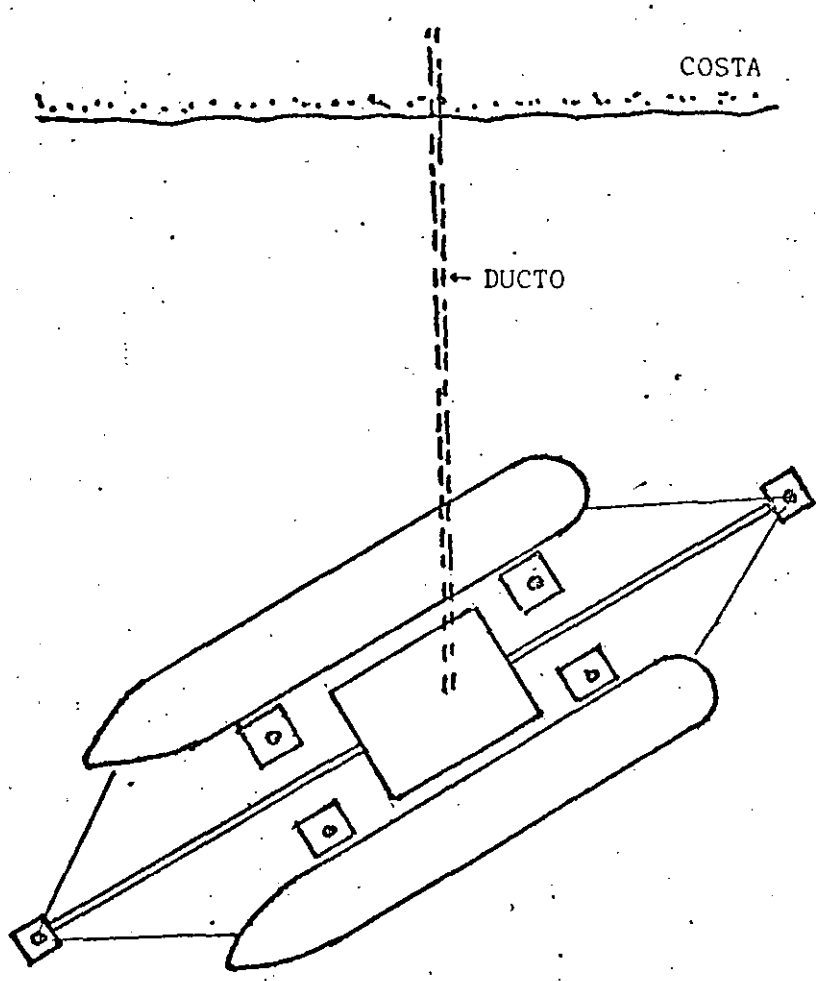
El sistema de monoboyas se ideo para la carga y descarga de productos liquidos del petroleo, sin embargo en unos casos se ha utilizado para el manejo de gas LPG y minerales diluidos.

Para la elección de este sistema de carga y/o descarga de - buque-tanques es indispensable tomar en cuenta la agitación del mar, que influye en la ocupación de la monoboya y además el alto costo de su mantenimiento.

La profundidad a la que se instala una monoboya, depende de la agitación del mar y de las condiciones meteorológicas - prevalecientes en el lugar, pero en general para fines de - anteproyecto, es del orden de 1.5 el calado a plena carga - del barco de proyecto, es decir 1/2 del calado entre la quilla y el fondo marino.

La profundidad se debera calcular tomando en cuenta el oleaje, el cabeceo del barco, la topohidrografia para que contar con la profundidad mînima en toda el área del círculo - de giro del barco amarrado.

Muelle Isla . - Cuando existen aguas tranquilas y suficiente profundidad, se emplean los Muelles-Isla, que resultan economicos por la eliminación de los trabajos de - dragado.



CARACTERISTICAS DE LA FLOTA DE BUQUES TANQUE DE PETROLEOS MEXICANOS

NOMBRE DEL BARCO :	AÑO DE CONSTR.	T. B. R.	T. N. R.	P. M. (Ton.)	D. MAX. (Ton.)	D.ROSCA
EMILIANO ZAPATA	1968	2,841.02	1,397.83	2,956	4,989	2,032
VICENTE GUERRERO	1967	5,772.81	3,052.62	8,893	12,478	3,548
MARIANO ESCOBEDO	1967	7,991.83	4,599.71	9,550	14,194	4,643
MIGUEL HIDALGO	1967	7,075.53	3,826.00	11,262	15,122	3,859
LAZARO CARDENAS	1955	11,065.49	6,225.13	16,566	22,352	5,669
CUAUHTEMOC	1967	10,085.72	5,724.97	17,473	22,128	4,686
PLAN DE SAN LUIS	1967	10,085.72	5,724.97	17,473	22,128	4,686
VENUSTIANO CARRANZA	1968	10,085.72	5,724.97	17,473	22,128	4,686
P. ELIAS CALLES	1968	10,085.72	5,724.97	17,473	22,128	4,686
ABELARDO L. RODRIGUEZ	1956	11,470.47	6,429.58	17,729	24,063	6,347
JUAN ALVARES	1955	12,417.04	7,157.36	19,405	25,875	6,469
GUADALUPE VICTORIA	1958	12,568.01	7,209.65	20,253	26,641	5,967
PLAN DE AYUTLA	1967	12,763.18	7,561.34	21,668	27,432	5,605
PLAN DE AYALA	1968	12,753.36	7,550.04	21,689	27,[illegible]	5,705
MARIANO MOCTEZUMA	1974	14,742.95	8,895.68	21,689	28,017	6,328
FRANCISCO J. MUJICA	1973	14,743.69	8,895.68	21,696	28,017	6,322
MANUEL AVILA CAMACHO	1973	14,743.69	8,895.68	21,704	28.017	6,313
INDEPENDENCIA	1974	14,742.95	8,895.68	21,704	28.017	6.314
REFORMA	1974	14,742.95	8,895.68	21,704	28,017	6,318
REVOLUCION	1975	14,743.69	8,895.68	21,704	28,017	6,313
MELCHOR OCAMPO	1968	12,753.36	7,550.04	21,727	27,432	5,692
PLAN DE GUADALUPE	1967	12,763.34	7,561.34	21,760	27,432	5,627
JOSE MA. MORELOS	1967	12,762.84	7,508.00	21,797	27,432	5,598
BENITO JUAREZ	1968	12,753.36	7,550.07	21,822	27,432	5,654
ALVARO OBREGON	1968	12,753.36	7,558.90	21,839	27,432	5,639
FRANCISCO I. MADERO	1968	12,753.65	7,562.50	21,889	27,482	5,593

TON. COEF.BLOCK	ES.T. m.	ES.P.P.m.	MANGA m.	PUNTAL m.	CALADO m.	F.BORDO m.
0.634	101.10	94.49	14.34	8.00	5.65	2.373
0.693	135.06	128.32	18.01	9.98	7.62	2.362
0.685	140.60	131.06	19.24	10.94	8.02	2.991
0.806	135.02	128.02	19.55	9.27	7.30	2.006
0.744	165.20	155.46	20.73	11.58	9.09	2.549
0.790	144.78	137.47	21.30	11.80	9.33	2.514
0.790	144.78	137.17	21.30	11.80	9.33	2.514
0.790	144.78	137.47	21.30	11.80	9.33	2.514
0.790	144.78	137.47	21.30	11.80	9.33	2.514
0.790	166.42	152.45	21.26	11.81	9.12	2.746
0.772	173.00	161.54	21.31	12.09	9.34	2.738
0.790	170.60	163.98	21.89	12.00	9.07	2.691
0.780	170.75	163.86	22.05	12.17	9.45	2.691
0.780	170.69	163.86	22.05	12.18	9.45	2.691
0.795	170.61	164.00	22.05	12.95	9.47	3.016
0.795	170.61	164.49	22.05	12.98	9.47	3.016
0.795	170.61	164.00	22.05	12.95	9.47	3.016
0.795	170.61	164.00	22.05	12.95	9.47	3.016
0.795	170.61	164.00	22.05	12.95	9.47	3.016
0.795	170.61	164.49	22.05	12.95	9.47	3.016
0.780	170.69	163.86	22.05	12.17	9.45	2.703
0.780	170.75	163.86	22.05	12.17	9.45	2.691
0.780	170.69	163.86	22.05	12.17	9.45	2.691
0.780	170.69	164.28	22.05	12.18	9.46	2.703
0.780	170.75	163.86	22.05	12.18	9.45	2.691
0.780	170.75	163.86	22.05	12.18	9.45	2.691

CLASIFICACION DE OBRAS PORTUARIAS

- OBRAS EXTERIORES
  - ROMPEOLAS
  - ESCOLLERAS
  - CANALES DE NAVEGACION
  - BOYAS DE RECALADA
- OBRAS DE PROTECCION DE COSTAS
  - ESPIGONES
  - TOMBOLOS
  - PROTECCIONES MARGINALES
- OBRAS INTERIORES
  - AYUDAS A LA NAVEGACION
    - CANALES DE ACCESO
    - SEÑALAMIENTO MARITIMO
  - MUELLES
    - MARGINALES
    - EN ESPIGON
      - L , T
      - CONTINUOS
  - ALMACENAMIENTO DE CARGA
    - A CUBIERTO (BODEGAS
    - A DESCUBIERTO (PATIOS)
  - VIALIDAD
    - ACCESOS CARRETEROS
    - ACCESOS FERROVIARIOS
  - SERVICIOS PORTUARIOS
    - AGUA, LUZ, COMBUSTIBLE, TELEFONO, AREA ADMINISTRATIVA
  - RECINTO PORTUARIO
    - LIMITE DEL AREA PORTUARIA
    - RESERVA TERRITORIAL

CLASIFICACION DE MUELLES

- MUELLES
  - CARGA GENERAL
    - MARGINALES Ó EN ESPIGON
      - GRAVEDAD
      - CON TABLESTACA
      - PILOTES
      - VIAS EN PLATAFORMAS DE OPERACION
  - CONTENEDORES
    - MARGINALES
      - GRAVEDAD
      - CON TABLESTACA
      - PILOTES
      - GRUAS Y VIAJES PLATAFORMAS DE OPERACION
  - ESPECIALIZADOS
    - MARGINALES Ó EN ESPIGON
      - CON PLATAFORMA Y DUQUES DE ALBA
        - RIGIDOS
        - FLEXIBLES
        - FLUIDOS
      - CONTINUOS
        - GRAVEDAD
        - CON TABLESTACA
        - PILOTES
        - GRANELES AGRICOLAS Y MINERALES

DIMENSIONAMIENTO PORTUARIO.

El dimensionamiento en este campo está ligado a: áreas de - agua adecuadas para las operaciones de carga/descarga de -- barcos, áreas en tierra como apoyo al tráfico de barcos y - mercancias, profundidades en canales de navegación y darse- nas de ciaboga y operación y áreas de reserva, tanto de --- agua como de terreno para las ampliaciones que requiera el desarrollo del puerto.

Las teorias de dimensionamiento las podemos aplicar en la - ampliación de puertos existentes o en el proyecto de nuevos puertos. Cabe destacar que sierta información, como informa ción meteorológica y agitación del mar de los puertos exis- tentes localizados en la vecindad de los nuevos proyectos,- deben tomarse en cuenta como parte de la recopilación de in formación básica.

De lo anterior podemos inferir que el dimensionamiento basi camente se tendrá que realizar plasmando en planta la infor mación de los estudios económicos y de macro-planeación que nos proporciona información sobre tráfico esperado, por ti- pos de barco y carga en el caso de puertos de nueva cración y proyecciones de tráfico y carga en los existentes. En ele vación se hace intervenir las profundidades en canales y -- darsenas de acuerdo a los tipor de barcos, la elevación de las plataformas de operación de los muelles, los drenajes -

pluviales y la vialidad principalmente la ferroviaria.

El dimensionamiento de conjunto hace intervenir el tráfico y tipo de embarcaciones y la localización del puerto. Para la determinación de las áreas de agua intervienen tres elementos: el abrigo, la maniobra de embarcaciones y las profundidades.

El abrigo y la bocana son elementos contrapuestos, mientras más estrecha es la bocana y la localicemos inclinada respecto al oleaje conseguiremos mayor abrigo, pero será más difícil la ruta de entrada de las embarcaciones.

Estas dos variables tendrán condiciones mínimas para satisfacer tanto el abrigo como la seguridad en la ruta de entrada de embarcaciones desde el punto de vista económico.

Las profundidades necesarias para los diversos barcos, requieren de áreas artificiales para la formación de darsenas que tendrám que enlazarse con las profundidades naturales, mediante canales artificiales, compatibles con la ruta de entrada.

Las alturas máximas de ola, en el vaso portuario para la operación contínua de las diversas embarcaciones estará en función de su tamaño.

Para pesqueros del tipo escameros, camaroneros y atuneros...	0.30 m.
Yates y embarcaciones de placer...	0.30 m.
Barfos de carga general, ó greneleros y/o tanuques...	
hasta de 2000 T.P.M.	0.50 m.
de 2000 a 8000 T.P.M.	0.70 m.
de 8000 ó mayores	1.00 m.

En la darsena de ciabogo se pueden admitir oleajes de hasta 1.50 m.

Para el estudio de agitación, se hace intervenir el regimen de oleaje, que liga cada altura de ola con su probabilidad de ocurrencia. Este régimen de oleaje en una dirección determinada definirá en aguas profundas, el porcentaje de tiempo al año en el que el oleaje será superior a un sierto valor de altura de ola, por medio de los planos de olas (refracción y difracción), obtendremos las alturas del oleaje en las diversas áreas de aguas interiores, que pretendemos abrigar.

Este estudio deberá comprobarse por medio de un modelo hidráulico, sobre todo en zonas con batimetría irregular, canales de navegación profundos, parámetros de gran pendiente que propicien reflexiones, etc.. Asimismo es necesario estudiar el modelo la maniobrabilidad, sobre todo de barcos mayores de 50,000 T.P.M.

Otra de la variables que intervienen en el proyecto, son -- las condiciones físicas del fondo marino y de las áreas en tierra para desplantar las obras e intalaciones portuarias. En algunos casos es más económico la relocalización del -- puerto ó modificar la disposición de las áreas en tierra - para obtener las mejores condiciones del suelo, tanto para la cimentación de instalaciones como el aprovechamiento del producto de dragado en rellenar áreas portuarias.

Ancho de la Bocana:

Cuando hablamos de ancho no referimos al canal de acceso del puerto. A esta distancia tenemos que agregar bermas de seguridad a ambos lados del canal y por último los morros de los rompeolas.

Las técnicas europeas recomiendan 5 mangas del barco tipo -- para una circulación de barcos en el acceso; 8 mangas del -- barco tipo para doble circulación (7 mangas equivalen aproximadamente a una eslora).

Los técnicos Japoneses recomiendan:

10,000 T.R.B.	200-300 m.
Tamaño medio	150 m.
100 T.R.B.	50- 80 m.

Para puertos marítimos artificiales, en donde los recorridos son relativamente cortos, pensamos que deba adoptarse una -- eslora del barco tipo afectada por un coeficiente de 0.8 que dependerá del número y tamaño de barcos de mayor eslora y de las condiciones del mar en la bocana. De cualquier manera, - para fijar el ancho del canal deberá tomarse en cuenta la corriente a lo largo de la costa, la cual será menor a 2 nudos para la maniobra de entrada.

Profundidades en la Bocana del Puerto.

La profundidad estará referida al nivel de bajamar media en el Golfo de México y al nivel de bajamar media iferior en el Oceano Pacífico, lo cual nos permite contar con una mayor -- profundidad, la entrada se realiza en marea alta.

La profundidad será la suma de los siguientes factores:

1.- Calado máximo a plena carga del barco tipo.

2.- Un medio de la altura de ola en altamar próximo a la -- bocana (la entrada y salida de embarcaciones se lleva a cabo con oleajes máximos de 3 m.)

3.- Asentamiento de la popa del barco por efecto de la velocidad (la velocidad del barco a la entrada es del orden de 5 a 6 nudos, lo cual provoca un humdimiento de la popa de hasta 1/1000 de la eslora)

4.- Naturaleza del fondo marino.- para fondo rocoso se toman 0.90 m. como resguardo de seguridad para fondo arenoso ó limoso 0.3 m.

Para la navegación en canales interiores debemos tomar en -- cuenta la densidad del agua dulce la cual aumenta el calado en aproximadamente 3%.

Los canales de acceso de navegación, de preferencia deberán ser rectos. Los de acceso tenderan a ser normales a la costa ó paralelos a la dirección predominante de los temporales.

Los canales de navegación interiores cuando sea necesario un cambio de dirección.

La curva entre dos tangentes no será mayor de 30° lo que -- equivale a un radio 5E, lo recomendable, por seguridad para barcos mayores de 30,000 TPM es R= 10E . El ancho de plantilla en las curvas del canal se aumentara 30% respecto a la parte recta.

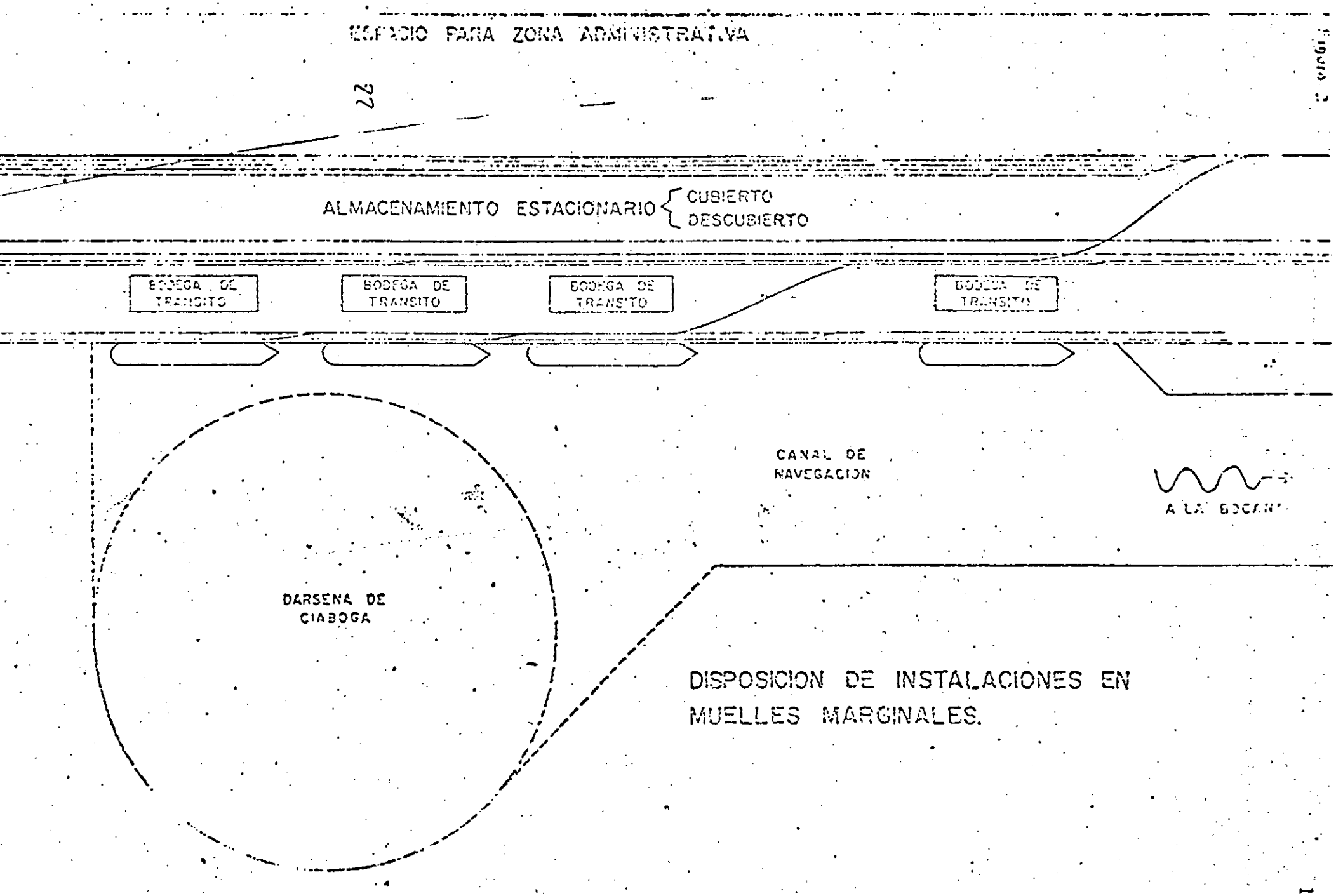
Distancia de frenado: Dado que la embarcación a la entrada cruza la bocana a 5 ó 6 nudos de velocidad, la distancia de frenado es del orden de las 5E contadas a partir de que la popa del barco está en zona protegida por los rompeolas.

Darsena de ciaboga: La operación de cambio de dirección de una embarcación (180°) se denomina ciaboga. El área requerida para esta operación dependerá del modo en que se realice, es decir con sus propios medios con sus maquinas y anclas, ó con ayuda de remolcadores y las maquinas del barco.

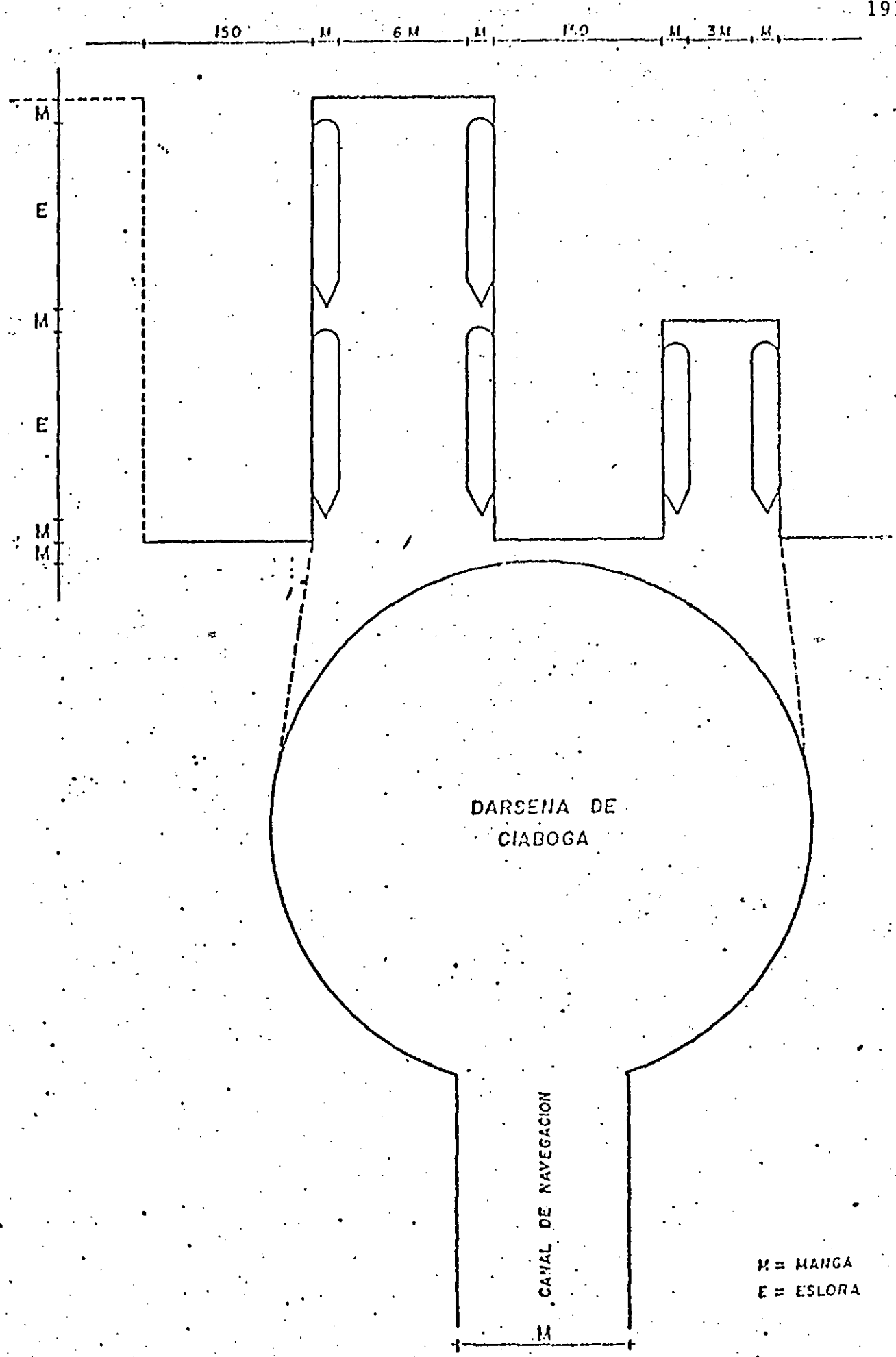
Para el primer caso ó sea con sus medios se requieren 3E -- empleando las maquinas de barco, con la ayuda de remolcadores 2E.

Para áreas restringidas, se puede dimensionar los diametros de la darsena de ciaboga seria: con maquinas del barco 2E.- en caso de viento y corriente se utiliza ancla con remolcador, 1.5.- en caso de viento y corriente se utiliza ancla.

Darsena de operación: Entre la darsena de ciaboga y/o canales de navegación en donde hay tráfico de embarcaciones, y los muelles se localiza la darsena de operación. Esta darsena tendrá un ancho de 1/2 E y un largo de E+M.



DISPOSICION DE INSTALACIONES EN MUELLES MARGINALES.



DISPOSICION DE LAS DARSENAS DE OPERACION Y CIABOGA

DIVERSOS METODOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO PORTUARIO

METODO DE ANALISIS PARA EL DIMENSIONAMIENTO PORTUARIO.
- EMPIRICO (I)
- MATEMATICOS
  - ANALITICOS (II)
  - SIMULACION (III)

I). En el método empírico se supone que el tránsito es uniforme a lo largo del año y la ocupación de muelles se obtiene basandose en una utilización continua de las instalaciones, sin tomar en cuenta la posible alteración en el arribo de las embarcaciones, tampoco hace intervenir las posibles alternativas de valorización de los distintos elementos que intervienen en las operaciones del manejo de carga, tales como: Equipo, instalaciones, etc.

Este método puede emplearse para obtener anteproyectos, sobre el esquema general de un puerto.

II). Método analítico.- Por medio de un modelo del tipo "Probabilístico" y por "Teoría de Colas" podemos determinar el número de barcos que arriben al puerto y que -

atracan en muelle ó que se fondearan por falta de muelle. Este método liga el arribo de barcos, el número de atracaderos, los tiempos de espera y servicio.

En todo puerto donde existe una demanda de servicio por parte de los usuarios que llegan sucesivamente y en forma irregular en el tiempo para ser atendidos en un número determinado de atracaderos se puede producir un fenómeno de espera.

Los aspectos básicos de este fenómeno son:

a). Esquema de servicio.- Manejo de carga en muelles. Servicios Generales; arribo de embarcaciones, practicaje, remolcadores, atraque.
Atracaderos.- Se concideran instalaciones especializadas por tráfico.

b). Arribo de embarcaciones.- Intervalos regulares. Intervalos desiguales pero determinados pero determinados. Intervalos desiguales siguiendo una formación de probabilidad aleatoria.

c) Número de Atracaderos.- Por tipo de tráfico y carga.

d) Tiempo de servicio en Muelle.- Constante, variable pero determinado, aleatorio.

El método satisface el principio básico de que el costo anual de los buques en espera de un atracadero mas el --

costo anual de los atracaderos en espera de buque, deberá ser mínimo.

III). Métodos de simulación: En casos en que la complejidad de la actividad portuaria hace que no se cumplan las leyes supuestas en el modelo matematico, y se analizara el fenómeno a lo largo del tiempo en donde varian una serie de datos básicos, se recurre a los métodos de "Simulación".

El dimensionamiento de un puerto, lo podemos asimilar a un sistema y este sistema está formado por una serie de "Subsistemas" de pendientes entre si que se influyen mutuamente de forma que cualquier alteración en el ritmo ó método de trabajo de uno de ellos afecta a los demás en su rendimiento y resultados, y en consecuencia a la actividad portuaria en su conjunto.

Estos sistemas lo integran las 5 diferentes operaciones que debe realizar sucesivamente el barco, la instalación de transbordo y el transporte terrestre para permitir el tránsito de la mercancia, a travez del puerto como eslabón de la cadena del transporte.

El bien funcionamiento del puerto exige que todos sus elementos o subsistemas, trabajen a un ritmo y rendimiento adecuado y por tanto deben estar dimensionados equilibradamente, ya que la capacidad de un puerto será la del elemento de menos potencia y este repercutira en el resto de los elementos del "Sistema"

La capacidad de cada "Subsistema ó fase operativa depende de varias circunstancias cuyo valor se supone y es difícil de separar para tratar de conocer el escaso rendimiento de un elemento del sistema.

El esquema del puerto ó sistema, puede dividirse en las siguientes secciones operacionales ó subsistemas.

1.- Arribo de embarcaciones el puerto.
2.- Servicio de practicas.
3.- Servicio de remolcador.
4.- Operación de atraque.
5.- Instalaciones de transbordo.
   a) operación de carga y/o descarga.
   b) transporte a almacen, o carga directa a transporte terrestre.
   c) almacenamiento.
6.- Carga a transporte terrestre.
7.- Salida de mercancias del área portuaria.

Cada actividad ó subsistema estará representada por una ecuación y los diferentes factores que intervienen mediante variables.

Este método es de reciente aplicación, siendo una herramienta adecuada por su versatibilidad, para el dimensionamiento de puertos existentes y una base para los de nueva creación.

EL CONGESTIONAMIENTO PORTUARIO Y SU INFLUENCIA EN EL DIMENCIONAMIENTO

Las inadecuadas instalaciones portuarias y de transporte - así como el aumento del volúmen del tráfico de carga producen el congestionamiento portuario. Antes de proceder a la aplicación de un puerto conviene estudiar sus causas y primero tratar de resolverlo aplicando medidas del tipo económicas, técnicas y administrativas. Al reducir el congestionamiento redundará en veneficio de la economia nacional y- el comercio internacional.

El congestionamiento produce un desperdicio de recursos -- humanos y fisicos cuando las flotas de buques comerciales- estan esperando ociosas en puerto, aveces durente dias, semanas o meses. La perdida de flete daña economicamente a - las compañias navieras y los paises que comercian via marítima y las mercancias perecederas se deterioran.

Generalmente cuando se inicia el congestionamiento de un - puerto, es cuantificado por el número de barcos fondeados- esperando turno de atraque y por el tiempo de espera ocioso. Sin embargo en los puertos con un gran congestionamiento, éste se presenta de dos clases diferentes, una es la - acumulación de barcos fondeados en espera de muelle (con-- gestión en el mar), la segunda, el excesivo volúmen de carga en bodegas, cobertizos y patios, permiten formar lotes- de carga por consignatario (congestión en tierra).

La, congestión del mar se produce cuando el volúmen de carga con destino al puerto es mayor que el volúmen descarga-

do por día en los muelles del puerto. La diferencia entre las dos cifras es el indicador principal del grado de congestionamiento.

Un indicador de congestión en tierra determina obteniendo la diferencia entre el volúmen de descarga diaria en los- muelles del puerto y el volúmen de carga desalojada del - del área portuaria. A lo anterior hay que adicionar el ciclo inverso de las exportaciones.

El congestionamiento en tierra se refleja en la estadia - de las ambarcaciones debido a que las operaciones de carga en bodegas y patios son mas lentas por el sobre almacenamiento. Es decir el congestionamiento en mar se ve agravado por el de tierra.

Las causas fundamentales del congestionamiento pueden dividirse en aspectos de planeación económico, técnicos y - administrativos.

La planeación económica deberá de prever el desarrollo -- económico del país procurando una evolución congruente -- con ese desarrollo de los sistemas portuarios y de dis-- tribución a travez de eficientes transportes hacia el interior del país.

El desequilibrio entre la producción y los servicios necesarios para su distribución, propician el congestionamiento, no nadamas en los puertos si no en los diversos modos de transporte que hacen posible esa distribución.

La capacidad de un puerto depende de diversos factores: La clase de carga a menejar, el tráfico estacional, la calidad de lás operaciones de carga y descarga, el estado - fisico de las instalaciones, número insuficiente de muelles para carga general y falta de terminales para tráficos especificos, tales como graneles, insuficiencia de patios y bodegas y cobertisos demasiado angostos, entre --- otros.

Las deficiencias técnicas en este aspecto podran aminorarse si por ejemplo: se perfeccionan las técnicas de manipuléo de carga, dinamizar los procedimientos de retiro de carga, pago de impuestos, reemplazar el equipo obsoleto y complementar el existente de acuerdo a los volumens de carga esperados, agilizar el manejo del auto transporte y equipo ferroviario, iluminación eficiente para el -- trabajo nocturno, etc.

Administrativamente el congestionamiento se puede atacar por medio de implantación de sistemas expeditos de trámites de pago de impuestos de importación y exportación, reducir a menos de 15 días el tiempo libre en almacenes de tránsito y propiciar la construcción de bodegas de carga estacionaria. Congruencia entre los horarios del trabajo oficial y laboral. Aumentar las horas de trabajo y laborar los dias de asueto y festivos. Programa de capacitación a todos los niveles. Concientizar a los usuarios para que colaboren con la autoridad porturia en la agilización de trámites.

Por lo anterior el Ingeniero portuario deberá tomar en cuenta lo antes mencionado para apoyar sus propuestas de construcción de nuevas instalaciones.

ETAPAS DEL PROCESO DE PREPARACION DE UN PLAN DE DESARROLLO PORTUARIO

1.- Política general de dasarrollo: Determinación de la función del puerto, y la planeación general a plasos, corto, mediano y largo.

2.- Predicciones del tráfico: Elaboración de las predicciones del tráfico para el período del plan de desarrollo.

3.- Política tecnológica: Con base en las predicciones, obtener para cada clase de tráfico y tipo de carga, determinar las posibles técnicas del manejo de carga y su efecto en la futura productibilidad.

4.- Asignacion del tráfico de características similares ó compatibles y dotar a las mismas de terminales ó grupo de puestos de atraque planeados por separado.

5.- Dimensionamiento preliminar: Determinación aproximada de las dimensiones de cada terminal ó de los diagramas de planificación.

6.- Localización particular: Obtener las posibles combinaciones de terminales ó grupo de puestos de atraque, las áreas terrestres , marítimas y la localización de ellas que no ofrecen obstaculos al tráfico de las zonas contiguas.

7.- Viabilidad técnica: Una vez localizada cada instalación, realizar los estudios técnicos, tales como suelos topográficos, meteorológicos etc., para rela

cionarlos con el tipo de instalación que se pretende establecer y realizar el estudio económico que corrobore la localización propuesta de otra manera se tendra que realizar la instalación por los costos de -- construcción elevados.

8. Estimación de costos: Estimación de los costos de - construcción y equipamiento de cada una de las instalaciones.

9.- Elección de alternativas: Con la información ante-- rior, u en base a los estudios, seleccioner las al-- ternativas mas adecuadas.

10.- Examen de conclusiones preliminares: Presentación de las condiciones a la autoridad correspondiente para afinar el plan general de desarrollo.

11.- Plan administrativo-portuario: Obtener el esquema - operacional y equipo necesario.

12.- Dimensionamiento final: Con la información de los - puntos 10 y 11 afinar las dimenciones preliminares - del punto 5.

13.- Ingenieria de proyectos: Planeación, analisis y diseño de las instalaciones que debera incluir; accesos- marítimos y terrestres, muelles, bodegas, patios, -- etc.

14.- Costos: Estimación de costos de las obras y servicios para que sirvan de base a los analisis económicos y financieros.

15.- Análisis de costo-benefico: Análisis de las bases económicas de las posibles opciones.

16.- Análisis financiero: Análisis de la viabilidad financiera de cada opción.

17.- Selección definitiva: Análisis general y obtención de ventajas e inconvenientes de cada opción, para seleccionar la alternativa mas adecuada.

18.- Conclusiones: Presentación de la opción recomendada y obtener el acuerdo correspondiente.

19.- Informe: Elaboración de informe técnico detalládo de la opción recomendada.

20.- Ejecución: Obtener la analización y recursos económicos para su ejecución.

BIBLIOGRAFIA:

Los problemas portuarios en los paises en desarrollo de : Bohdan Nagorski . Editorial Temas Marítimos.

Port Engineering de: Per Bruun Gulf Publishing Company, Houston, Tex.

Design and Construction of Ports and Marine Structures Alonso de F. Quinn ?cgran - Hill

Curso de explotación y Dirección de Puertos Tomos I y II - de: Dr. Ing. Modesto Vigueras Gonzalez
Editado: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos .- Madrid.

Movimiento de Mercancias en los Muelles UNCTAD 17/9/1973 TD / B / C 4/109 Ginebra.

Desarrollo Portuario.- Manual de Planificación para los -- paises en Desarrollo.
UNCTAD TD / BC. 4/175

Las Inovaciones Técnicas en la Fase del Transporte Marítimo y sus Aspectos en los Puertos: Repercusiones en la unitarización en las operaciones portuarias
UNCTAD TD/B/C 4/129 .- 1976

El Transporte Marítimo en los años 70
UNCTAD TD/177 Ginebra 1972

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

O B R A S E X T E R I O R E S

ING. HECTOR LOPEZ GUTIERREZ

SEPTIEMBRE, 1984.

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

CRITERIOS DE DISEÑO DE ROMPEOLAS

Ing. Héctor López Gutiérrez

INTRODUCCION

Como su nombre lo indica, la función de los rompeolas es disipar la energía del oleaje para crear una zona de aguas tranquilas donde los barcos puedan efectuar maniobras diversas cuya culminación es, generalmente, su carga y/o descarga. Adicional a esta función básica, el rompeolas puede desempeñar otras complementarias que condicionan, en buena medida, el diseño de estas obras. Citaremos principalmente:

- Protección en contra del transporte litoral, de canales de navegación, al mismo tiempo que encauzan corrientes fluviales, de marea o ambas.

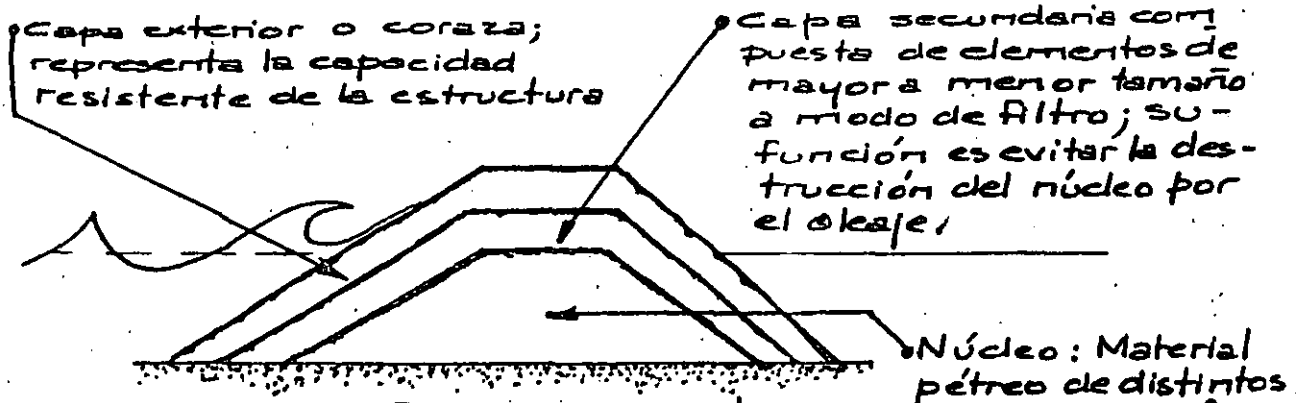
Esta función establece una diferencia conceptual entre un rompeolas propiamente dicho y una escollera, que es el caso de las obras para este tipo de protección.

También afectan el criterio de diseño pero no modifican su denominación de rompeolas o escollera según el caso, funciones tales como:

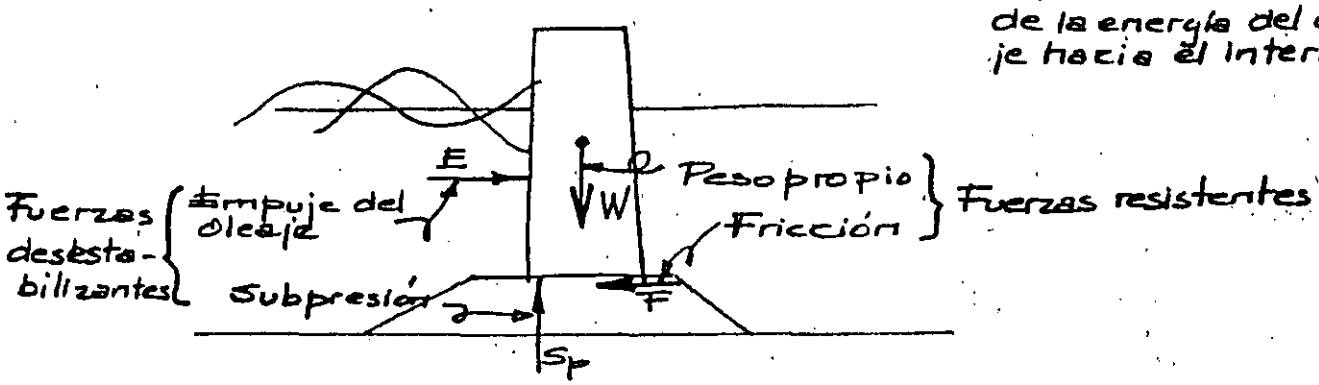
- Uso de su cara interna para atraque de embarcaciones.

- Protección de terrenos ganados al mar.
- Apoyo para vías de acceso y tuberías.

Otra división que es necesario establecer se refiere a la forma como estas estructuras dan la protección deseada. Los rompeolas propiamente dichos, hacen que el oleaje rompa sobre ellos, creando con un talud cierta similitud de playa que presenta las condiciones propicias para que las olas rompan. Una segunda forma es reflejando la energía de la ola mediante una pared vertical.

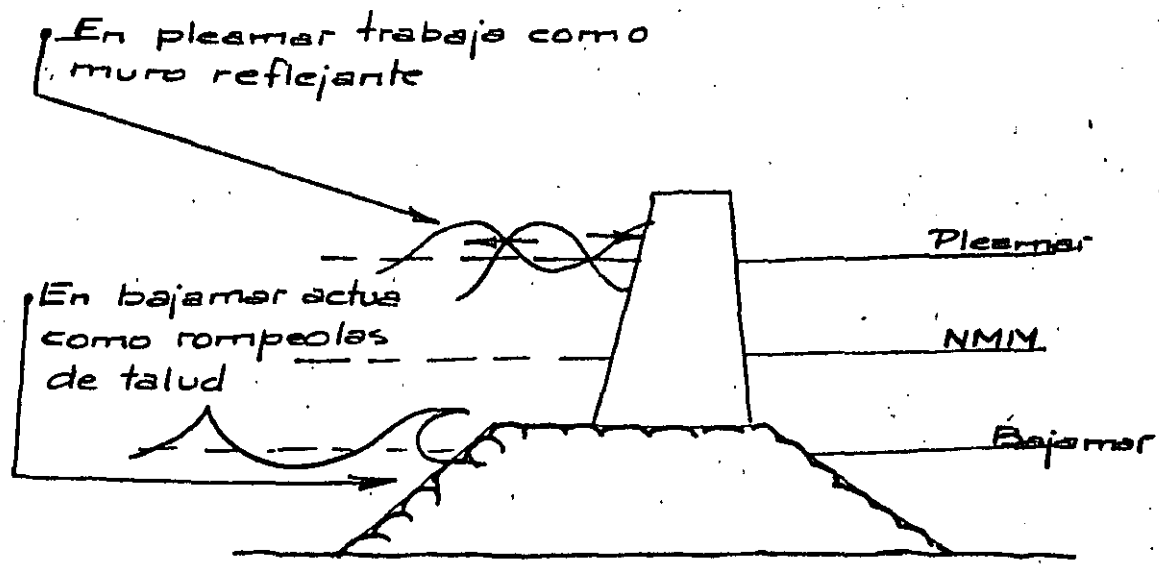


Rompeolas de Talud.



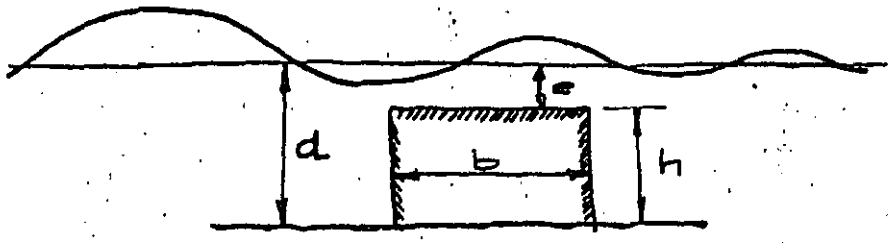
Muro Reflejante

Adicionalmente a estos dos tipos básicos de estructuras, pueden construirse las de tipo mixto que según la fase de marea pueden funcionar como muro reflejante o como rompeolas de talud.

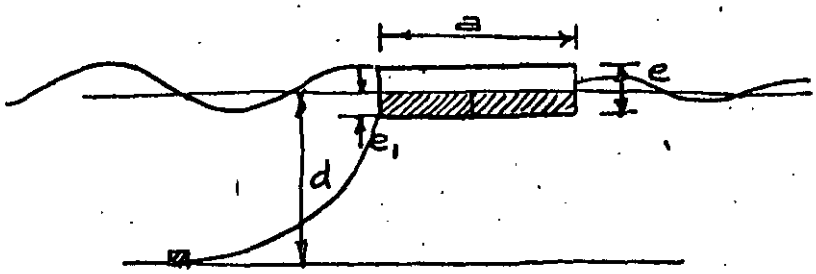


Muro Mixto

De igual manera que las obras anteriores cortan el paso de la energía del oleaje hacia la zona protegida, hay otro grupo que solamente la amortiguan, tal es el caso de los rompeolas sumergidos, los flotantes, los neumáticos y los hidráulicos.



Rompeolas sumergido



Rompeolas flotante.

La amortiguación es función de las dimensiones anteriores y su relación con la altura de la ola.

ELEMENTOS BASICOS PARA EL DISEÑO

El proyecto de una obra, sea de tipo rompeolas, muro reflejante, mixto o sumergido, requiere de la consideración de tres elementos básicos:

- Oleaje
- Corrientes
- Cimentación

En el caso de las estructuras flotantes, las de tipo neumático o hidráulico, el oleaje es prácticamente el único factor.

Oleaje

Este fenómeno es sin duda el más importante y complejo de los tres elementos. La complejidad del fenómeno obliga a hacer algunas hipótesis simplificatorias donde el buen juicio del proyectista apoyado en el conocimiento que tenga del lugar desempeñará un papel fundamental.

La información sobre las características del oleaje en un sitio determinado puede dividirse en:

- Régimen de oleaje normal
- Régimen de oleaje extraordinario

El primero es el que ocurre estacionalmente y se repite cíclicamente sin grandes variaciones. Este tipo de oleaje tiene especial significación cuando se analizan los cambios que se operan estacionalmente en los litorales y de esos cambios puede derivarse el efecto que produzcan las nuevas obras sobre el régimen de la costa. Igualmente importante es este oleaje para la disposición de las obras de protección asociada a la forma y tiempo útil de operación del puerto.

El régimen normal de oleaje queda definido básicamente por:

- Incidencia mensual, estacional y anual, en tiempo y porcentaje.
- Distribución de alturas y periodos de oleaje, mensual, estacional y anual.

El manejo de esta información presenta dos problemas: la elección de alturas y periodos representativos y la calidad de la información.

En cuanto a lo primero, es criterio normalmente establecido el utilizar el concepto del oleaje significante*, encontrándose que en términos de tiempo el lapso más adecuado parece ser el estacional; así entonces se tendrán cuatro valores de altura y periodo; uno por estación, según cada una de las distintas direcciones involucradas en esos lapsos estacionales.

En general, el uso de la información sobre régimen de oleaje presenta un problema importante, que es el que se refiere a la interpretación que se le puede dar al porcentaje de tiempo que se excede mensual, estacional o anualmente, un cierto valor límite de altura de ola que pudiera ocasionar dificulta--

---

* Altura de ola significante. Generalmente definida como el promedio del tercio de olas más altas de un grupo de olas dado.

des en la operación del puerto. Así, por ejemplo, puede prestarse a falsas interpretaciones, es decir: el 10% del tiempo de acción anual de la dirección norte, se excede el valor de 1.50 m en la altura de la ola. Si no se asocia ese 10% a términos reales de tiempo y secuencia, cayendo en errores que minimicen o maximicen el problema. Esto es, ese 10% anual puede ocurrir en un lapso corto concentrado, lo cual sería desfavorable o, presentars esporádicamente a lo largo del año, dando, por el contrario, condiciones favorables.

Otro problema importante se refiere al origen y calidad de la información. Por su origen esta puede ser:

- Estadística, recopilada por organizaciones tales como la U.S. Navy Hydrographic Office o el Almirantazgo del Reino Unido, la cual se da para zonas oceánicas que cubren extensiones de 5° de latitud por 5° de longitud.

- Estadística específica, derivada de observaciones en zonas vecinas al área en estudio, complementada con deducciones a partir de datos de vientos y otros factores meteorológicos.

- Por medición directa.

La primera, si bien es confiable, tiene hasta cierto punto el inconveniente de no permitir análisis muy exactos sobre dis--

tribución en el tiempo de valores que excedan un cierto rango. Igualmente, pueden ofrecer cierta distorsión al hacerse la adecuación de la información del área oceánica, a la específica en estudio sobre la costa.

La segunda, permite un mejor manejo de las variables estadísticas que facilitan la integración de una imagen más real del oleaje. Sin embargo, este procedimiento depende en mucho de la calidad y cantidad de las observaciones meteorológicas, así como de la experiencia de quien las interprete y transforme a condiciones de oleaje.

La tercera, es la más deseable, pero tiene el inconveniente de que su grado de confiabilidad depende del tiempo y continuidad en la observación. Teóricamente, un año sería el mínimo aceptable, aunque preliminarmente podrían aceptarse lapsos menores, correlacionándolos con cualquiera de los sistemas anteriores, preferentemente el segundo, aunque supeditado esto también a la calidad de estas deducciones.

Régimen de oleaje extraordinario

Este oleaje, es el producido por las tormentas que puedan ocurrir en el sitio o en áreas vecinas y que de alguna manera las olas generadas por esa tormenta pueden incidir en el lu--

gar considerado. Esta información, es fundamental para el -- diseño estructural de rompeolas y muros y es, por otra parte, la que presenta mayor dificultad para seleccionar la altura - de diseño, ya que, como es de suponerse, no es el sólo hecho de elegir la ola representativa de una tormenta dada, sino, - también el contenido energético de la tormenta asociada y la distribución de tal energía. De hecho, como se trabaja sobre extrapolaciones estadísticas, deberá manejarse más bien, el - concepto de la tormenta de diseño, no obstante que puede lo-- grarse una buena aproximación usando exclusivamente una ola - representativa. Aunado a lo anterior, juega un papel muy importante el periodo de retorno de la tormenta, asociada a una ola dada y así, estableciendo las características del oleaje para tormentas de diversos periodos de retorno, puede definirse el régimen de oleajes extraordinarios.

El régimen de oleajes extraordinarios proporciona la probabilidad de excedencia de una tormenta de intensidad dada. Igualmente indica el lapso medio de ocurrencia (periodo de retorno) entre la presentación de dos tormentas cuyas intensidades excedan una dada. Cabe señalar también la importancia que tiene la selección del periodo de retorno ya que este influirá - en forma preponderante sobre el costo total de la obra.

La determinación del régimen de oleajes extraordinarios se ha

ce siguiendo métodos estadísticos a partir de datos reales, los cuales, a su vez, pueden tener su origen en:

- Observaciones en el sitio o en áreas vecinas, adecuándolas al sitio en estudio.
- Deducciones a partir de datos meteorológicos de las tormentas en cuestión.

El primer caso es el más deseable pero el menos frecuente, en tanto que el segundo es el más usual.

Corrientes

El análisis de las corrientes, es más significativo cuando se trata de obras que, adicionalmente a su función de detener la energía del oleaje, deben orientar y encauzar corrientes; tal es el caso de las escolleras. Cuando el problema no comprende esta situación, el estudio de las corrientes tiene significación exclusivamente en términos de su posible acción erosiva al pie de la estructura. De cualquier manera la determinación de las mismas comprende:

- Para escolleras: valor de las velocidades máximas y su distribución en la sección original y la distribución hipotética en la sección transformada con las obras.

- Para rompeolas y muros verticales que no tengan función de

encauzamiento, interesa el valor de la velocidad al pie de la obra.

En ambos casos la información básica se tiene que obtener por medición directa.

Condiciones de cimentación

El estudio de las condiciones de cimentación se hace en previsión de cualquiera de los siguientes fenómenos:

- Penetración del material del cuerpo del rompeolas o del terraplén de apoyo del muro vertical en capas suaves del fondo.
- Inestabilidad de la obra por deslizamientos parciales o totales producidos por el peso propio de la obra.
- Asentamientos diferenciales de partes de la obra, pudiendo llegar al punto de falla.
- Problemas de socavación de oleaje al pie del talud de la obra.

La información necesaria se obtiene siguiendo los métodos usuales empleados en mecánica de suelos.

Diseño de rompeolas de talud

El diseño de un rompeolas de talud se realiza generalmente por etapas. Inicialmente, se hace un dimensionamiento general de diversas alternativas de sección transversal, en especial en lo que se refiere al tipo de elementos a usar en la coraza, sean naturales o artificiales. Para este diseño preliminar pueden emplearse cualquiera de las distintas fórmulas publicadas, de las cuales la más usada es la de Hudson

$$W = \frac{1}{K_D \ \mathrm{ctg}\,\alpha} \quad \frac{H^3 \ \rho_s}{\left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1\right)^3}$$

W = peso de un elemento de la coraza (ton)

H = altura de ola de diseño (m)

ρ_s = peso específico del material de coraza (ton/m^3)

ρ_w = peso específico del agua de mar (ton/m^3)

K_D = factor adimensional que varía con la forma, rugosidad, redondez y grado de trabazón de los elementos de coraza.

$\mathrm{ctg}\,\alpha$ talud de la coraza (máximo aceptable 1:1.5)

En el cuadro siguiente se dan valores usuales de K_D, y se acompañan ejemplos de elementos artificiales. Igualmente se incluyen varias de las fórmulas empleadas para el diseño de este tipo de estructuras.

Unidades	No.	Colocación	K_D Hudson Ola rota	K_D Hudson Ola no rota	Pendiente Ctg. α
Roca	2	arrojado	3.5	4	1:5 a 3
"	3	arrojado	3.9	4.5	1:5 a 3
Tetrápodo	2	arrojado	7.2	8.3	1:5 a 3
Cuadrípodo	2	arrojado	7.2	8.3	1:5 a 3
Tribar	2	arrojado	9	10.4	1:5 a 3
"	1	colocada	12	15	1:5 a 3
Dolos	2	arrojado	22	25	1 a 2
Stabit	2	arrojado	8	9	1 a 2
Cúbicos	2	arrojado	6.8	7.8	1 a 2
Hexápodo	2	arrojado	8.2	9.5	1 a 2
Mexápodo	2	colocados	29	30	1 a 2
	2	arrojados	21	22	1 a 2
Dinosauro	1	arrojado	29	30	1 a 2

El dimensionamiento del resto de los elementos y características principales puede hacerse siguiendo el procedimiento sugerido por el Coastal Engineering Research Center (1).

---

(1) U.S. Army Corps of Engineers. Shore Protection Planning and Design. CERC.

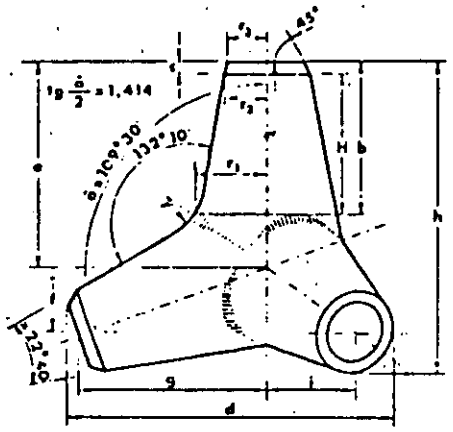
En esta fórmula, la altura de ola que normalmente se usa co--- rresponde a la ola significante de una cierta tormenta real o hipotética dada, considerando que, si se trata de que la ola - no rompa sobre la estructura, será la mayor ola que llegaría - a ella y si rompe sería la mayor que rompería sobre la obra. - Sin embargo, en esta, como en otras fórmulas empíricas, el peso de elementos obtenidos supone que con olas de ese tamaño la estructura no sufre ningún daño.

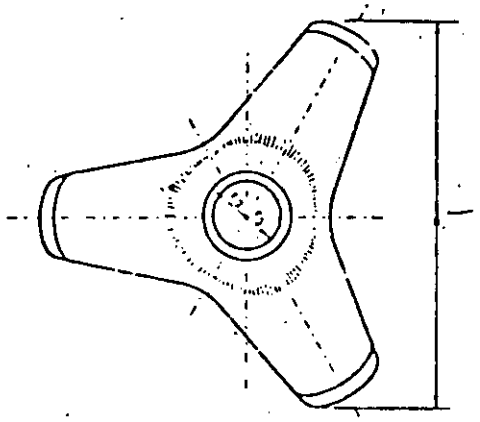
Por otro lado, otras dimensiones importantes, como son la altura de la obra y el ancho de la corona, obtenidas también a base de formas empíricas de cálculo, dejan totalmente a juicio - del proyectista los márgenes de seguridad que deban adoptarse sobre estos valores sin mayores consideraciones sobre los efectos que ello tendría en la operatividad de la obra o en su costo.

Muros verticales

Estos muros funcionan con el principio de reflejar la energía del oleaje, consecuentemente, desde este punto de vista, su - ubicación debe hacerse en profundidades tales que el oleaje de diseño efectivamente se refleje y no rompa sobre la obra. Ello significa que la profundidad de desplante no será menor que - 1.2 a 1.5 veces la altura de la ola de diseño. Por otro lado

CARACTERISTICAS DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS ESPECIALES QUE PUEDEN INTEGRAR EL MANTO PRINCIPAL.

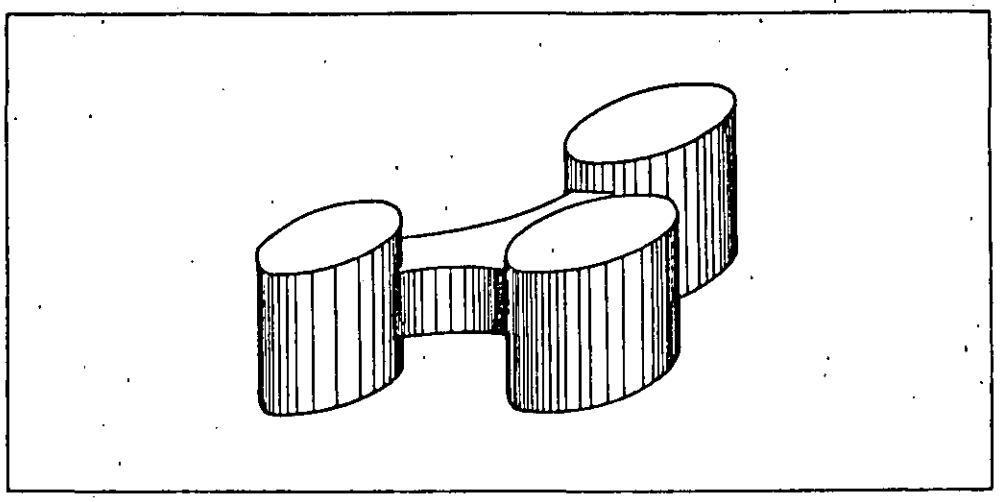




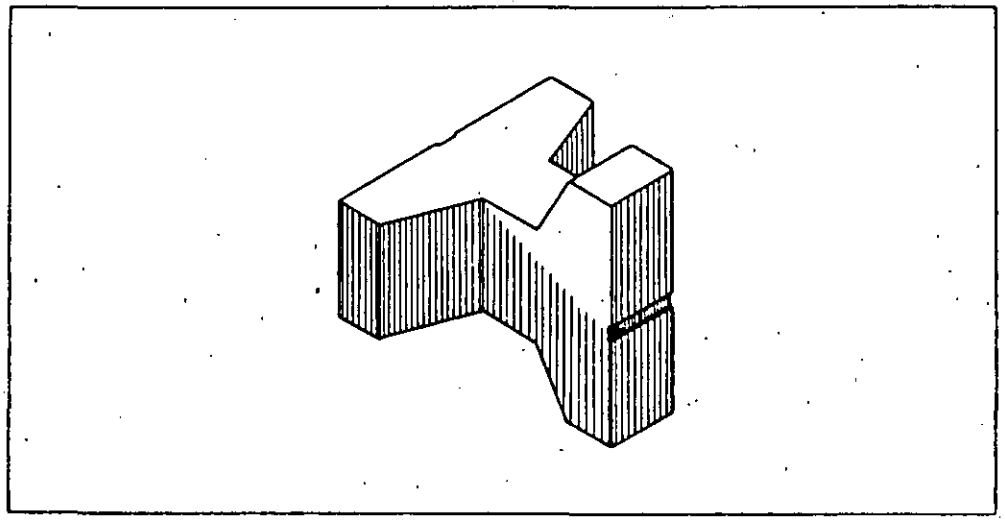
Volum. m³	Peso nomin	h	Dimensiones a	Dimensiones s	r_1	r_2	r_3	H	b	c	r recom	r min.	e	f	g	i
0.1	0,25	710	775	850	170	125	60	315	340	25	120	55	455	155	440	220
0.2	0.5	900	975	1050	215	155	100	410	435	35	150	80	555	195	550	275
0.4	1	1150	1250	1350	270	170	125	560	545	45	190	105	745	245	700	350
0.8	2	1420	1550	1700	340	210	155	690	685	55	235	130	930	310	850	440
1.6	4	1790	1950	2140	425	265	195	795	865	70	300	165	1170	390	1100	550
3.2	8	2260	2460	2700	540	335	245	1005	1095	90	375	210	1475	490	1390	695
4	10	2430	2650	2910	580	360	265	1080	1175	95	405	225	1590	530	1500	750
5	12,5	2620	2850	3130	625	390	285	1165	1270	105	435	240	1710	570	1610	805
6.3	16	2830	3085	3390	675	420	310	1260	1370	110	470	260	1850	615	1740	870
8	20	3060	3340	3665	730	455	335	1365	1485	120	510	280	2000	665	1880	945
10	25	3300	3595	3950	785	490	360	1470	1600	130	550	305	2155	720	2030	1015
12.5	32	3550	3870	4250	845	530	390	1590	1720	140	590	325	2320	775	2190	1095
16	40	3860	4025	4620	920	575	420	1715	1870	155	645	355	2520	840	2380	1190
20	50	4155	4530	4975	990	620	455	1850	2015	165	695	380	2715	905	2560	1280

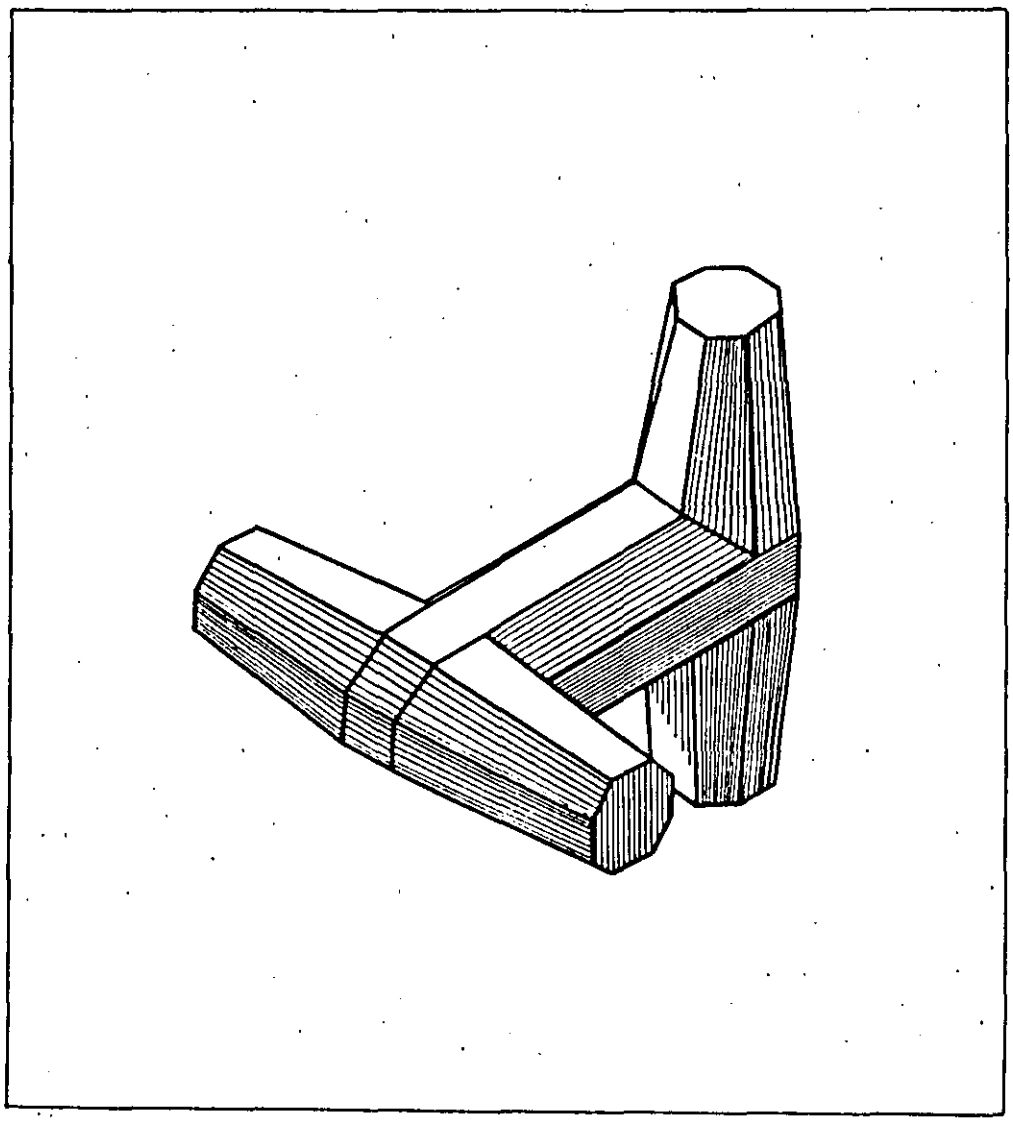
Dimensiones (en m.m.) y peso (en Tons) de los "Tetrapodos" (Sotramer)

El tribar está compuesto por tres cilindros unidos por brazos radiales.



El akmon podemos asimilarlo a una doble T girada una de las alas 90° respecto a la otra





DOLO

PAIS Autores	FORMULAS GENERALES	FIGURA	
		Aplicaciones numéricas	$f(\alpha) =$
España:			
Castro	$W = \dfrac{0{,}704}{(\text{cotg}\,\alpha + 1)^2 \cdot \sqrt{\text{cotg}\,\alpha - \dfrac{2}{\rho s}}} \cdot \dfrac{H^3 \cdot \rho s}{\left(\dfrac{\rho s}{\rho w} - 1\right)^3}$	$\rho s = 2{,}65$	$\dfrac{0{,}704}{(\text{cotg}\,\alpha + 1)^2 \cdot \sqrt{\text{cotg}\,\alpha - 0{,}754}}$
Iribarren*	$W = \dfrac{K}{(\cos\alpha - \sin\alpha)^3} \cdot \dfrac{H^3 \cdot \rho s}{\left(\dfrac{\rho s}{\rho w} - 1\right)^3}$	$K = 0{,}023$ (para $d < 0{,}06\ L$)	$\dfrac{0{,}023}{(\cos\alpha - \sin\alpha)^3}$
Iribarren**	$W = \dfrac{K}{(\mu\cos\alpha - \sin\alpha)^3} \cdot \dfrac{H^3 \cdot \rho s}{\left(\dfrac{\rho s}{\rho w} - 1\right)^3}$	$K = 0{,}43$ $\mu = 2{,}38$	$\dfrac{0{,}43}{(2{,}38\cos\alpha - \sin\alpha)^3}$
Estados Unidos:			
Mathews (no publicada)	$W = \dfrac{0{,}0149}{(\cos\alpha - 0{,}75\sin\alpha)^2} \cdot \dfrac{H^2 \cdot T \cdot \rho s}{\left(\dfrac{\rho s}{\rho w} - 1\right)^3}$	$T = 2{,}5\ H$	$\dfrac{0{,}03725}{(\cos\alpha - 0{,}75\sin\alpha)^2}$
Epstein and Tyrrel	$W = \dfrac{K}{(\mu - \text{tg}\,\alpha)^3} \cdot \dfrac{H^3 \cdot \rho s}{\left(\dfrac{\rho s}{\rho w} - 1\right)^3}$	–	–
Hickson and Rodolf	$W = \dfrac{0{,}0162}{\text{tg}^3\left(45° - \dfrac{\alpha}{2}\right)} \cdot \dfrac{H^2 \cdot T \cdot \rho s}{\left(\dfrac{\rho s}{\rho w} - 1\right)^3}$	$T = 2{,}5\ H$	$\dfrac{0{,}0405}{\text{tg}^3\left(45° - \dfrac{\alpha}{2}\right)}$
Hudson	$W = \dfrac{1}{K_D \cdot \text{cotg}\,\alpha} \cdot \dfrac{H^3 \cdot \rho s}{\left(\dfrac{\rho s}{\rho w} - 1\right)^3}$	$K_D = 3{,}2$ (para 0-1 % daño) $K_D = 15{,}9$ (para 30-60 % daño)	$\dfrac{1}{3{,}2\,\text{cotg}\,\alpha}$ * $\dfrac{1}{15{,}9\,\text{cotg}\,\alpha}$ **
Francia:			
Larras	$W = \dfrac{K \cdot \left[\dfrac{\dfrac{2\pi H}{L}}{\sinh \cdot \dfrac{4\pi Z}{L}}\right]^D}{(\cos\alpha - \sin\alpha)^3} \cdot \dfrac{H^3 \cdot \rho s}{\left(\dfrac{\rho s}{\rho w} - 1\right)^3}$	$K = 0.0152$ con: $Z = \dfrac{H}{2}$ y $\dfrac{H}{L} < \sim 0{,}1$	$\dfrac{0.0152}{(\cos\alpha - \sin\alpha)^3}$
Beaudevin	$W = K \cdot Ks \dfrac{1}{\text{cotg}\,\alpha - 0{,}8} - 0{,}15 \cdot \dfrac{H^3 \cdot \rho s}{\left(\dfrac{\rho s}{\rho w} - 1\right)^3}$	$K = 0{,}10$ $Ks = 2{,}5$	$0.25\left(\dfrac{1}{\text{cotg}\,\alpha - 0{,}8} - 0{,}15\right)$

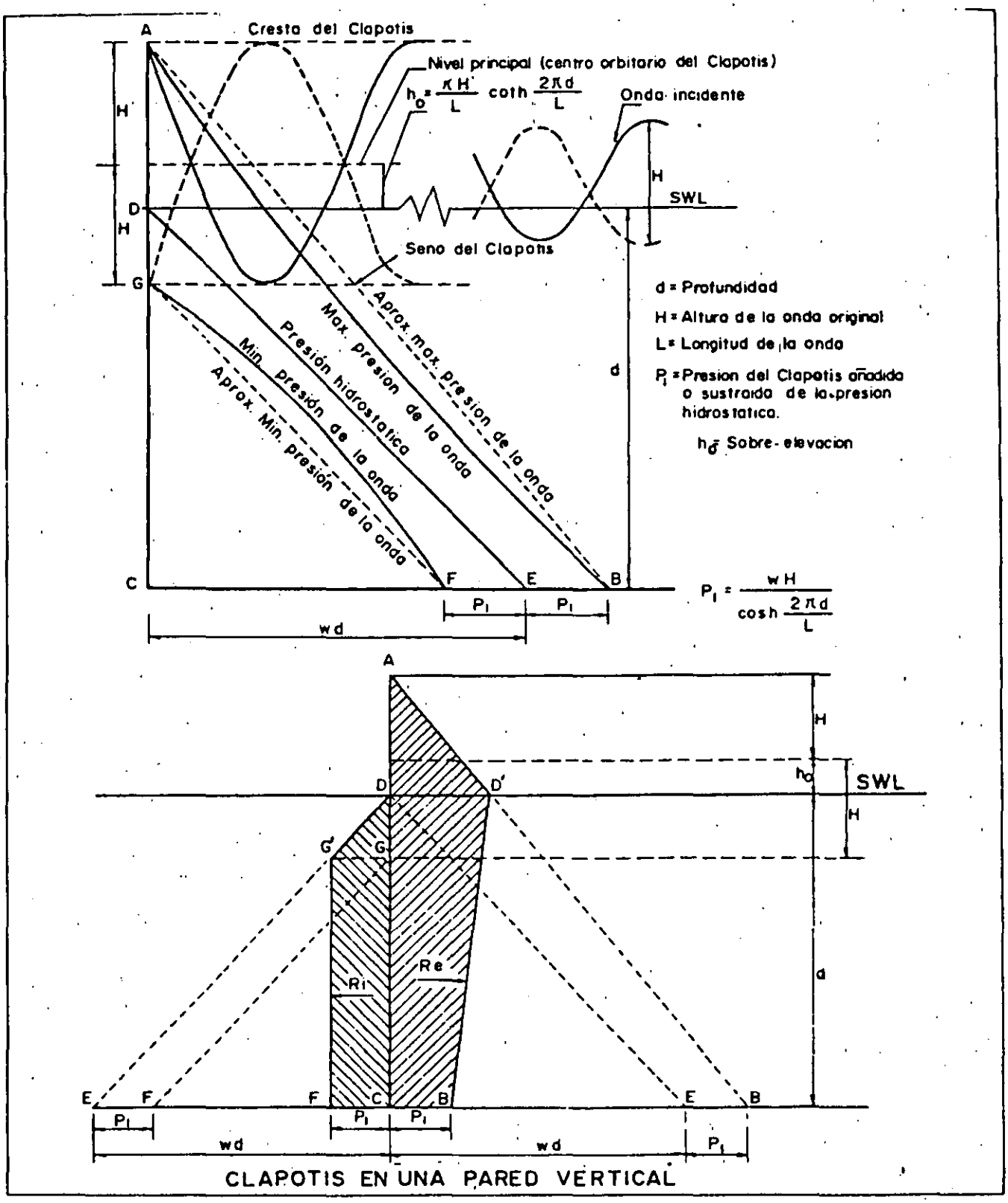
PAIS Autores	FORMULAS GENERALES	FIGURA	
		Aplicaciones numéricas	$f(\alpha) =$
Suecia:			
Hedar*	$W = \frac{K}{(\cos\alpha - \sin\alpha)^3} \cdot \frac{H^3 \cdot \rho s}{\left(\frac{\rho s}{\rho w} - 1\right)^3}$	$K = 0{,}015$	$\frac{0{,}015}{(\cos\alpha - \sin\alpha)^3}$
Hedar**	$W = \frac{K \cdot K_1^3}{(\mu \cos\alpha - \sin\alpha)^3} \cdot \frac{H^3 \cdot \rho s}{\left(\frac{\rho s}{\rho w} - 1\right)^3}$ con: $K_1 = K_1$ (α: núcleo de permeabilidad) y $\alpha > \sim 15°$	$K = 0{,}1113 \cdot 10^3$ $\mu = 1{,}11$ núcleo permeable: $K_1(15°) = 7{,}44$ $K_1(20°) = 7{,}48$ $K_1(25°) = 6{,}36$ $K_1(30°) = 5{,}30$ $K_1(35°) = 4{,}20$ $K_1(40°) = 3{,}00$* $K_1(45°) = 1{,}40$* *extrapolación	$\frac{0{,}1113 \cdot 10^3 \cdot K_1^3}{(1{,}11 \cos\alpha - \sin\alpha)^3}$
Noruega:			
Svee	$W = \frac{K}{\cos^3\alpha} \cdot \frac{H^3 \cdot \rho s}{\left(\frac{\rho s}{\rho w} - 1\right)^3}$	$K = 0{,}12$	$\frac{0{,}12}{\cos^3\alpha}$
URSS:			
SN-92-60	$W = \frac{K}{\sqrt{1 + \cot g^3\alpha}} \cdot \frac{H^2 \cdot L \cdot \rho s}{\left(\frac{\rho s}{\rho w} - 1\right)^3}$	$K = 0{,}025$ $L = 20\ H$	$\frac{0{,}5}{\sqrt{1 + \cot g^3\alpha}}$
Rybtchevsky	$W = \frac{K}{\cos^3\alpha \cdot \sqrt{\cot g^3\alpha}} \cdot \frac{H^2 \cdot L \cdot \rho s}{\left(\frac{\rho s}{\rho w} - 1\right)^3}$	$K = 0{,}015$ $L = 20\ H$	$\frac{0{,}3}{\cos^3\alpha \cdot \sqrt{\cot g^3\alpha}}$
Metelicyna	$W = \frac{K \cdot Ks}{\cos^3(23° + \alpha)} \cdot \frac{H^3 \cdot \rho s}{\left(\frac{\rho s}{\rho w} - 1\right)^3}$	$K = 0.025$ $Ks = 1{,}5$	$\frac{0.0375}{\cos^3(23 + \alpha)}$
Goldschtein y Kononenko	$W = 0{,}3 \cdot K \cdot tg^{1{,}83}\alpha \cdot \frac{H^3 \cdot \rho s}{\left(\frac{\rho s}{\rho w} - 1\right)^3}$	$K = 1{,}4$ (para: $H < 5$ m)	$0{,}42\ tg^{1{,}23}\alpha$

desde el punto de vista económico, estas obras tienen la ventaja sobre las de talud de requerir menores volúmenes de obra a medida que la profundidad aumenta; en cambio, tienen como principal inconveniente, su rigidez, que ocasiona que las fallas en ellas sean totales. Requieren también de excelentes condiciones de cimentación que aseguren el que no haya asentamientos que podrían conducir a su colapso, por ello generalmente se desplantan sobre una base de enrocamiento que amplía el área de distribución de la carga sobre el fondo natural que por otra parte debe ser compacto pues de no ser así o no se recomienda el uso de muros verticales o requiere de medidas adicionales como sustitución de las capas blandas o de cualquier otro procedimiento para garantizar la capacidad de sopo-te necesaria.

El diseño de los muros verticales se hace con el método de Sainflou cuyos diagramas de presiones y ábacos de cálculo se proporcionan en las hojas siguientes.

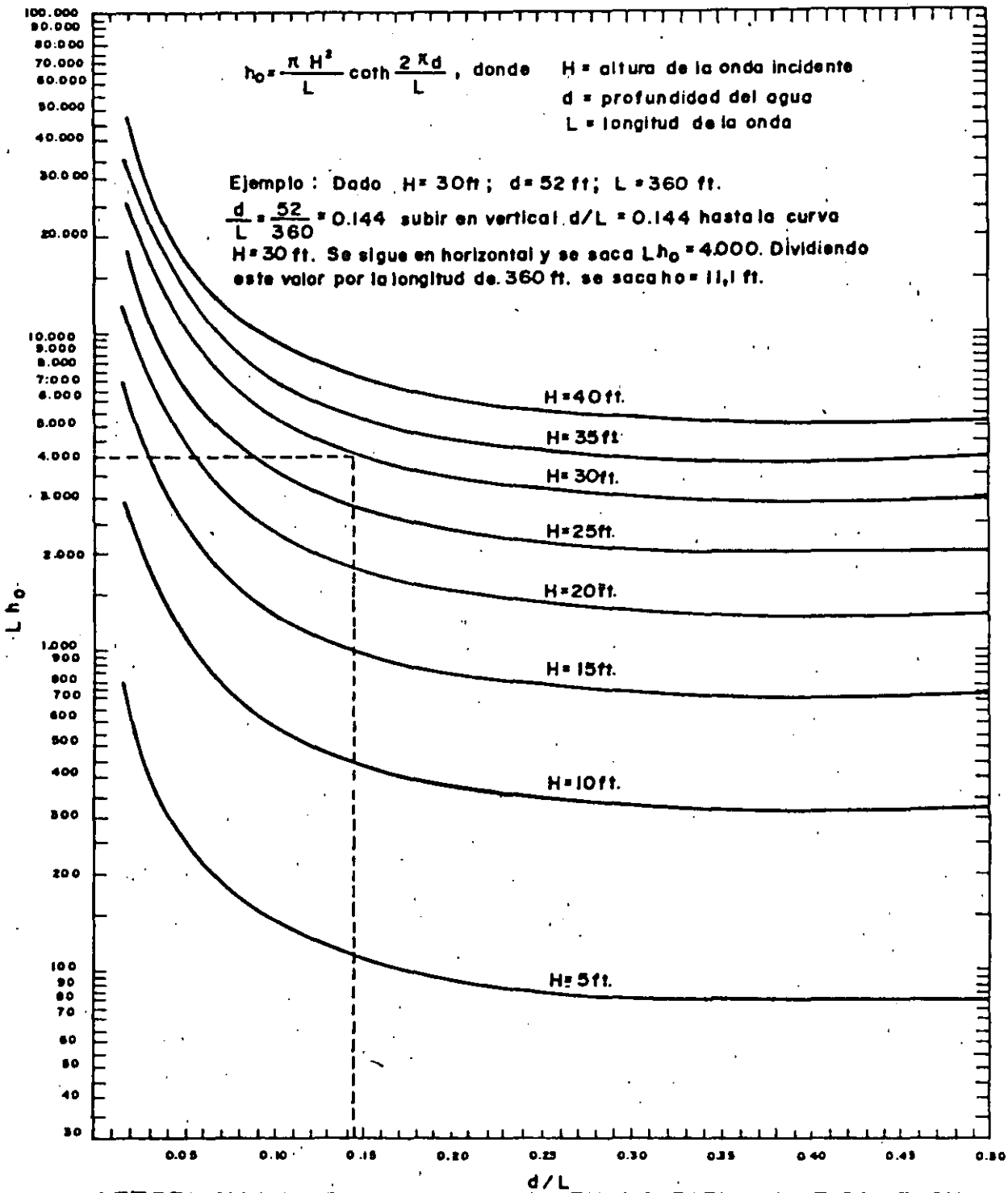
En este caso, la altura de ola de diseño no es la ola significante sino la $H_1/10$.

Calculadas las distintas fuerzas actuantes se definirán el momento de volteamiento y la subpresión para oponer a ellos las fuerzas resistentes y definir la carga sobre la cimentación,

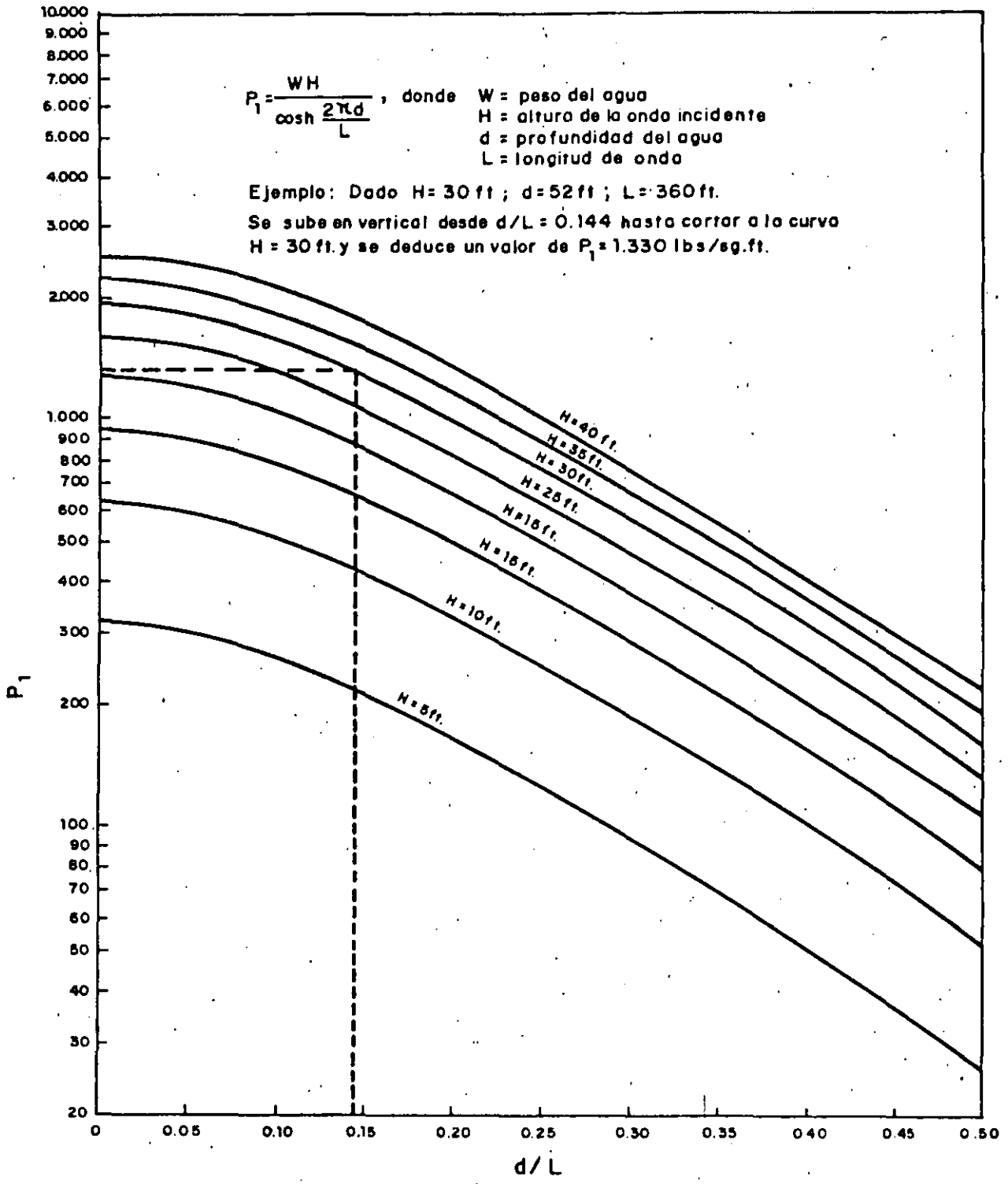


CLAPOTIS EN UNA PARED VERTICAL

ABACOS DEL METODO DE SAINFLOU.

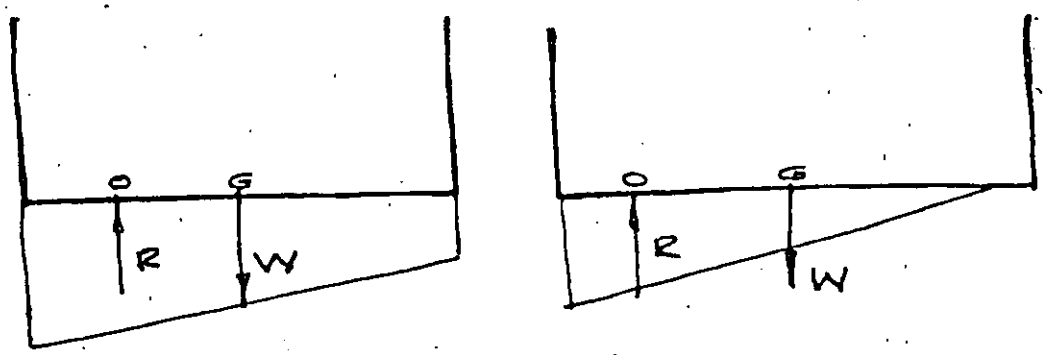


DETERMINACION DEL VALOR DE ho EN LA FORMULA DE SAINFLOU



DETERMINACION DEL VALOR DE P_1 EN LA FORMULA DE SAINFLOU

para esto último se tendrán las siguientes posibilidades



$$W \times \overline{OG} = M$$

Si $\frac{M}{W} < \frac{1}{6}$ se tendrá una repartición trapezoidal.

Si $\frac{M}{W} > \frac{1}{6}$ se tendrá una repartición triangular.

La fatiga máxima admisible es de 5 kg/cm^2. Los coeficientes de seguridad recomendables son:

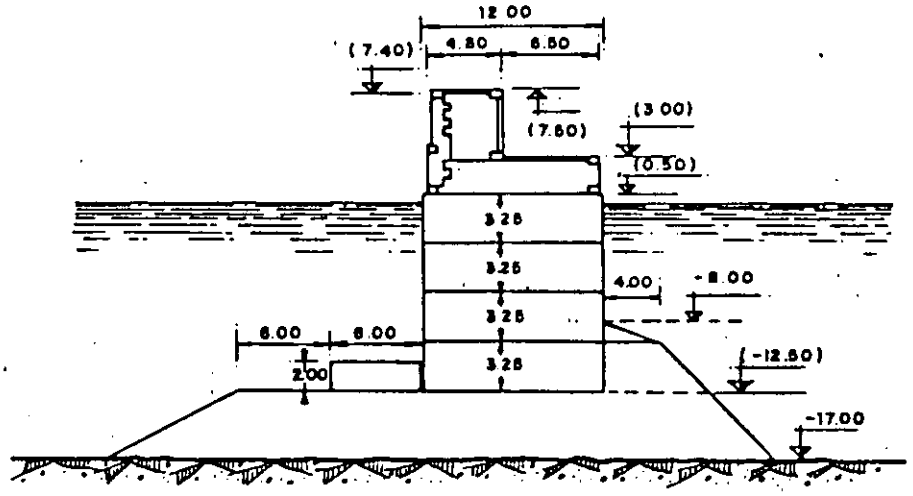
Para el deslizamiento longitudinal

$$F.\ S_D = 1.5$$

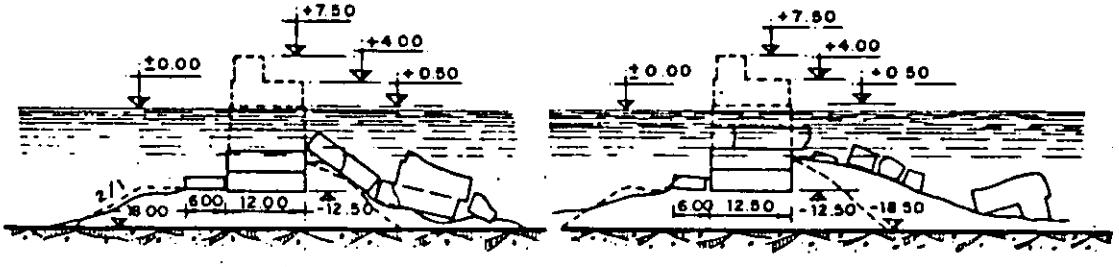
$$F.\ S_V = 2$$

El coeficiente de fricción entre el muro y la cimentación se supone igual a 0.5

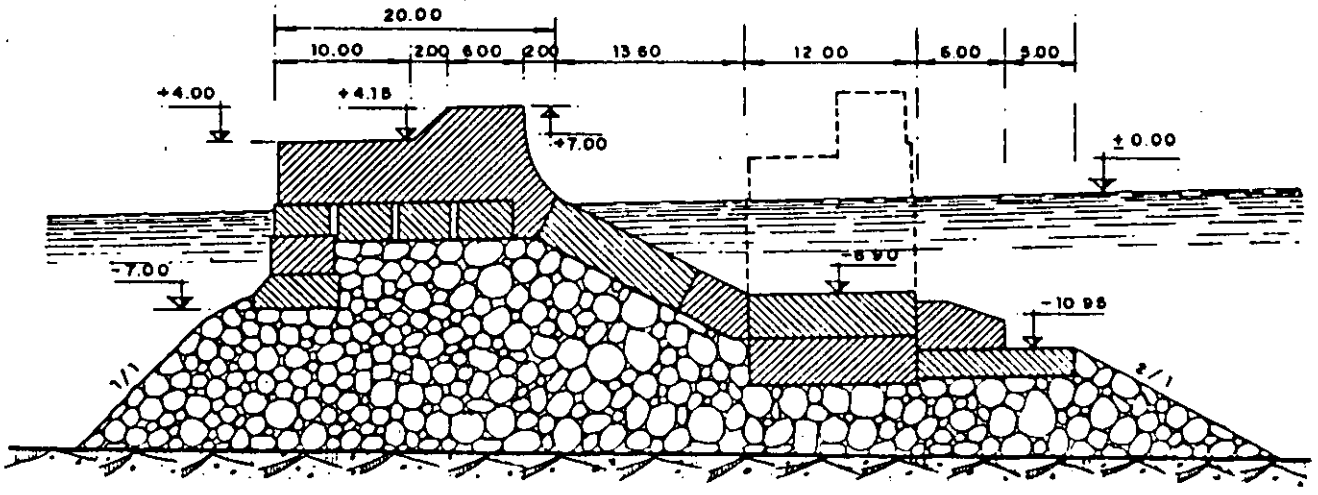
En las figuras siguientes se presentan ejemplos de fallas de - muros verticales.



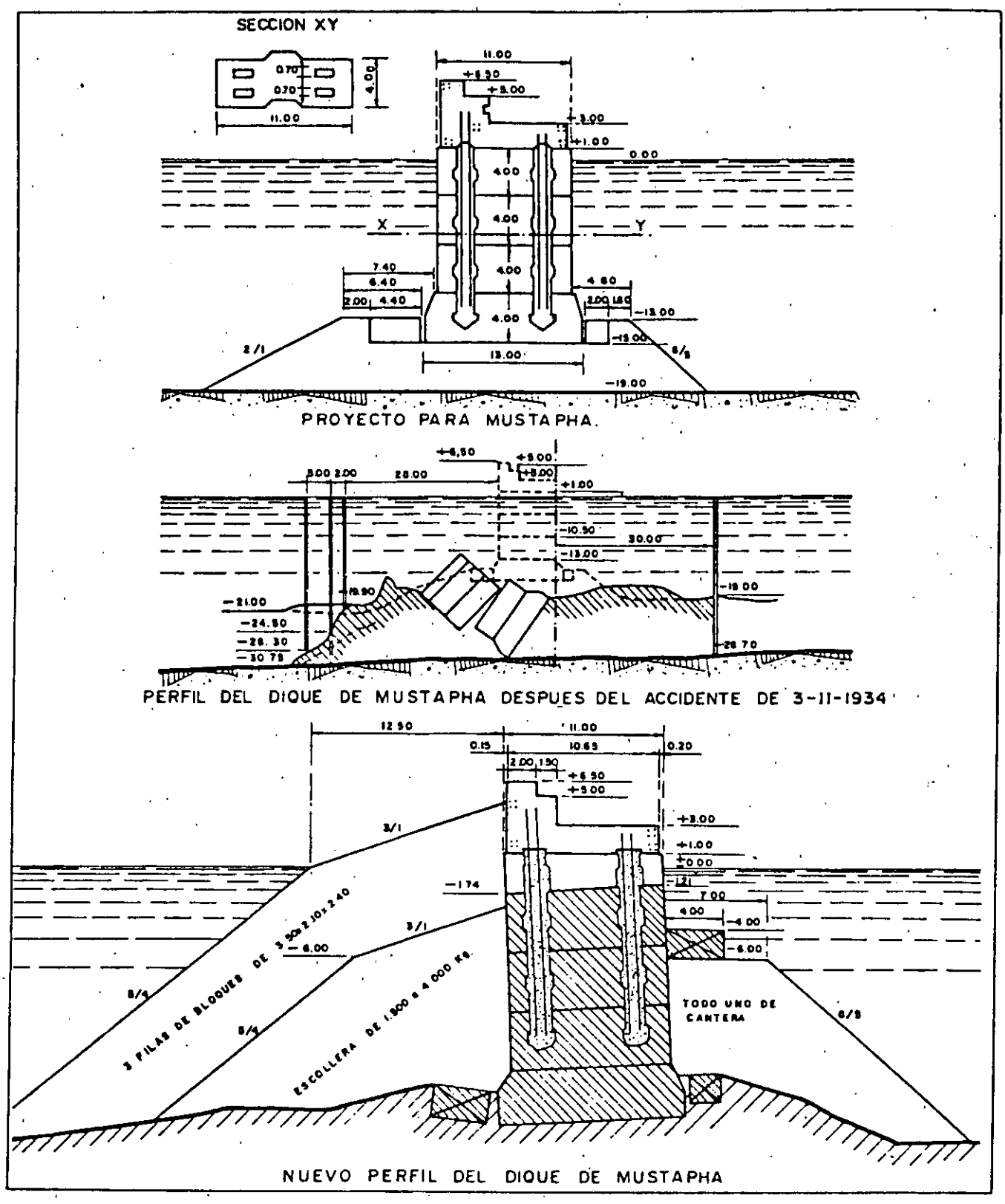
PERFIL PRIMITIVO DEL DIQUE DE CATANE



PERFILES DEL DIQUE DE CATANE DESPUES DEL TEMPORAL DE 26 MARZO 1933



PERFIL RECONSTRUIDO DEL NUEVO DIQUE DE CATANE


SECCION XY
11.00
4.00
0.70
0.70
+6.50
+5.00
+3.00
+1.00
0.00
X
Y
7.40
6.40
2.00
4.40
4.60
2.00
1.60
-13.00
-15.00
2/1
6/5
13.00
-19.00
PROYECTO PARA MUSTAPHA.
+6.50
+5.00
+3.00
+1.00
28.00
-10.50
30.00
-13.00
-21.00
-19.90
-19.00
-24.50
-26.30
-30.75
-26.70
PERFIL DEL DIQUE DE MUSTAPHA DESPUES DEL ACCIDENTE DE 3-11-1934
12.50
11.00
0.15
10.65
0.20
2.00
1.50
+6.50
+5.00
+3.00
+1.00
+0.00
3/1
-1.74
7.00
4.00
-4.00
-6.00
3/1
6/5
6/5
3 FILAS DE BLOQUES DE 3.50x2.10x2.40
ESCOLLERA DE 1.500 a 4.000 Kg.
TODO UNO DE CANTERA
6/5
NUEVO PERFIL DEL DIQUE DE MUSTAPHA

Nuevas consideraciones sobre la acción del oleaje sobre rompeolas

De nuevos ensayos y observaciones en la naturaleza se ha encontrado que, no es siempre la ola máxima la que ejerce la fuerza máxima y causa el daño máximo, sino más bien, una cierta sucesión de olas. Igualmente, se ha observado que la mayoría de los daños ocurren al final de las tormentas cuando se presentan olas menos altas pero más largas. Igualmente, se ha puesto en evidencia la importancia del periodo del oleaje, así como la diferencia entre el ascenso y descenso del oleaje. Este último efecto, genera presiones hidrostáticas que incrementan la inestabilidad de los elementos de la coraza, de aquí, que, desde el punto de vista estructural, el procedimiento de diseño que se propone ahora como recomendable es el siguiente:

a) Establecer un diseño preliminar basado en evaluaciones técnico económicas simples, que incluyan consideraciones sobre: disponibilidad de materiales del tamaño adecuado, posibilidades de manejo y construcción.

b) Analizar un cierto número de espectros de oleaje del sitio, basados en estadísticas de corto y largo plazos; igualmente, examinar eventos extremos. Se deberá poner especial atención a trenes de oleaje de periodos regulares. Los periodos más peligrosos, generalmente, ocurren en el intervalo de 9 a 12 segundos.

c) Examen del parámetro $\xi = \dfrac{tg\ \alpha}{\sqrt{\dfrac{H}{Lo}}}$

donde: α = ángulo del talud

H = altura de la ola frente a la obra

Lo = longitud en aguas profundas

en relación con el alcance de la ola sobre el talud de la obra.

d) Con base en los análisis b y c hacer un cálculo preliminar por una parte, con cualquiera de las fórmulas de diseño existentes, del tamaño de un elemento de coraza y por otra, considerando el efecto de la esbeltez del oleaje y los valores reales del parámetro ξ, modificando α para evitar las pendientes peligrosas, sin olvidar, desde luego, la economía de la obra.

e) La altura de coronamiento debe establecerse a un nivel que considere: la frecuencia de rebase, que depende del factor ξ, y de la estabilidad del coronamiento en condiciones de rebase. En este sentido, es recomendable usar para el coronamiento el mismo tamaño de elementos para la cara expuesta de la coraza. El ancho de la corona se determina, generalmente, por razones prácticas de construcción.

f) Los resultados deberán verificarse con ensayos en modelos hidráulicos con oleaje regular, considerando las combinacio

nes de T, H y α particularmente peligrosas para la estabilidad. Si es posible, usar oleaje irregular que incluya tormentas "normales" y extremas, así como el pico y la fase decreciente de ellas.

Diseño óptimo

Ha quedado establecido que:

- Es recomendable que el diseño estructural de obras de protección contra el oleaje se haga con el régimen de oleaje extraordinario.

Ahora, debe señalarse que este régimen no indica cuál deberá ser la altura de ola de diseño sino simplemente la probabilidad de que se excedan en un año las tormentas consideradas. Así entonces, el criterio de selección lleva a disyuntivas sobre la tormenta de diseño o lo que es lo mismo, el periodo de retorno de esa tormenta.

Criterio de riesgo

Partiendo de la consideración de que la probabilidad de que por lo menos una vez exista una tormenta mayor en el lapso L está dada por la expresión:

$$E_1 = 1 - F(Hs)^L$$

F (Hs) = probabilidad de que una tormenta que genere olas de altura Hs no se exceda.

L = número de años considerados

y que el periodo de retorno se define como:

$$\overline{T}_1 = \frac{1}{1 - F(Hs)}$$

La ecuación que da el riesgo será:

$$E_1 = 1 - (1 - \frac{1}{\overline{T}_1})^L$$

Los cuadros 1 y 2 presentan los valores de E_1 (X) en función de $\overline{T}_1$(X) y L y de $\overline{T}_1$(x) en función de E_1(X) y L.$\overline{T}_1$(X).

Los elementos anteriores, permiten el que conocidos el régimen de oleajes extraordinarios y la vida útil de la obra, si se admite un nivel de riesgo, se conocería la tormenta máxima admisible. De aquí entonces que el problema radique en fijar ese nivel de riesgo, lo cual estará fundado en consideraciones de tipo económico y operativo. Lo anterior, obliga a plantear una metodología adicional y complementaria al diseño estructural puro. Los elementos básicos se presentan enseguida.

CUADRO 1

Período de retorno, T_1, en función de la vida previsible, L, y la probabilidad de encuentro o riesgo, E_1 · $\left(E_1 = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^L\right)$

L \ E_1	0,02	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,70
1	50	20	10	7	5	3	3	2	1
2	99	39	19	13	9	6	4	3	2
3	149	59	29	19	14	9	6	5	3
4	198	78	38	25	18	12	8	6	4
5	248	98	48	31	23	15	10	8	5
6	297	117	57	37	27	17	12	9	6
7	347	137	67	44	32	20	14	11	6
8	396	156	76	50	36	23	16	12	7
9	446	176	86	56	41	26	18	13	8
10	495	195	95	62	45	29	20	15	9
12	594	234	114	74	54	34	24	18	10
14	693	273	133	87	63	40	28	21	12
16	792	312	152	99	72	45	32	24	14
18	892	351	171	111	81	51	36	26	15
20	990	390	190	124	90	57	40	29	17
25	1238	488	238	154	113	71	49	37	21
30	1485	585	285	185	135	85	59	44	25
35	1733	683	333	216	157	99	69	51	30
40	1981	780	380	247	180	113	79	58	34
45	2228	878	428	277	202	127	89	65	38
50	2475	975	475	308	225	141	98	73	42

L y T_1 están referidos a las mismas unidades de tiempo.

CUADRO 2

Probabilidad de encuentro o riesgo, E_1, en función de la vida previsible, L, y del período de retorno, $\overline{T}_1$ · $\left(E_1 = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_1}\right)^L\right)$

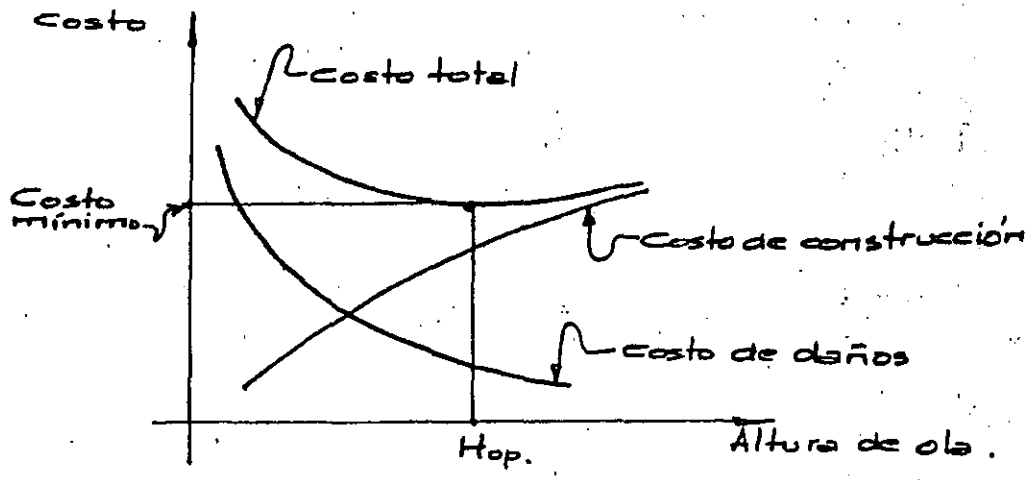
L \ $\overline{T}_1$	5	10	15	20	25	30	40	50	60
1	0.200	0.100	0.067	0.050	0.040	0.033	0.025	0.020	0.017
2	0.360	0.190	0.129	0.098	0.078	0.066	0.049	0.040	0.033
3	0.488	0.271	0.187	0.143	0.115	0.097	0.073	0.059	0.049
4	0.590	0.344	0.241	0.185	0.151	0.127	0.096	0.078	0.065
5	0.672	0.410	0.292	0.226	0.185	0.156	0.119	0.096	0.081
6	0.738	0.469	0.339	0.265	0.217	0.184	0.141	0.114	0.096
7	0.790	0.522	0.383	0.302	0.249	0.211	0.162	0.132	0.111
8	0.832	0.570	0.424	0.337	0.279	0.238	0.183	0.149	0.126
9	0.866	0.613	0.463	0.370	0.307	0.263	0.204	0.166	0.140
10	0.893	0.651	0.498	0.401	0.335	0.288	0.224	0.183	0.155
12	0.931	0.718	0.563	0.460	0.387	0.334	0.262	0,215	0.183
14	0.956	0.771	0.619	0.512	0.435	0.378	0.298	0.246	0.210
16	0.972	0.815	0.668	0.560	0.480	0.419	0.333	0.276	0.236
18	0.982	0.850	0.711	0.603	0.520	0.457	0.366	0.305	0.261
20	0.988	0.878	0.748	0.642	0.558	0.492	0.397	0.332	0.285
25	0.996	0.928	0.822	0.723	0.640	0.572	0.469	0.397	0.343
30	0.999	0.958	0.874	0.785	0.706	0.638	0.532	0.455	0.396
35	0.999+	0.975	0.911	0.834	0.760	0.695	0.588	0.507	0.445
40	0.999+	0.985	0.937	0.871	0.805	0.742	0.637	0.554	0.489
45	0.999+	0.991	0.955	0.901	0.841	0.782	0.680	0.597	0.531
50	0.999+	0.955	0.968	0.923	0.870	0.816	0.718	0.636	0.568

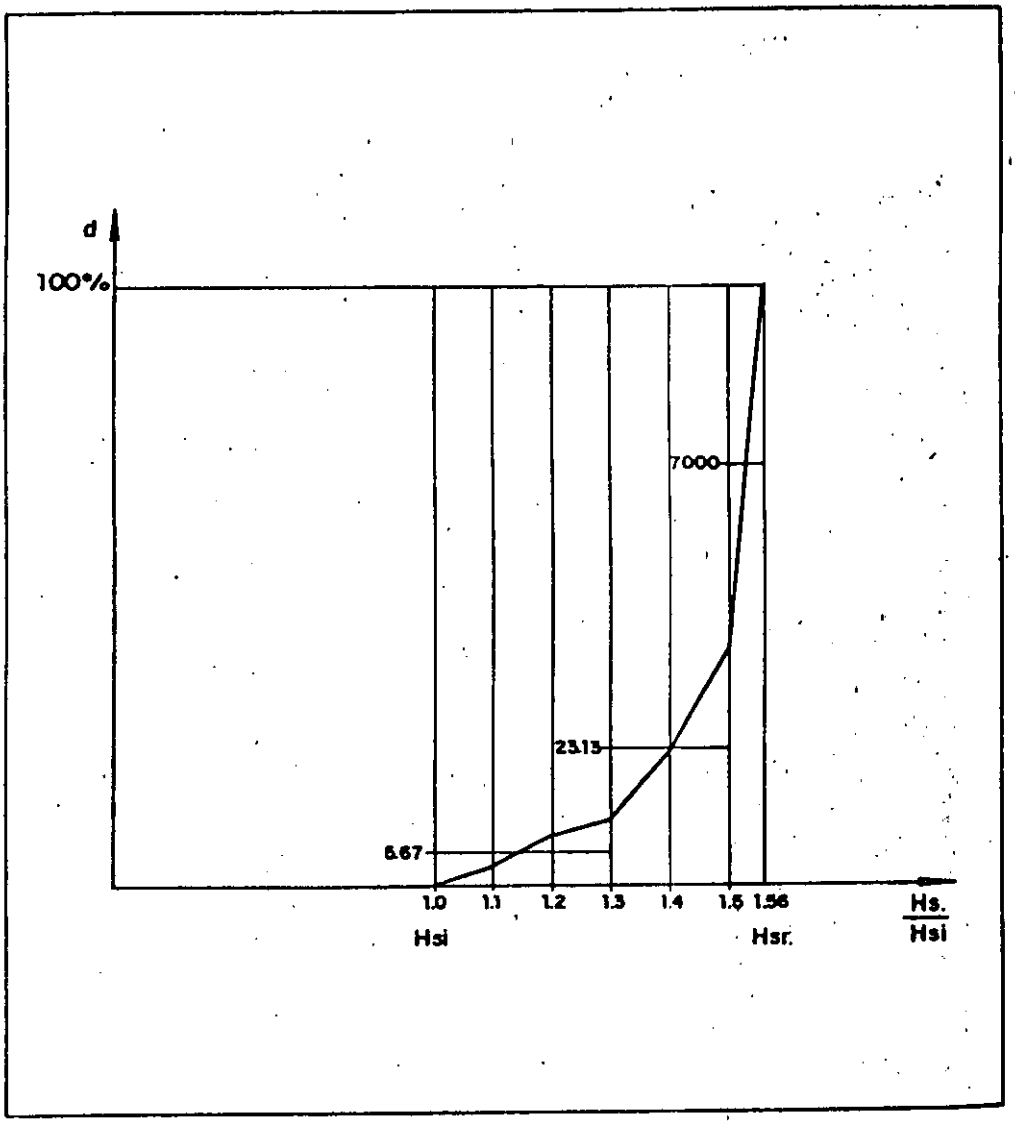
	80	100	120	160	200	250	300	400	500
1	0.012	0.010	0.008	0.006	0.005	0.004	0.003	0.002	0.002
2	0.025	0.020	0.017	0.012	0.010	0.008	0.007	0.005	0.004
3	0.037	0.030	0.025	0.019	0.015	0.012	0.010	0.007	0.006
4	0.049	0.039	0.033	0.025	0.020	0.016	0.013	0.010	0.008
5	0.061	0.049	0.041	0.031	0.025	0.020	0.017	0.012	0.010
6	0.073	0.059	0.049	0.037	0.030	0.024	0.020	0.015	0.012
7	0.084	0.068	0.057	0.043	0.034	0.028	0.023	0.017	0.014
8	0.096	0.077	0.065	0.049	0.039	0.032	0.026	0.020	0.016
9	0.107	0.086	0.073	0.055	0.044	0.035	0.030	0.022	0.018
10	0.118	0.096	0.080	0.061	0.049	0.039	0.033	0.025	0.020
12	0.140	0.114	0.096	0.072	0.058	0.047	0.039	0.030	0.024
14	0.161	0.131	0.111	0.084	0.068	0.055	0.046	0.034	0.028
16	0.182	0.149	0.125	0.095	0.077	0.062	0.052	0.039	0.032
18	0.203	0.165	0.140	0.107	0.086	0.070	0.058	0.044	0.035
20	0.222	0.182	0.154	0.118	0.095	0.077	0.065	0.049	0.039
25	0.270	0.222	0.189	0.145	0.118	0.095	0.080	0.061	0.049
30	0.314	0.260	0.222	0.171	0.140	0.113	0.095	0.072	0.058
35	0.356	0.297	0.254	0.197	0.161	0.131	0.110	0.084	0.068
40	0.395	0.331	0.284	0.222	0.182	0.148	0.125	0.095	0.077
45	0.432	0.364	0.314	0.246	0.202	0.165	0.140	0.107	0.086
50	0.467	0.395	0.342	0.269	0.222	0.182	0.154	0.118	0.095

Diseño económico

Se ha mencionado la posibilidad de que en un cierto diseño se excedan sus condiciones, lo cual se traduciría en averías para la obra. Estas averías pueden referirse a un cierto valor de la altura de la ola H_i a partir de la cual se presentan daños en ella, llegando a ser máximos cuando el valor se excede en un 56%. En la figura siguiente se presenta una gráfica típica de variación del porcentaje de daños con relación a valores que exceden el de la altura de iniciación de los mismos.

Ahora bien, lo anterior puede fácilmente asociarse a una relación costo total de la obra contra altura de la ola, en la que el costo total comprende el de construcción y el de reparación, es evidente que el diseño óptimo correspondería al mínimo de la curva costo total - altura de ola.





CURVA DE DAÑOS

En forma simplificada se ha hablado de los elementos para efectuar este análisis, sin embargo conviene ampliar un poco sobre la forma de evaluar cada uno de los factores involucrados.

El primer elemento es el régimen de oleaje extraordinario. Sobre este particular, la probabilidad de excedencia se calcula con la expresión

$$P_r\ (Hs > Hso) = 1 - P_r\ (Hs \leq Hso)$$

Indicando que el problema principal de este cálculo radica en el establecimiento del tipo de distribución que deba emplearse lo cual a su vez está condicionado a la calidad de la información que se emplee.

A partir de la definición sobre la distribución de oleaje que exceda ciertos periodos de retorno, será posible establecer las características de las secciones transversales correspondientes a cada una de las alturas de ola seleccionadas, definiéndose así el segundo elemento de análisis que es el dimensionamiento de tales secciones transversales, lo cual conduce, en consecuencia, a precisar el costo de construcción de la obra en su conjunto, convenientemente dividida por tramos a fin de dimensionarla racionalmente según la profundidad y altura de ola consecuente.

El siguiente elemento de cálculo es la valuación del costo de los daños. Comprende, por una parte el valor de los daños so--

bre la estructura propiamente dicha, y por otra las pérdidas en los bienes protegidos por la obra. La valuación de los daños sobre la estructura se hace definiendo, el volumen total de la coraza como capa principal y a la porción del mismo que está expuesta a los mayores efectos del oleaje y, consecuentemente a los mayores daños, como capa activa, la cual, según algunos criterios, tiene una longitud expresada por

$$L = 6 \left(\frac{W}{I}\right)^{1/3}$$

lo que equivale a seis veces el lado de un elemento de la coraza asimilado a un cubo equivalente. Se considera daño total, cuando se han desplazado todos los elementos de la primera capa de la coraza en la longitud de la capa activa. En este cálculo hay que tomar en cuenta el porcentaje relativo de daños que representa cada sección analizada respecto del total. Por lo que toca al valor de los bienes protegidos se consideran dos tipos de pérdidas:

- las directas en bienes protegidos por la obra como son muelles, equipo portuario y barcos resguardados, y
- las indirectas que corresponden a las consecuencias posteriores a la falla y que se pueden resumir en las que se derivan de la paralización del puerto hasta que se restablezcan las condiciones mínimas de operación, incluyendo las que se produzcan por la desviación del tráfico del puerto hacia otros

vecinos, y las que se ocasionen por la posible paralización de industrias supeditadas a la operación del puerto.

El último factor a considerar, pero de capital importancia, es la vida útil asignada a la obra. Sobre el particular no hay método ni criterio de cálculo y es sólo el buen juicio del proyectista el que prevalece. No es necesario entrar en mayores análisis, baste simplemente reflexionar que el tiempo que se le asigne incidirá directamente sobre el cálculo del régimen de oleajes extraordinarios. Conviene sin embargo, aclarar que es posible y lógico asignar diferente vida útil a cada una de las partes de los elementos de protección de acuerdo a su función y grado de exposición.

BIBLIOGRAFIA

- U. S. Army Corps of Engineers. Shore Protection Planning and Design. CERC. 1977

- Del Moral, R. y Berenguer Pérez, J.M. Curso de Ingeniería de Puertos y Costas. Ministerio de Obras Públicas de España. Madrid 1980.

- Bruun, Per. Port Engineering. Gulf Publishing Co. 1980.

- Quinn, Alonzo de F. Design and Construction of Ports and Marine Structures. Mc Graw Hill Publishing Co. 1975.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

CURSO: Proyecto y Construccion de Obras Marítimas.
10 al 21 de septiembre de 1984.

TEMAS: Dimensionamiento .
Obras Interiores .
13 y 14 de septiembre de 1984.

SUBTEMA: Terminal de contenedores.

ING. JULIO PINDTER VEGA

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

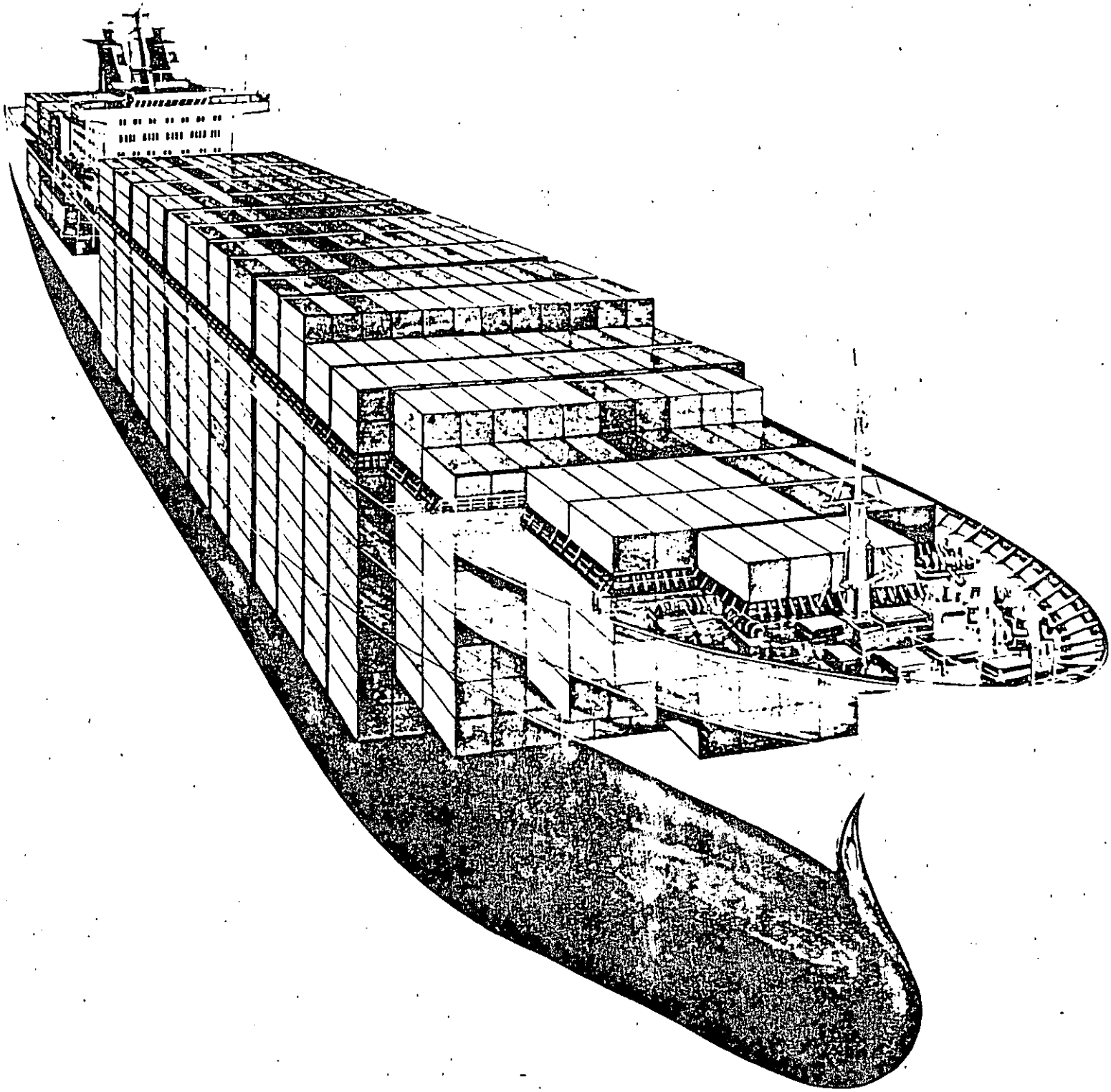


Fig. 4. Large third-generation container ship for up to 3,000 20-ft containers.

TERMINAL DE CONTENEDORES.

ANTECEDENTES:

Los costos elevados en el manejo de carga general fraccionada por los puertos de los países industrializados, principalmente por los altos salarios de estibadores, aunado al gran número de movimientos (25 en promedio a nivel mundial), entre la zona de producción y de consumo, que repercuten en los precios de venta de las mercancias, propiciaron la modificación del sistema tradicional por medio de la unitarización de la carga.

La unitarización de la carga se logró con la adpción de cajas con dimensiones compatibles con los diversos modos de transporte. Aunque los contenedores se bienen usando desde mediados del siglo pasado, por medio de la utilización de cajas de madera de diferentes tamaños para la unitarización de cargas específicas que por su precio y densidad lo ameritan.

Así en 1960 se inicia la utilización en E.U. de los contenedores, las compañias, Sea Trein, Sea Land y Matson, inician el transporte de contenedores de 8' de ancho por 8' de alto y 32, 35 y 24' de largo que cumplian con las normas de transportación via F.C. y carretera. En 1968 la ISO de la ONU fija como contenedores standar los de 20 y 40' de largo de 8' de ancho y 4, 8, 8' 6" y 9' 6" de alto con las dimensiones estandar se logra captar una gran cantidad de la carga general fraccionada sucep tible a unitarizarse bajo este sistema, y permiten cumplir con las normas de carreteras y ferrocarriles de la mayoria de los países.

La compañía Sea-Land continúa con sus contenedores de 35' de largo.

1970: Se inicia el empleo de grúas portico de patio, sobre neumaticos y/o sobre rieles (Transteiner; Trave Lift; Rubber, Rail Gantry Crane), para almacenamiento de contenedores en patio.

1977: Se introduce la 2a. generación de Straddle Carrier, con 8 ruedas y transmisión mecánica por flecha y tres alturas de estiba.

1978: Se inicia el empleo de grúas hidráulicas con pluma telescopica con movimiento en un plano vertical para manejo de contenedores en patio.

1980: Se inicia el manejo de contenedores en México por el puerto de Veracruz, Ver.

1981: Se Establece la Empresa Mexicana de Transporte Intermodal.

1982: Se instalan las primeras grúas portacontenedores en los puertos de Veracruz, Ver., y Lázaro Cárdenas, Mich.

1983: La Compañía Americana President Line, introduce los contenedores de 45' de largo para tráficos especificos entre E.U. y Oriente, permitiendo un aumento del 25% en la capacidad de carga respecto al de 40', para cargas de alto valor y baja densidad. Se introduce Straddle Carrier, con 10 ruedas, transmisión mecánica por flecha y 4 alturas de estiba, que algunos denominan de 3er generación. Este tipo movera equipo para manejo de contenedores, es el que mayor modificaciones a sufrido desde su implantación.

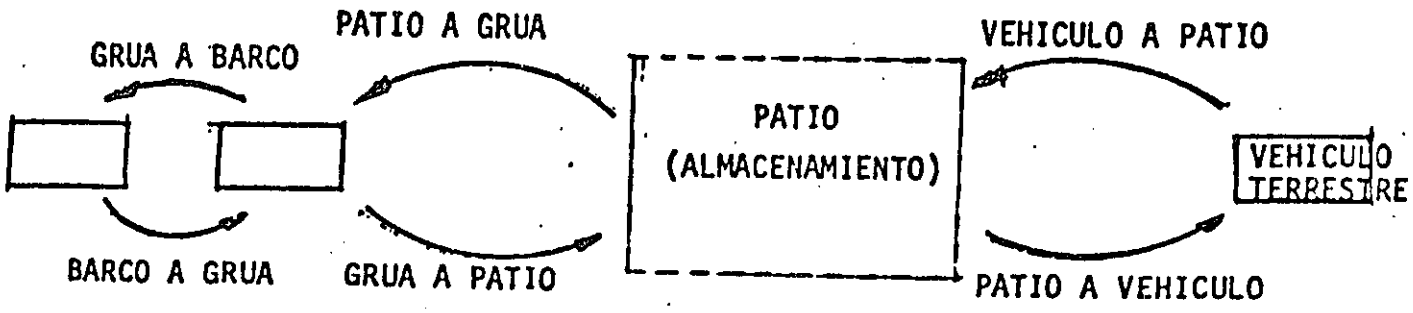
1984: En los E.U. se inicia el agrupamiento de carga en bodegas de consolidación, para formar bloques del total de la capacidad del contenedor, los cuales son introducidos al contenedor por medio de rieles, reduciendo notablemente el costo de consolidación de carga.

Planeación de una terminal de contenedores.

1.- Flujo de carga. Actividades de la terminal.

- Carga/descarga de contenedores.
- Recepción y despacho de contenedores vía transporte terrestre.
- Almacenamiento en patio.
- Consolidación y desconsolidación de contenedores.
- Mantenimiento y conservación de contenedores, vehículos y equipos de manipulación de carga.

En la siguiente figura se muestra el flujo de la carga en una terminal.



Las figuras muestran las líneas de flujo de contenedores de exportación y de importación.

puerto y la terminal para reducir el timepo en puerto.

- Se deberá contar con reserva territorial para ampliación de patio y prever el aumento en el tamaño de los barcos.

La siguiente figúra muestra una distribución general de una terminal.

4.- Muelles.

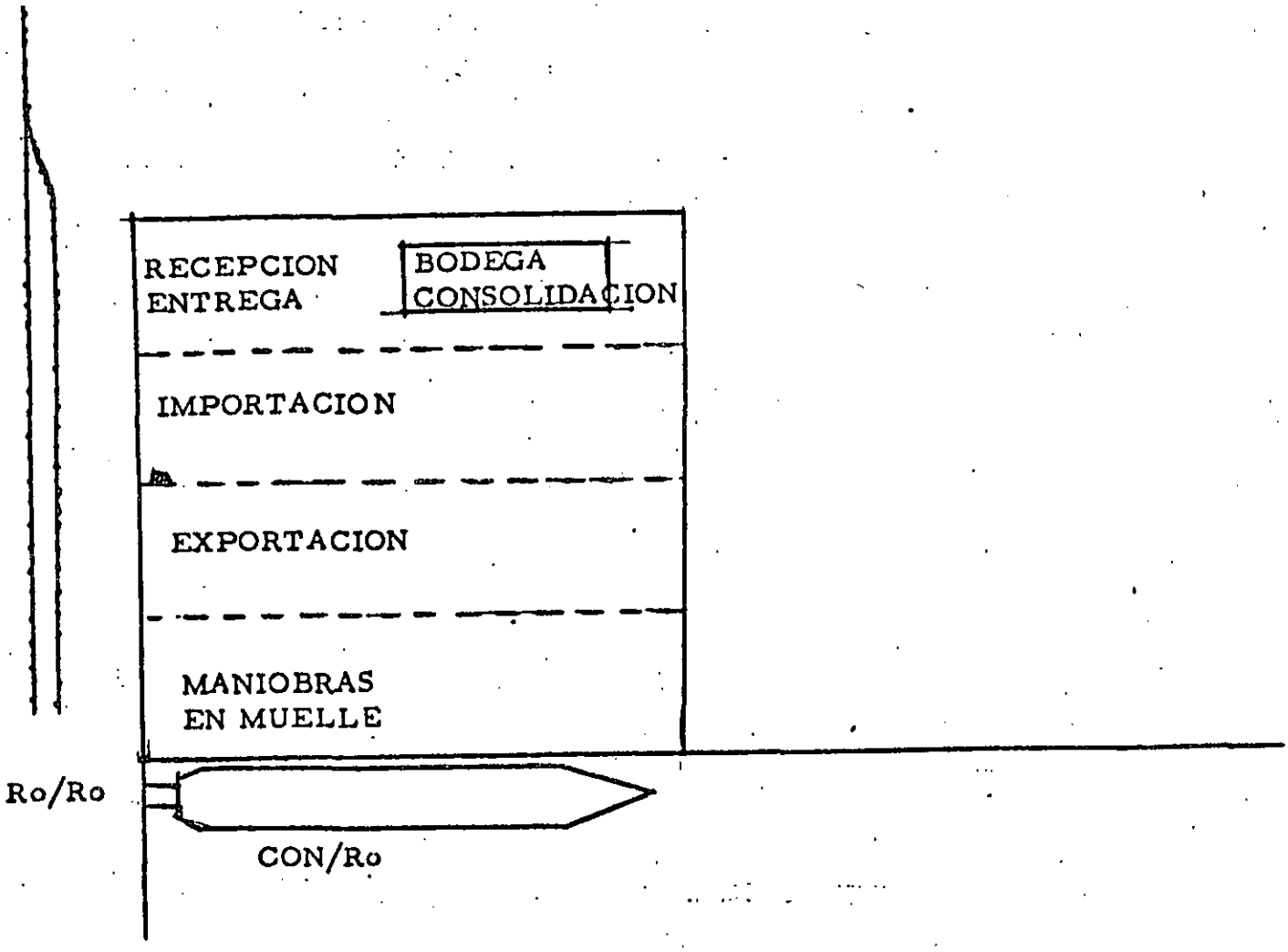
- Si la predicción del tráfico indica la posibilidad del envio de embarcaciones de la 3a. generación, deberá preverse una profundidad de 13 a 14 m.

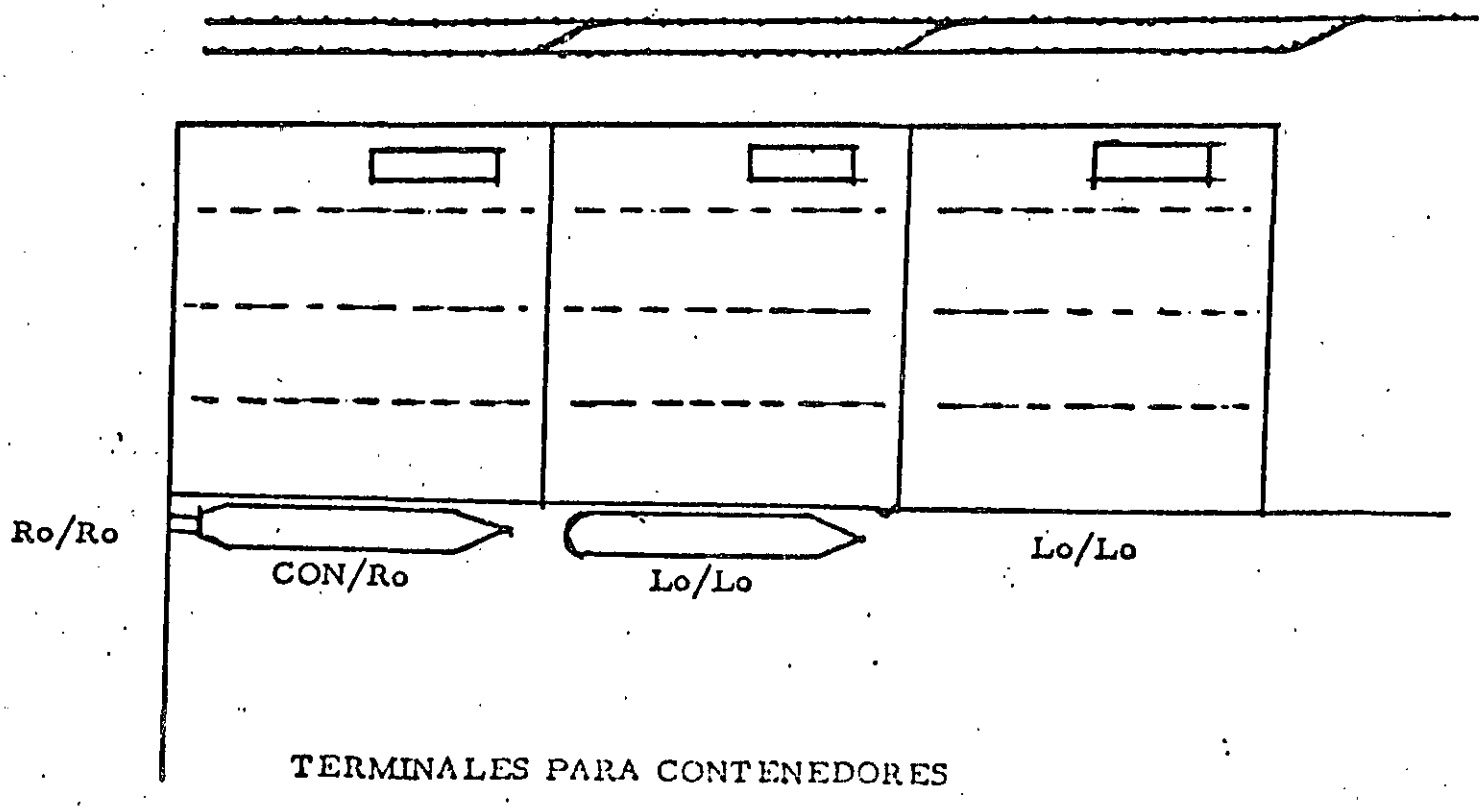
- Los barcos de la 2a. generación requieren 11 m. de profundidad.

- El muelle deberá contar con una vía para la grúa porta-contenedores, cuyo peso fluctua entre 500 - 800 tons., y cuya altura es de hasta 80 m. con el brazo de carga elevado.

- La longitud media de un atraque varia de 250 a 300 m. para los barcos de 2a y 3a. generación. En el caso de requerirse varios tramos de atraque, estos deberán tener el mismo alineamiento para poder desplazar las grúas porta-contenedores de un tramo a otro.

- Para el empleo de barcos porta-contenedores alimentadores que comuniquen puertos pequeños con grandes terminales, es conveniente prever atraques de menores dimensiones, sin interferencia en su manejo.





TERMINALES PARA CONTENEDORES

- La utilización cada vez mayor a nivel mundial de barcos mixtos, es decir Lo/Lo y Ro/Ro, en donde el autotransporte juega un papel preponderante no obliga a prever rampas fijas en un extremo de la terminal ó bien el uso de rampas flotantes moviles.

5.- Patios:

- Una de las características del sistema de transporte por contenedores es la gran extensión de terreno necesaria para almacenamiento.
- Cuando se inician las operaciones en una terminal y hasta 20 000 TEU. se requieren del orden de 300 m. de ancho, llegando a 500 m. para un manejo de 100,000 teu/año por terminal.
- Cuando existe un gran movimiento de contenedores vacios, las experiencias en otras partes del mundo fijan a 600 m. el ancho del patio.
- Un patio de contenedores, se compone de tres partes pricipales:

A.- Zona de preparación del plan de carga (instalaciones de control)

B.- Zona de almacenamiento de contenedores.

C.- Circulación de vehículos y equipo.

Las diversas áreas de la terminal se definiran en función de los volumenes previstos de contenedores de importación y explotación, con carga y vacios para contenedores de 20 ó 40', refrigerados o con cargas peligrosas, áreas para los que requieren reparación y fundamentalmente el tipo de equipo para la transferencia y estiva de contenedores.

Por regla general a una mayor densidad de almacenamiento de contenedores, se requiere una administración rigurosa y un mayor valor del equipo para la estiva a gran altura.

El conjunto de patios debe proyectarse de manera uniforme para poder modificar los limites de las diversas áreas, de acuerdo con la demanda de los flujos de los tipos de contenedores que se manejen.

Es importante proyectar adecuadamente los patios para obtener un dren de aguas pluviales eficiente y alumbrado general que permita el trabajo nocturno con seguridad y eficiencia. Estos conceptos representan del orden del 30% del costo de los patios, y los patios tienen un costo en su totalidad de aproximadamente similar al del muelle.

Los patios deberán proyectarse a nivel por la gran economía que representa el ahorro de energia (el 2% de pendiente representa el doble de consumos de energia).

La eficiencia en las operaciones de carga/descarga y almacena-

miento de contenedores en patio, deberá ser igual o mayor que la del equipo de carga/descarga en muelle para obtener su maxima eficiencia en la operación.

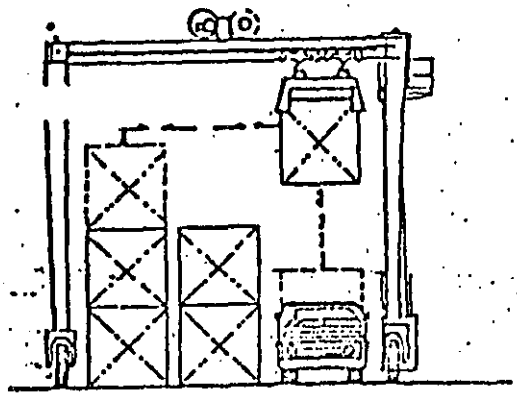
6.- Comunicaciones terrestres.

Dado que el ritmo del transbordo del sistema de transporte terrestre es menor que la carga/descarga de barcos, la terminal deber contar con una vialidad expedita y con estacionamientos de vehículos terrestres para evitar congestionamientos.

El dimencionamiento de la vialidad, tanto carretero como ferroviario estará en función del volúmen de carga del tráfico marítimo.

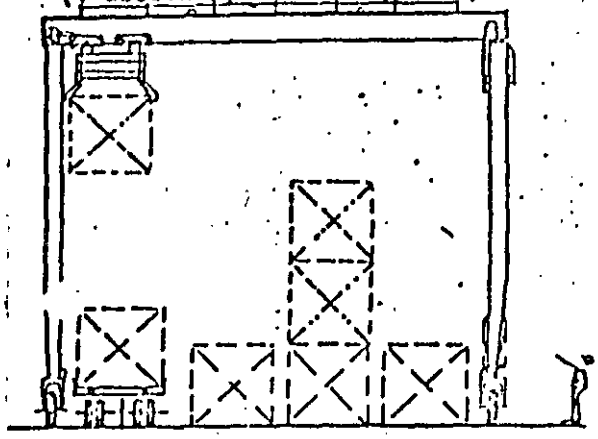
El proyecto detallará la operación ferroviaria, la cual formará por tres vias, equipadas con gruas sobre rieles que permita la carga/descarga de vagones. Las vias pueden instalarse ya sea perpendicularmente o paralelas al muelle, lo cual dependerá de la dirección de ampliación de la terminal, dado que es deseable no cortar los patios de almacenamiento con vias ferreas, generalemente se localizan éstas, al fondo de la terminal, es decir en el extremo contrario a la dirección de ampliación de patios.

EQUIPO PARA EL MANEJO DE CONTENEDORES

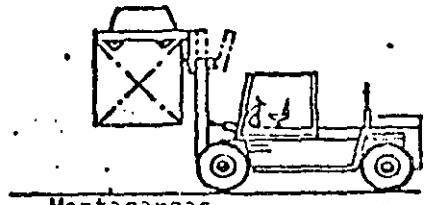


a) Grúa de Patio sobre llantas: ancho 2+1/
Altura 1 sobre 2
(Trasteiner, Travelift, etc.)

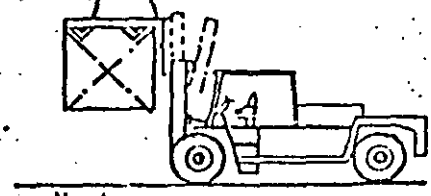
Grua "U" de Patio
d) Straddle carrier: 1 sobre 2



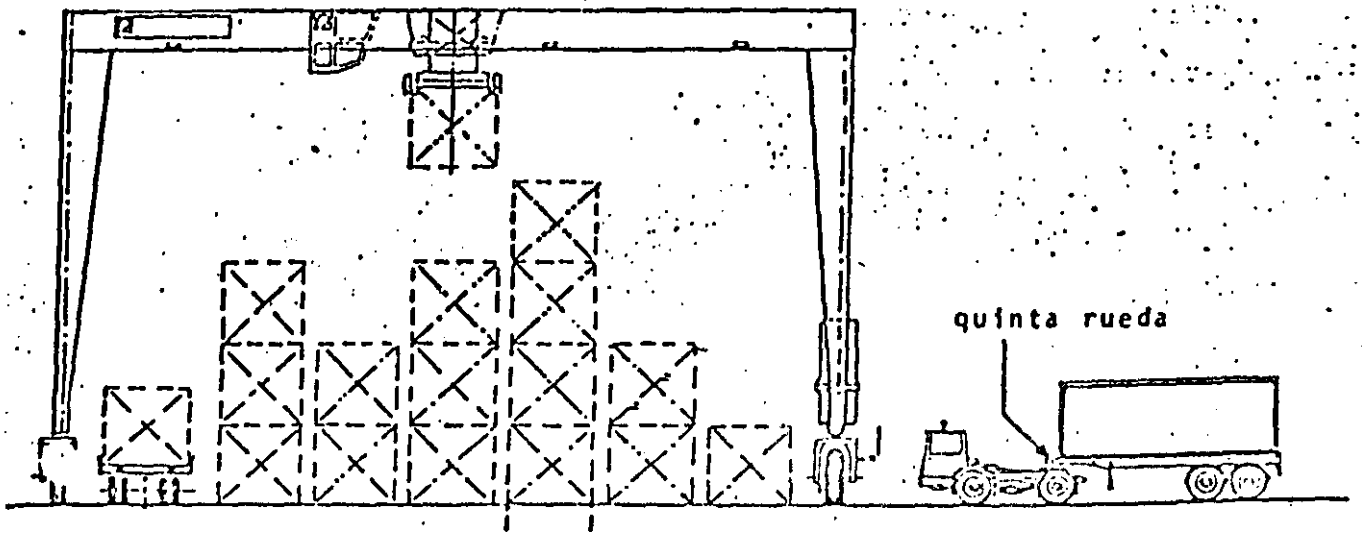
b) Grúa de patio sobre llantas: 3+1/
1 sobre 3



Montacargas
e) Top loader: contenedor de 20 pie



Montacargas
f) Top loader: contenedor de 40 pie



c) Grúa de patio sobre llantas: 6+1/1 sobre 4

g) Tractor + Chasis

DATOS ESTADISTICOS ANUALES DE MANEJO DE CONTENEDORES PARA FINES DE DIAGNOSTICO DE OPERACION DE UNA TERMINAL

CONCEPTO	20'		40'	
	IMPORTACION	EXPORTACION	IMPORTACION	EXPORTACION
SERVICIO PUERTA A PUERTA				
SERVICIO PUERTA A PUERTO				
SERVICIO PUERTO A PUERTO				
CONTENEDOR CON CARGA COMPLETA				
CONTENEDOR CON CARGA MIXTA (DIVERSOS EMBARCADORES)				
VACIOS				
REFRIGERADOS				
CARGA PELIGROSA				
EN CUARENTENA				
DAÑADOS				
LIMPIEZA CONTENEDORES				
RECEPCION CAMION FF.CC.				
ENVIO CAMION FF.CC.				
TOTAL NUMERO DE BARCOS				
TIPO DE BARCOS CARGA GENERAL 1a. GENERACION 2a. GENERACION. 3a. GENERACION				

MANEJO ANUAL DE CONTENEDORES CON DISTRIBUCION MENSUAL

CONCEPTO	ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN		JUL		AGO		SEP		OCT		NOV.		DIC	
	I	E	I	E	I	E	I	E	I	E	I	E	I	E	I	E	I	E	I	E	I	E	I	E
CONTENEDORES:																								
C/CARGA 20'																								
C/CARGA 40'																								
VACIOS 20'																								
VACIOS 40'																								
CONT. REFRIGERADOS 20'																								
" " 40'																								
Nº DE CONTENEDORES POR BARCO																								

I = IMPORTACION
E = EXPORTACION

NOMENCLATURA DE EQUIPOS PARA MANEJO DE CONTENEDORES

Equipo	Denominación Generica en Ingles	Nombres Comerciales
1) Tracto apiladora	Straddle Carrier	Straddle Carrier Container Carrier
2) Grúa portacontenedores	Container grane Ship-To - Shore Container Gantry Crane	Portainer Container Crane
3) Bastidor de izaje	Spreader	Spreader
4) Montacargas lateral	Side Loader	Side Loader
5). Montacargas	Fork Lift truck Frontend Loader	Fork lift
6) Grúa Pórtico de Patio sobre neumaticos y/o rieles.	Rubber tire Gantry Crane Rail Gantry Crane	- Transteiner - Shifter - Straddle Hoist - Stacker Crane - Straddle Crane
7) Grúa Hidráulica con - pluma telescopica		Hidraulic Crane
8) Silo para contenedores	Container silo Storage System	Silo Cont.
9) Tractor Ferroviario		Track Movil

JP/ 26/III/84.

EQUIPAMIENTO DE UNA TERMINAL DE CONTENEDORES.

Una vez concluidos los estudios económicos a nivel nacional y regional que determinen la necesidad de contar con una -- terminal de contenedores, su desarrollo puede ser por estapas.

La primera comprende la planeación general de la terminal,- incluyendo largo y profundidad del muelle, extensión de --- áreas de tierra y los accesos terrestres. El muelle de referencia debera estar con la preparación para los rieles de - transito de una grúa de portico portacontenedores, los patios para almacenamiento de contenedores y la bodega de consolidación y desconsolidación de contenedores. En esta étapa se - pueden utilizar las grúas del barco, una movil sobre camión y el equipo para transferencia y estiba.

Lo anterior obedece a que la grúa porta-contenedores tiene un costo del orden de $ 700 millones (1983), la cual se justifica económicamente a partir de los 20,000 TEU/año.

La segunda etapa consiste en que una vez logrado el manejo mínimo de contenedores por año para ser rentable la grúa, se analise al sistema de equipamiento total mas adecuado.

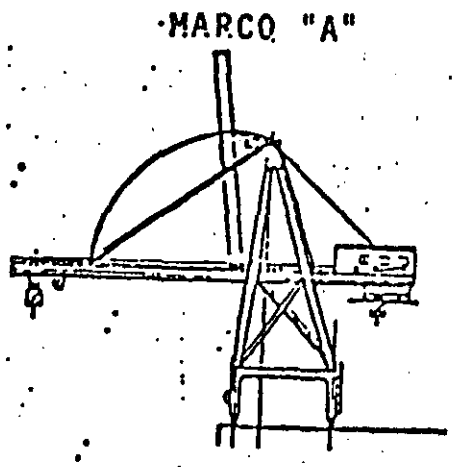
Una grua porta-contenedores de portico puede manejar un promedio de 20 a 30 contenedores por hora y aproximadamente --- 40,000 contenedores al año.

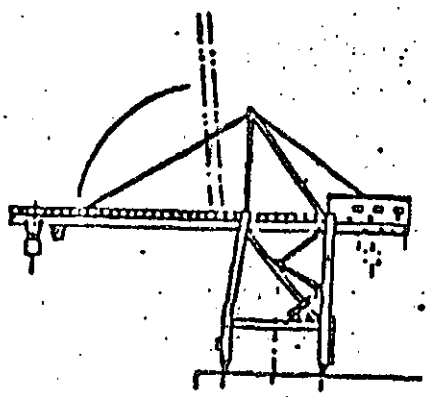
La selección de las dimensiones de grúa porta-contenedores depende principalmente, del tamaño de los barcos a los que servirá la carga útil, varia de 20,000 a 40,000 TPM, el alcance va de 25 m. para barcos de carga general convencional a 40 m. para barcos de 3a. generación.

Las condiciones de operación fijan separación entre rieles que dependen de la desición de pasar vias bajo el portico. Dicha separación varia entre 15 y 20 m.

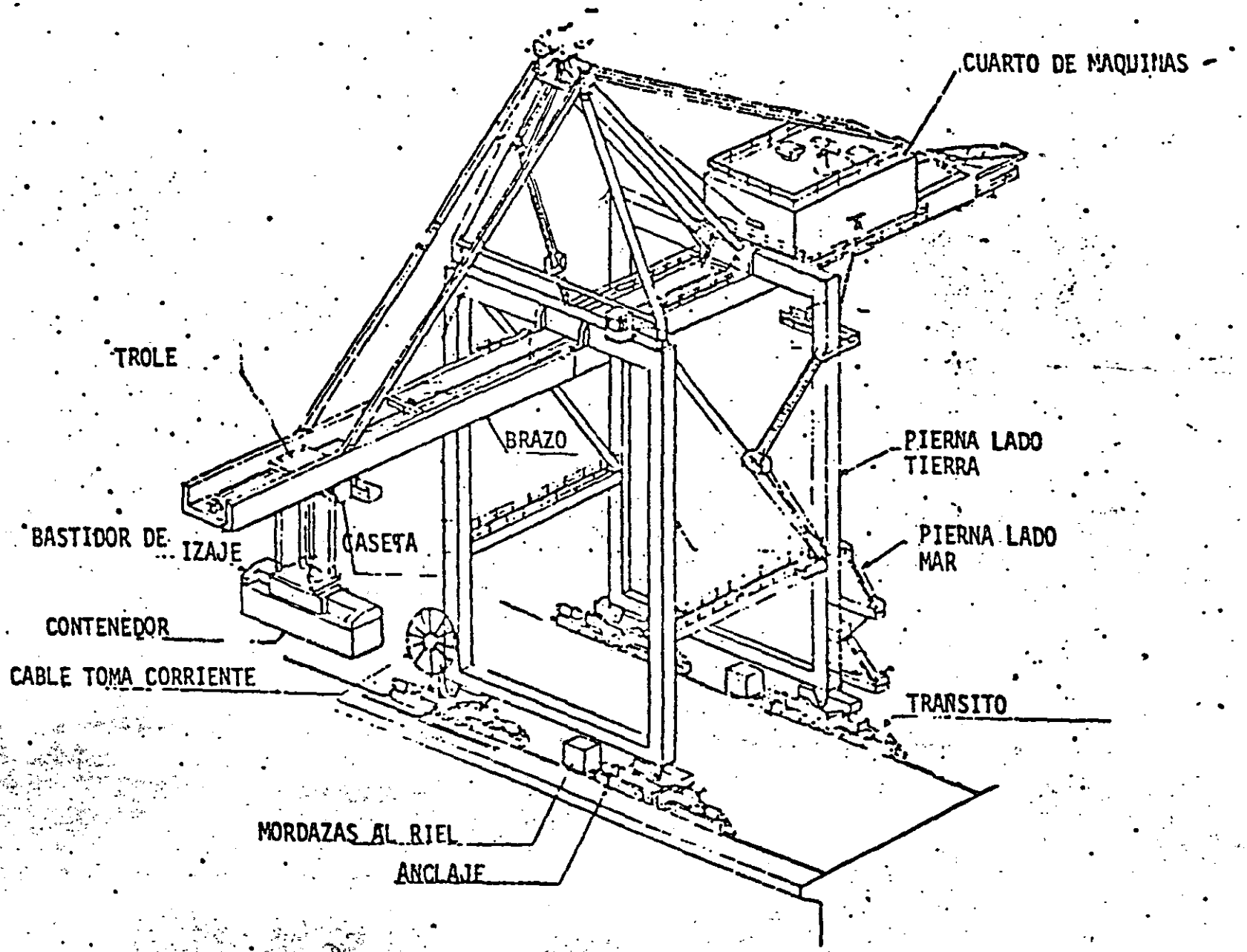
El número de grúas de portico depende del tráfico que se reciba, y es proporcionalmente mas elevado para un número reducido de tramos de atraque. En general es necesario una grúa más que el número de tramos de atraque, es decir, dos grúas para un tramo, tres grúas para dos tramos, etc.

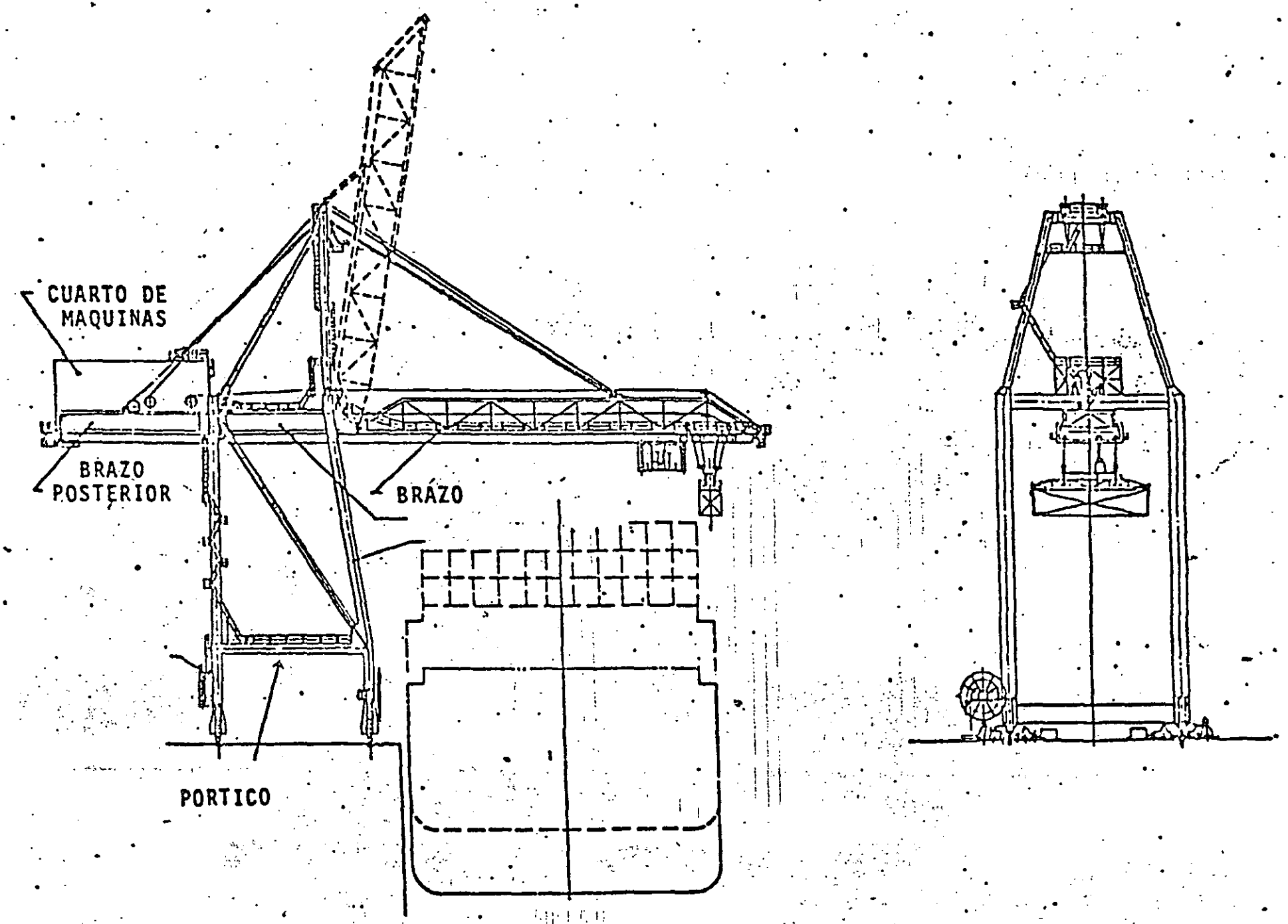
Las siguientes figuras, muestran dimensiones; detales de construcción y operación de una grúa portacontenedores.



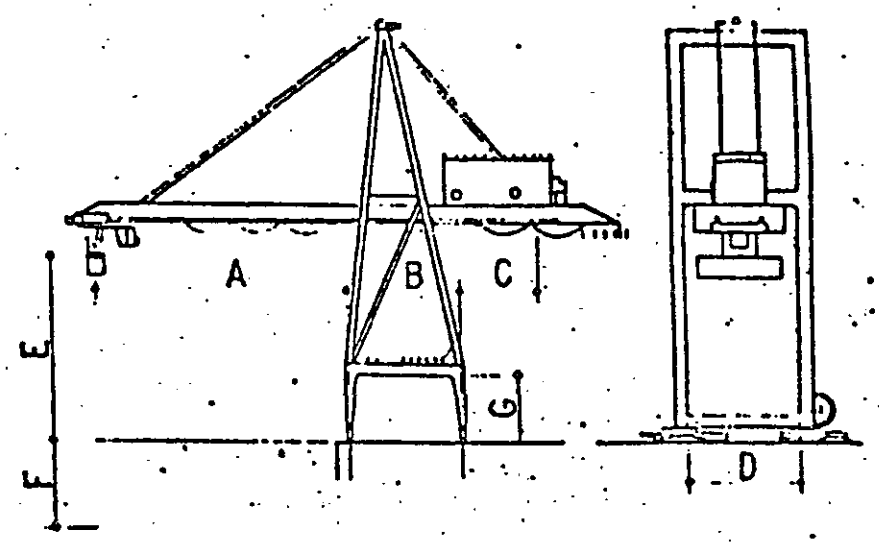


TIPO DE GRUAS PORTACONTENEDORES


CUARTO DE MAQUINAS
TROLE
BRAZO
PIERNA LADO TIERRA
BASTIDOR DE IZAJE
CASETA
PIERNA LADO MAR
CONTENEDOR
CABLE TOMA CORRIENTE
TRANSITO
MORDAZAS AL RIEL
ANCLAJE



VISTA GENERAL DE UNA GRUA PORTACONTENEDORES

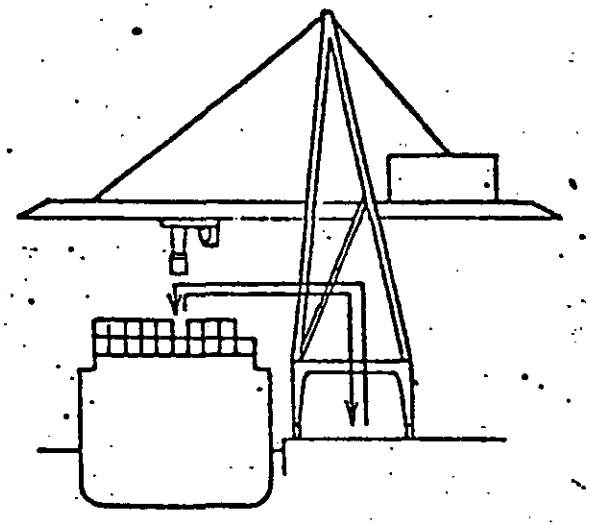


	CONCEPTO	FACTORES	DIMENSIONES	
A	BRAZO	MANGA	500 TEU	: 27.5 m
			1000 "	: 30.5 m
			2000 "	: 35.5 m
B	SEPARACION RIELES	ESTABILIDAD	2 LINEAS	: 13 m
		Nº CARRILES DE EQUIPO DE TRANSFERENCIA	3 "	: 18.5 m
C	BRAZO POSTERIOR		1 LINEA	: 4 m
			2 LINEAS	: 9.5 m
D	ANCHO	LARGO DEL CONTENEDOR	40'	: 14.5 m
E	ALTURA SOBRE MUELLE	CALADO	500 TEU	: 21 m
			1000 "	: 22 m
			2000 "	: 25 m
F	ALTURA ELEVACION BAJO EL MUELLE	CALADO	500 TEU.	: 9 m
			1000 "	: 10.5 m
			2000 "	: 12 m
G	BALIBO	ALTURA DEL EQUIPO DE TRANSFERENCIA	Straddle carrier DE 3	ALTURA DE CONTENEDORE
			(for 8'6" CONTENEDORES	: 10 m
			(for 9'6" " " "	: 11 m

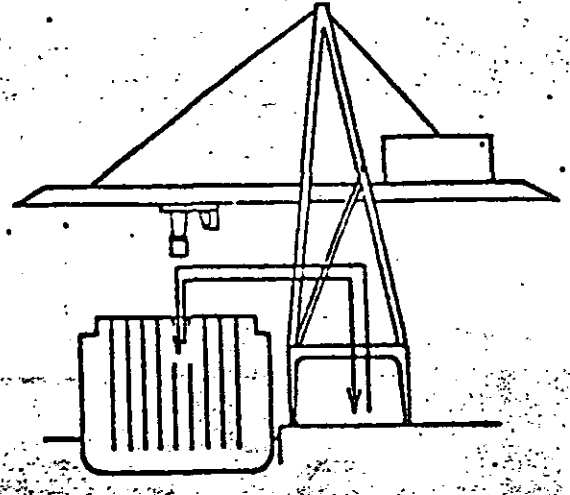
DIMENSIONES DE UNA GRUA POTA-CONTENEDORES

	VELOCIDAD		REQUERIMIENTOS DE ENERGIA ELECTRICA
	VACIO	CARGADO	(APROXIMADAMENTE)
IZAJE	70-120 m/min.	35-50 m/min.	330 kW
TRANSLACION CONTENEDOR	120-150 m/min.		75 kW
TRANSLACION GRUA	abt. 45 m/min.		8 x 12.5 kW
BRAZO	7-9 min./cycle		75 kW

VELOCIDADES DE OPERACION



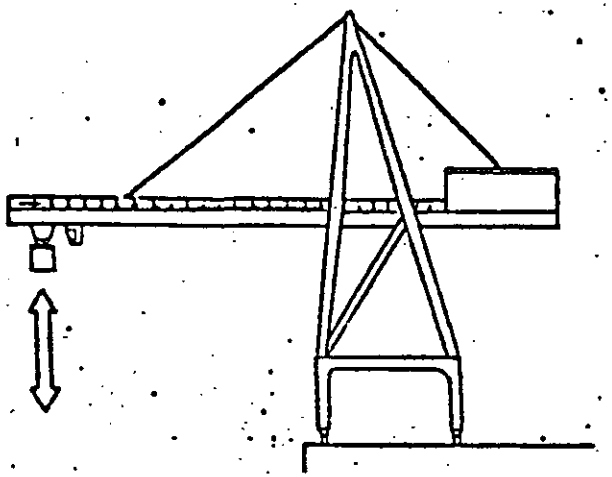
CICLO DE DESCARGA EN CUBIERTA DEL BARCO ..... 110 sec.
(32 units/hour)



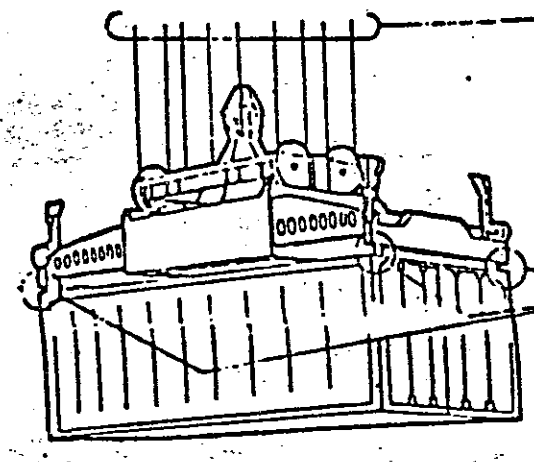
CICLO DE CARGA EN BODEGA DEL BARCO ..... 150 sec.
(24 units/hour)

CONDICIONES DE VIENTO

VELOCIDADES DE VIENTO $\leq$ 16 m/sec.



EN OPERACION



CARGA DE IZAJE

= PESO BASTIDOR (8 - 10 ton)

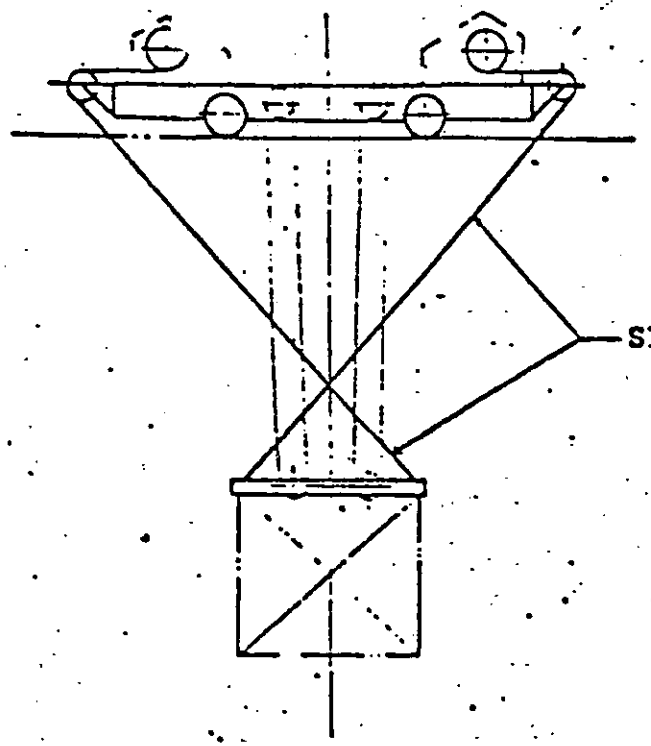
+ PESO CABLES

+MARGEN DE SEGURIDAD

CARGAS ABAJO BASTIDOR DE CAPGA

= PESO CONTENEDOR + MARGEN DE SEGURIDAD

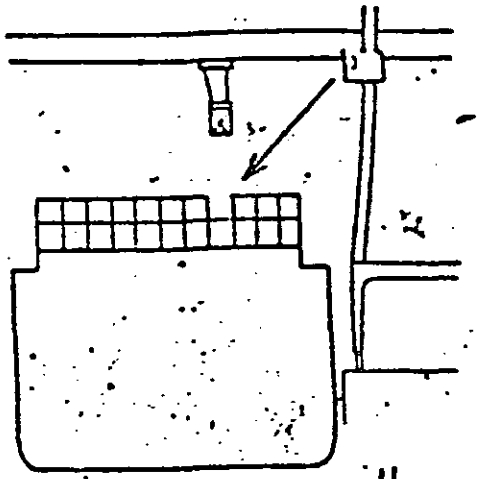
CARGA DE IZAJE



SISTEMA ANTI-PENDULO

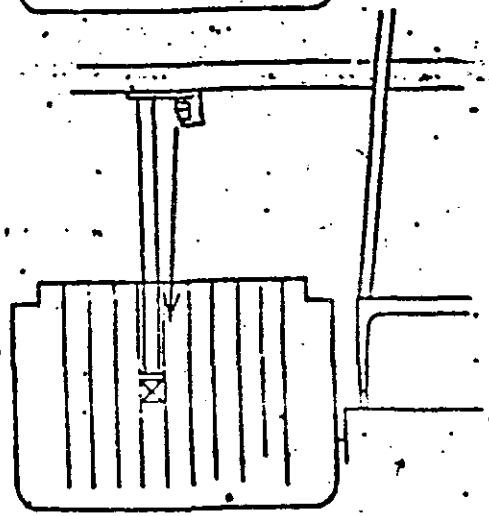
FIJO EN LA PIERNA LADO MAR DE LA GRUA

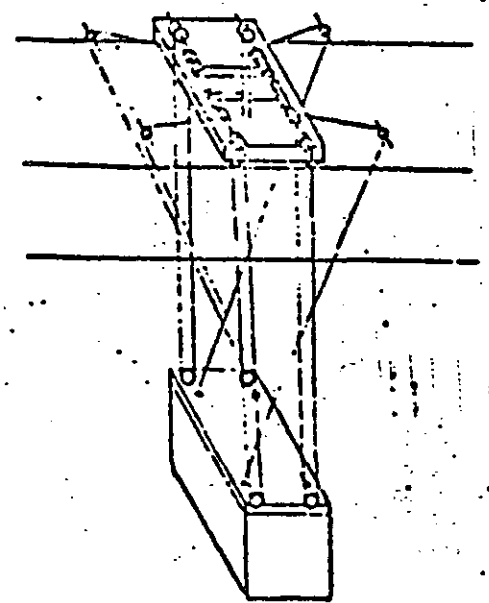
- BUENA VISIBILIDAD EN CUBIERTA DE BARCO

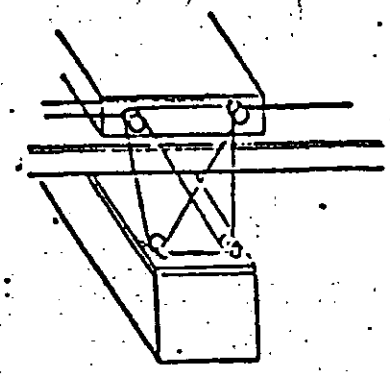


FIJA EN EL TROLE

- BUENA VISIBILIDAD EN BODEGA DEL BARCO
- SISTEMA MAS EMPLEADO

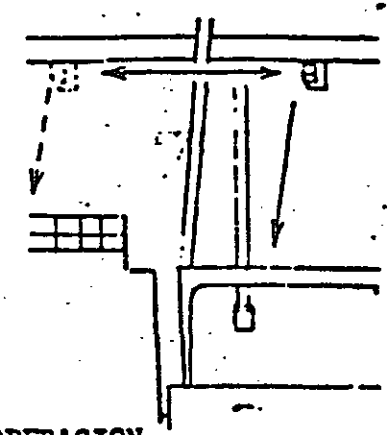




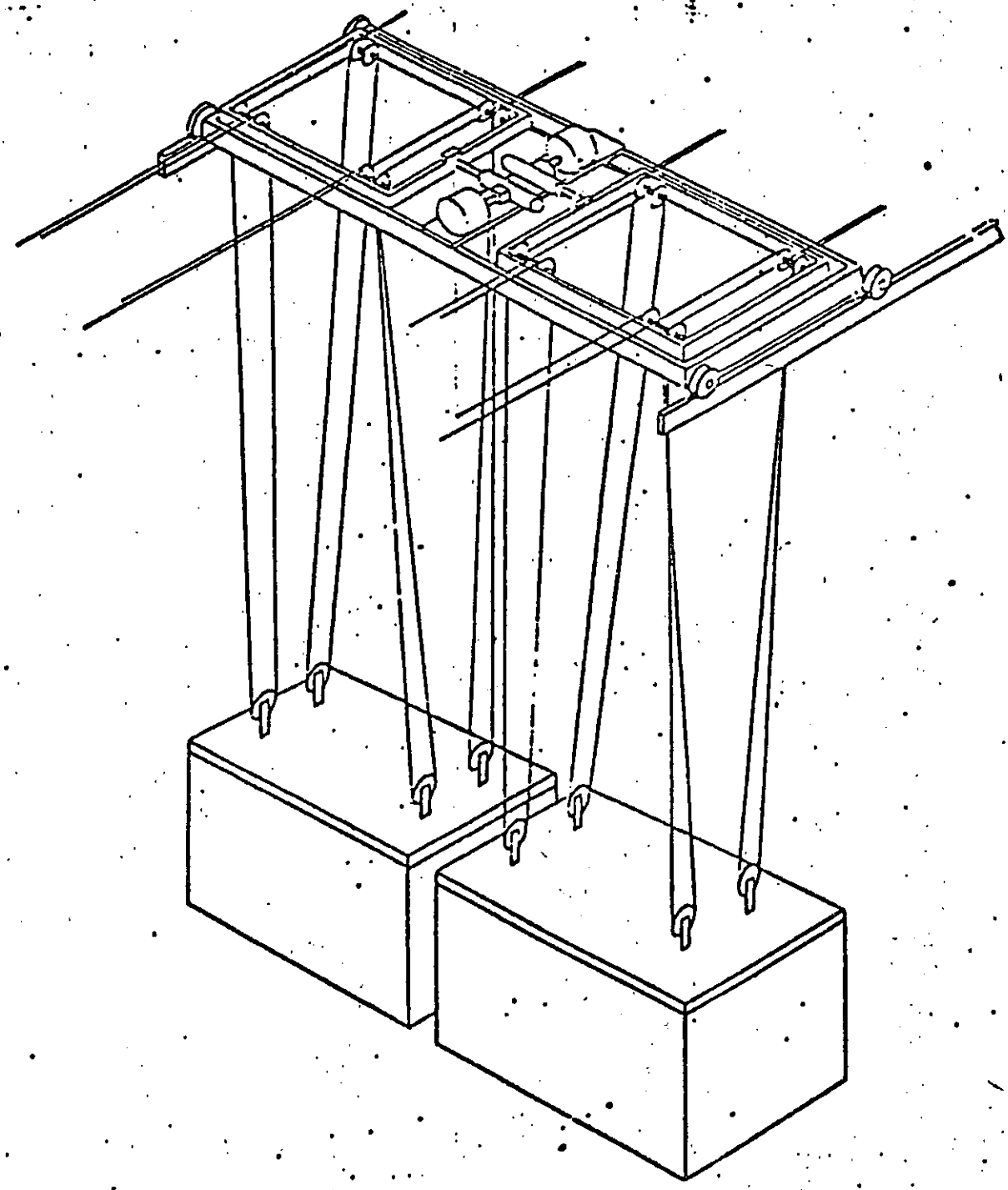


MOVIL

- SE ELIGE LA MEJOR VISIBILIDAD
- ALTO COSTO



LOCALIZACION CASETA DE OPERACION



IZAJE DOBLE

SISTEMA DE MANEJO DE CONTENEDORES EN PATIO.

Los sistemas de manejo, se pueden dividir en:

A.- Sistema de chasis.

B.- Sistema de grúas tracto-apiladora (Straddle carrier)

C.- Sistema de montacargas.

D.- Sistema de Grúa Portico de patio sobre neumaticos (Transteiner, travelift, etc).

E.- Sistema de Grúa de patio sobre rieles. (Transteiner, travelift, etc.).

A continuación se describen los diversos sistemas:

A.- Sistema de Chasis.

La grúa portacontenedores deposita el contenedor sobre el chasis que un tractor transporta al patio, el cual es almacenado sobre el chasis. Este sistema es el empleado por la Compañía - SEA-LAND y presenta las siguientes ventajas.

1.- Es el sistema ideal para el servicio puerta a puerta.

2.- Los contenedores se manejan con mayor facilidad y rapidez que con cualquier sistema. El manejo de contenedores por - año es del orden de 2 a 3 veces el de los otros sistemas.

3.- Se reduce la frecuencia de movimientos directos de los contenedores, por lo que se reducen a un mínimo los daños.

4.- Dado que no existen vehiculos pesados, la superficie de rodamiento no demanda una pavimentación para servicio pesado.

Desventajas:

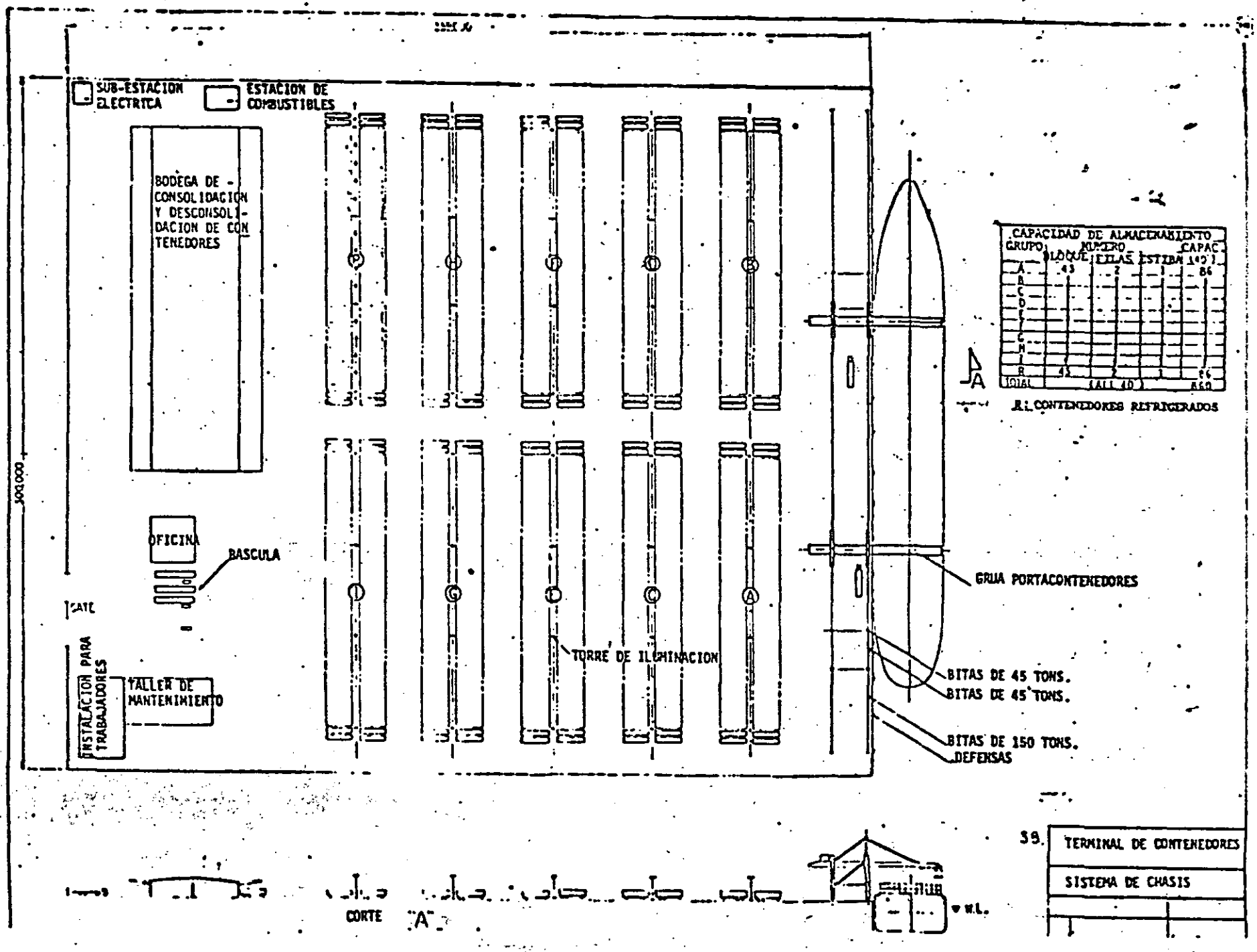
1.- Se requieren tantos chasis como contenedores en -- Patio, lo que elevara el valor inicial del equipamiento.

2.- Dado que los contenedores no pueden apilarse en capas multiples, los patios son de gran amplitud. Lo oual aumenta la inversión en intalaciones y servicios en tierra.

3.- Los chasis no solo se utilizan internamente en los patios, sino también fuera del mismo, por lo que - requieren ser chasis de carretera con alto valor y costo de mantenimiento. (servicio puerta a puerta)

Este sistema requere de 40 m2./TEU de patios.

En la siguiente figura se muestra uan terminal operada bajo el sistema de chasises.


SUB-ESTACION ELECTRICA
ESTACION DE COMBUSTIBLES
BODEGA DE CONSOLIDACION Y DESCONSOLIDACION DE CONTENEDORES
OFICINA
BASCULA
GATE
INSTALACION PARA TRABAJADORES
TALLER DE MANTENIMIENTO
TORRE DE ILUMINACION
GRUA PORTACONTENEDORES
BITAS DE 45 TONS.
BITAS DE 45 TONS.
BITAS DE 150 TONS.
DEFENSAS
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO
GRUPO
NUMERO
BLOQUE
FILAS
ESTIBA
CAPAC.
TOTAL
CONTENEDORES REFRIGERADOS
CORTE "A"
W.L.
39.
TERMINAL DE CONTENEDORES
SISTEMA DE CHASIS

B.- Sistema de grúas tracto-apiladoras.
(Straddle Carrier)

No obstante que este tipo de equipos utilizaron desde el incio de la contenedorización en 1960, es el equipo que a sufrido un mayor número de modificaciones en su sistema de transmisión. La primera generación contaba con 6 ruedas (neumaticos), trasmisiones mecánica por cadena e hidráulicos.

Los de trasmisión hidráulica a la fecha no se perfecciona causando trastornos en las zonas de circulación por las fugas de aceite.

La 2a. generación, con ocho ruedas, de trasmisión mecanica por flecha y motores eléctricos han mejorado su funcionamiento.

Estos equipos diseñados para el transporte y almacenamiento (uno sobre dos alturas de estiba) de contenedores en patio requieren gran habilidad de los operadores ya que con frecuencia se --- presentan daños en los contenedores y en el propio equipo; por los pequeños espacios libres disponibles a ambos lados del contenedor, su velocidad de transito es de 15 km/hr. ; cuando el número de contenedores por embarque ocupa una gran parte del bloque de contenedores de exportación es posible estibar a tres alturas para los de - importación a dos alturas por la necesidad de hacer entregas par-- ciales a través del autotransporte.

Actualmente existen del orden de 500 terminales de contenedores en el mundo, de las cual es el 40% utilizan este sistema.

El sistema presenta las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

1.- Es flexible para hacer frente a las modificaciones de la distribución de contenedores en los patios .

2.- Baja utilización de personal en la operación de transporte y almacenamiento de contenedores en patio.

3.- Es posible despachar rapidamente los contenedores.

4.- Dado que los contenedores pueden apilarse en capas multiples, se utilizan en forma eficiente los patios.

5.- Aumenta la utilización de la grúa portacontenedores al colocar el contenedor directamente en el muelle.

Desventajas:

1.- El pavimento de los patios deberá diseñarse para soportar una mayor carga.

2.- Dado que la mayoria son de accionamiento hidráulico, por lo general presentan gran número de escapes de liquido que dificultan el transito de otro tipo de vehículos y personal.

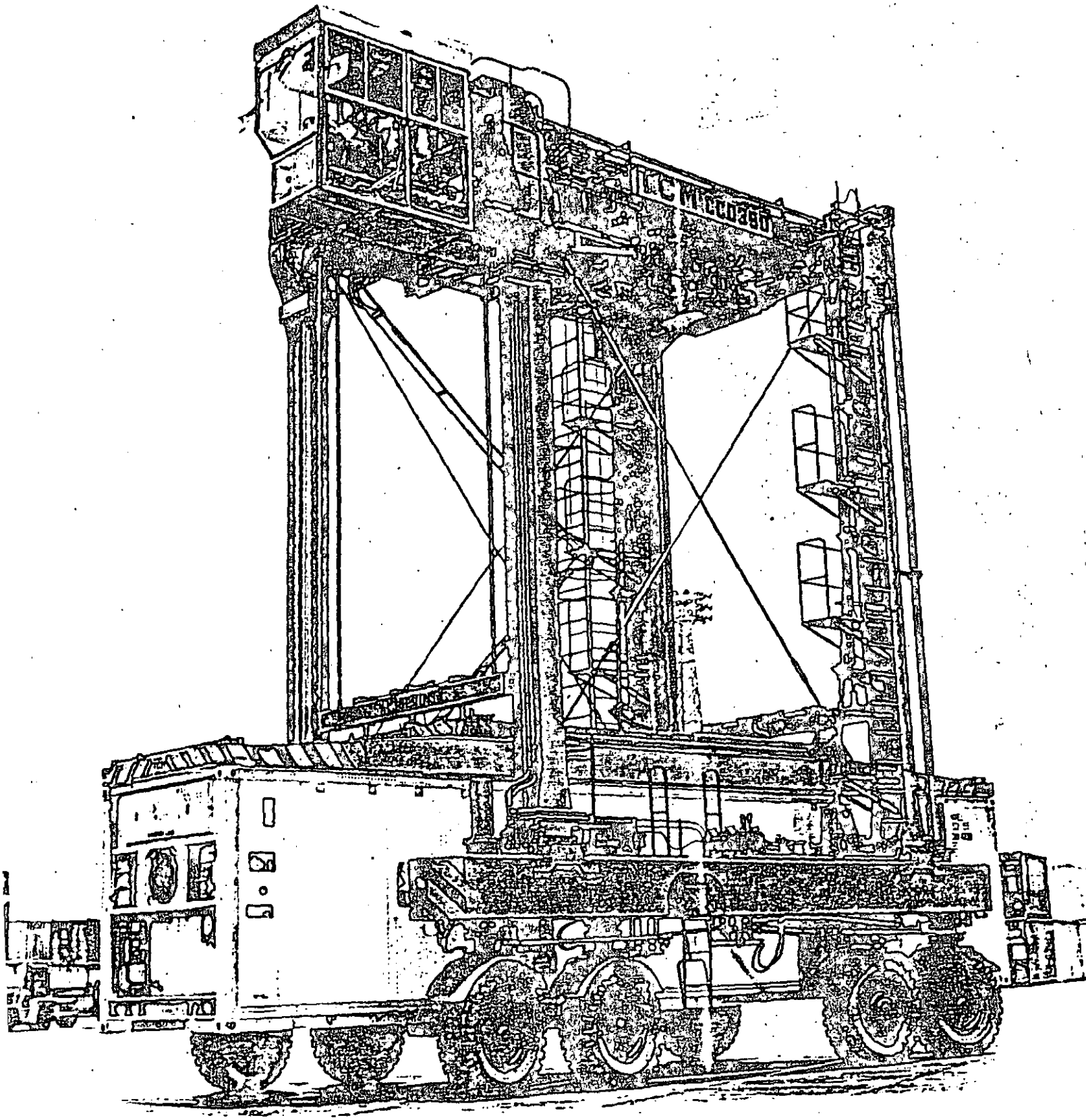
3.- Requieren de un alto costo de mantenimiento y alta habilidad para operarlos, que los demás métodos para el transporte y almacenamiento de contenedores en patio.

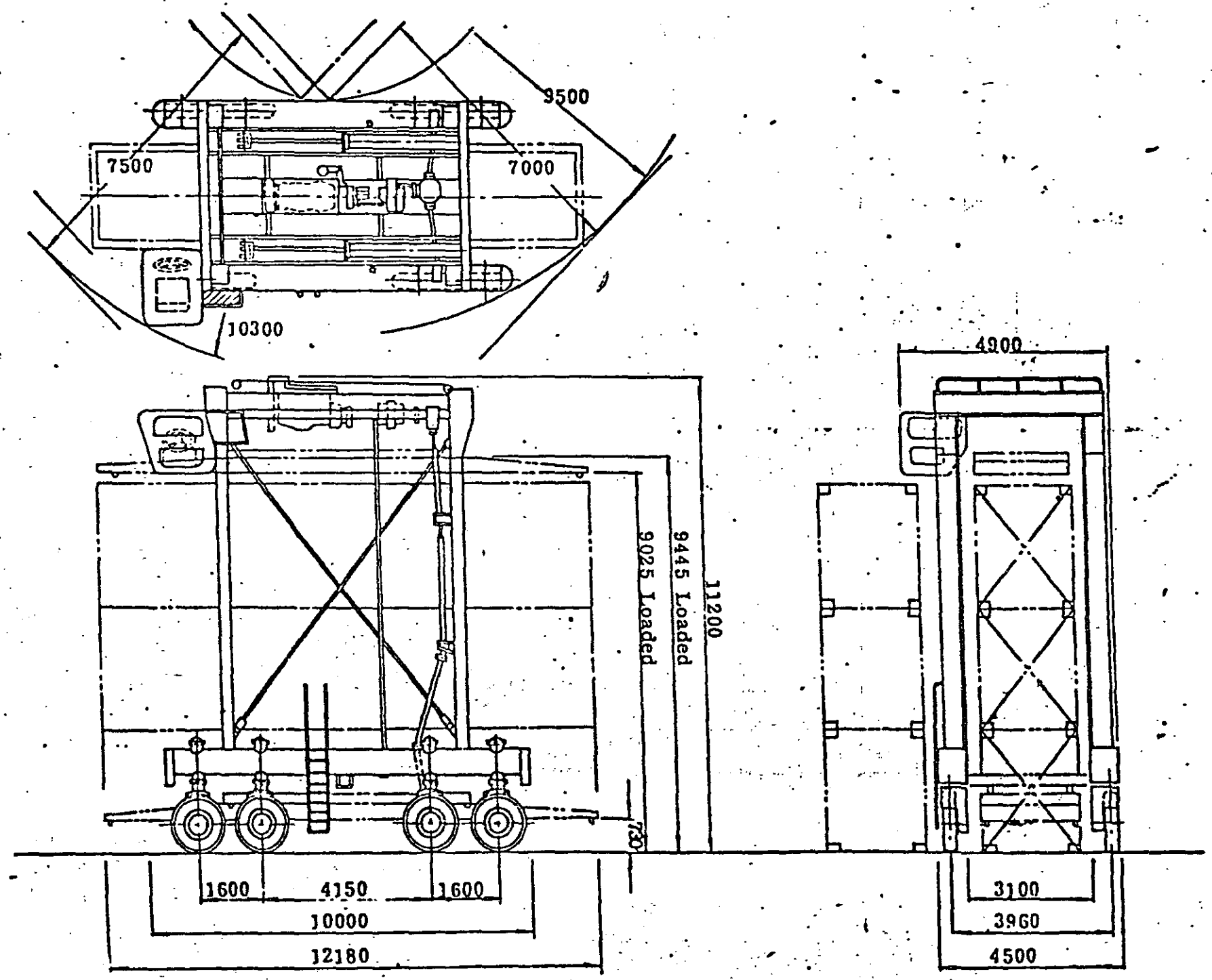
4.- No es posible la carga/descarga de contenedores en plataformas de ferrocarril.

5.- Baja disponibilidad, (del orden del 80%) por fallas y trabajos de mantenimiento.

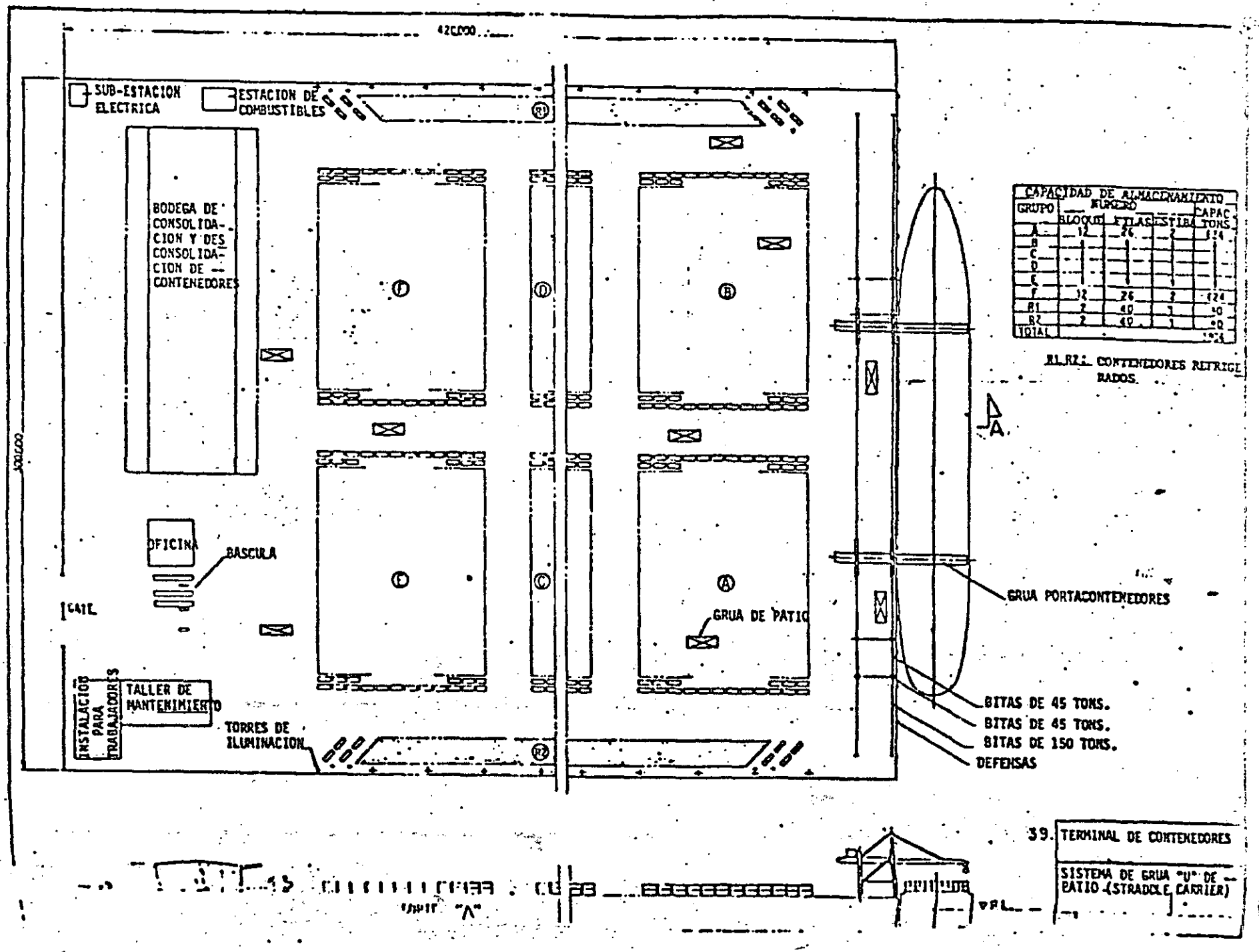
Este sistema requiere del orden de 25 m2./TEU de patios para dos alturas de estiba.

En la siguiente figura se muestra una terminal manejada con el sistema de grúas "tracto-apiladoras"


J.C. McCabe



6 : "U" DE PATIO (Grúa Tractoapiladora)


SUB-ESTACION ELECTRICA
ESTACION DE COMBUSTIBLES
BODEGA DE CONSOLIDACION Y DESCONSOLIDACION DE CONTENEDORES
OFICINA
BASCULA
GATE
INSTALACION PARA TRABAJADORES
TALLER DE MANTENIMIENTO
TORRES DE ILUMINACION
GRUA DE PATIO
GRUA PORTACONTENEDORES
BITAS DE 45 TONS.
BITAS DE 45 TONS.
BITAS DE 150 TONS.
DEFENSAS
R1 R2: CONTENEDORES REFRIGERADOS.
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO
GRUPO
NUMERO
BLOQUE
FILAS
ESTIBA
CAPAC TONS
TOTAL
39. TERMINAL DE CONTENEDORES
SISTEMA DE GRUA "U" DE PATIO (STRADDLE CARRIER)

C.- Sistema de Montacargas.

Los montacargas pueden estibar los contenedores a dos alturas (los proveedores recomiendan 3 alturas, pero se reduce la eficiencia) y dos hileras.

Estos equipos operan en los patios unicamente estibando contenedores, siendo alimentados por equipos de transporte como tractores y chasises.

Dado que los contenedores de 20' en un 95% cuentan con perforaciones para las horquillas, se pueden utilizar montacargas.

Los contenedores de 40' estan diseñados para izarse por las cuatro esquinas superiores verticalmente, por lo que los montacargas requieren bastidor de izaje de contenedores. El 50% de estos contenedores (aproximadamente) cuentan con perforaciones para las horquillas del montacargas.

Este sistema requiere del orden de 40 a 50 m2./TEU. de patio en promedio.

Este tipo de equipo es el adecuado para la carga/descarga de contenedores transportados por barcos Ro/Ro.

Una variante de este tipo de equipos, lo forma la grúa hidráulica con pluma telescopica que permite la estiba a tres alturas y hasta cuatro hileras de contenedores, dado el alcance de su pluma.

D.- Sistema de Grúa Portico de patio sobre neumáticos.
(Rubber tire transfer crane Transteiner).

Con este sistema de grúas se pueden almacenar hasta 7 hileras y apilar 4 contenedores.

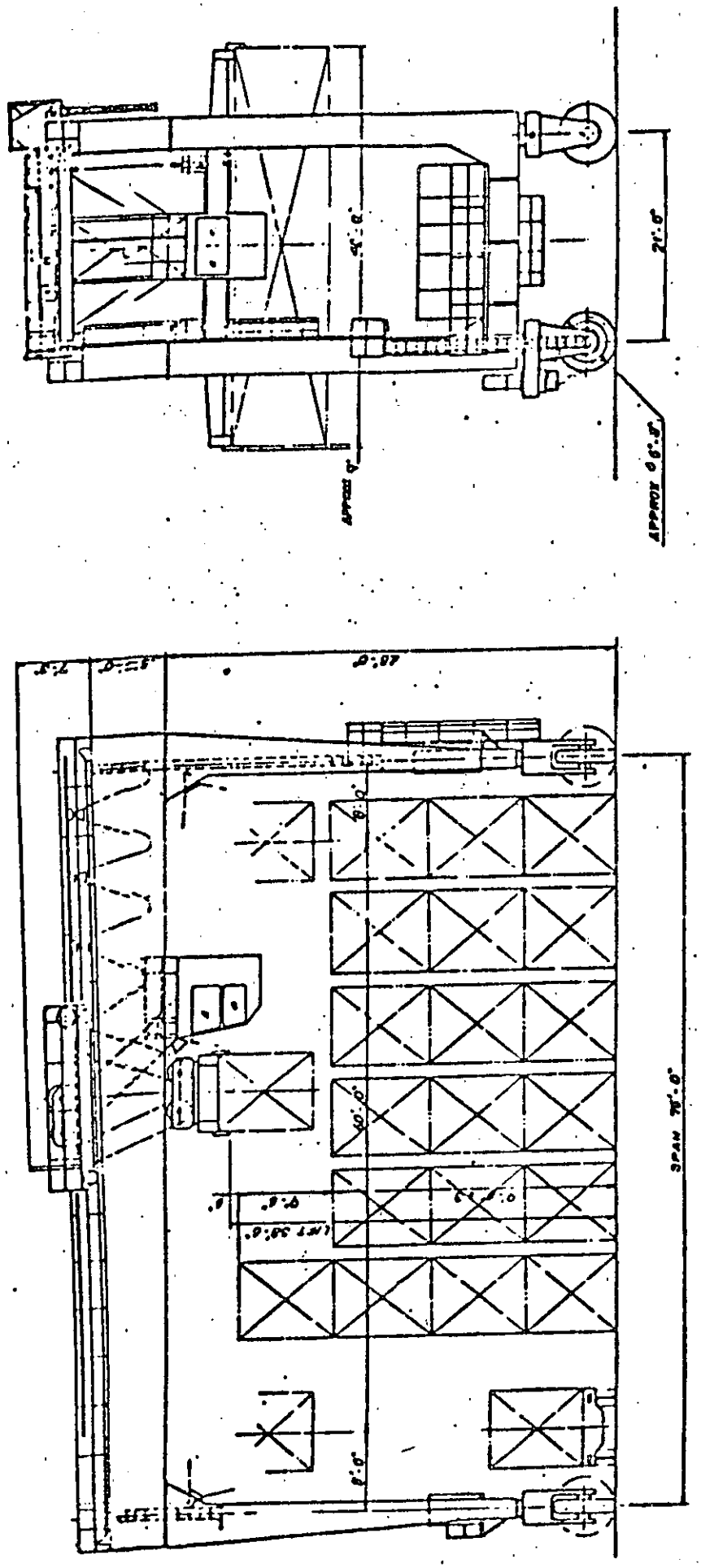
El tamaño mínimo de este tipo de grúas es para 3 hileras más un carril de transito, y 3 alturas de estiba.

La velocidad de transito varia de 100 a 150 m/min. y la transversal del bastidor de izaje de 40 a 70 m/min.

Este tipo de grúas requiere de un pavimento para servicio pesado, sin embargo dado que esta limitada la ruta de transito, se requiere reforzar el pavimento en el área de desplazamiento.

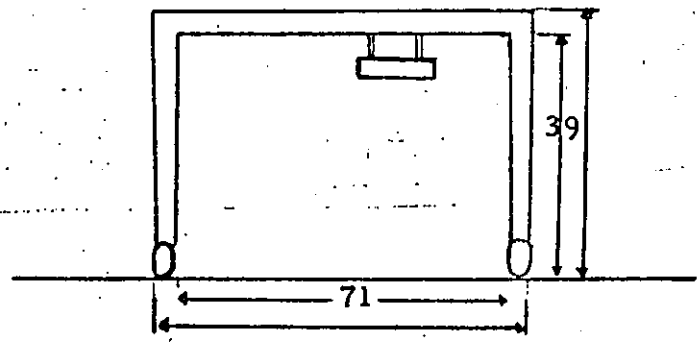
Este sistema requiere del orden de 10-15 m2./TEU de patios, dependiendo de su capacidad de almacenamiento estático, ya que varian de 3 X 3 a 6 X 4.

En la siguiente figura se muestra una grúa portico de patio.

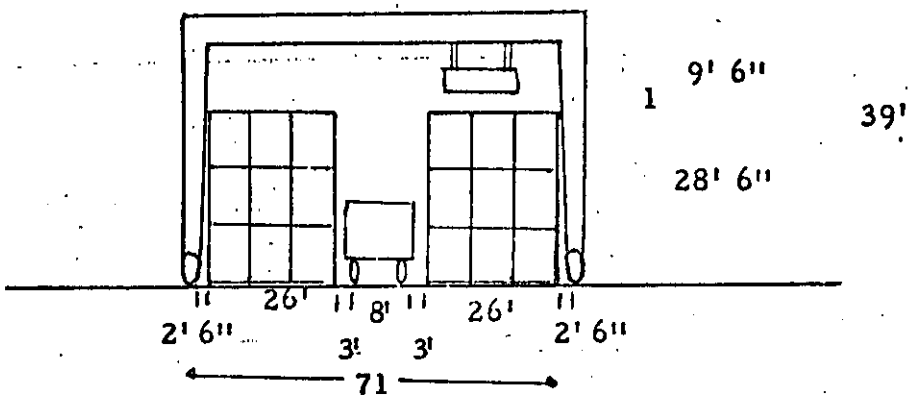


GRUA DE PATIO SOBRE NEUMATICOS

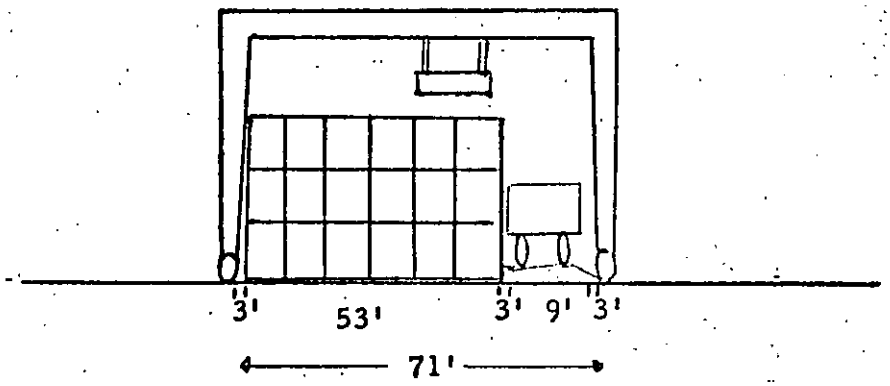
Características geométricas de una grúa de pórtico sobre neumáticos, para manejo de contenedores en patio, marca (Straddle Hoist) Letourneau modelo SHU-100 #7



Disposición para carga/descarga de transporte carretero:



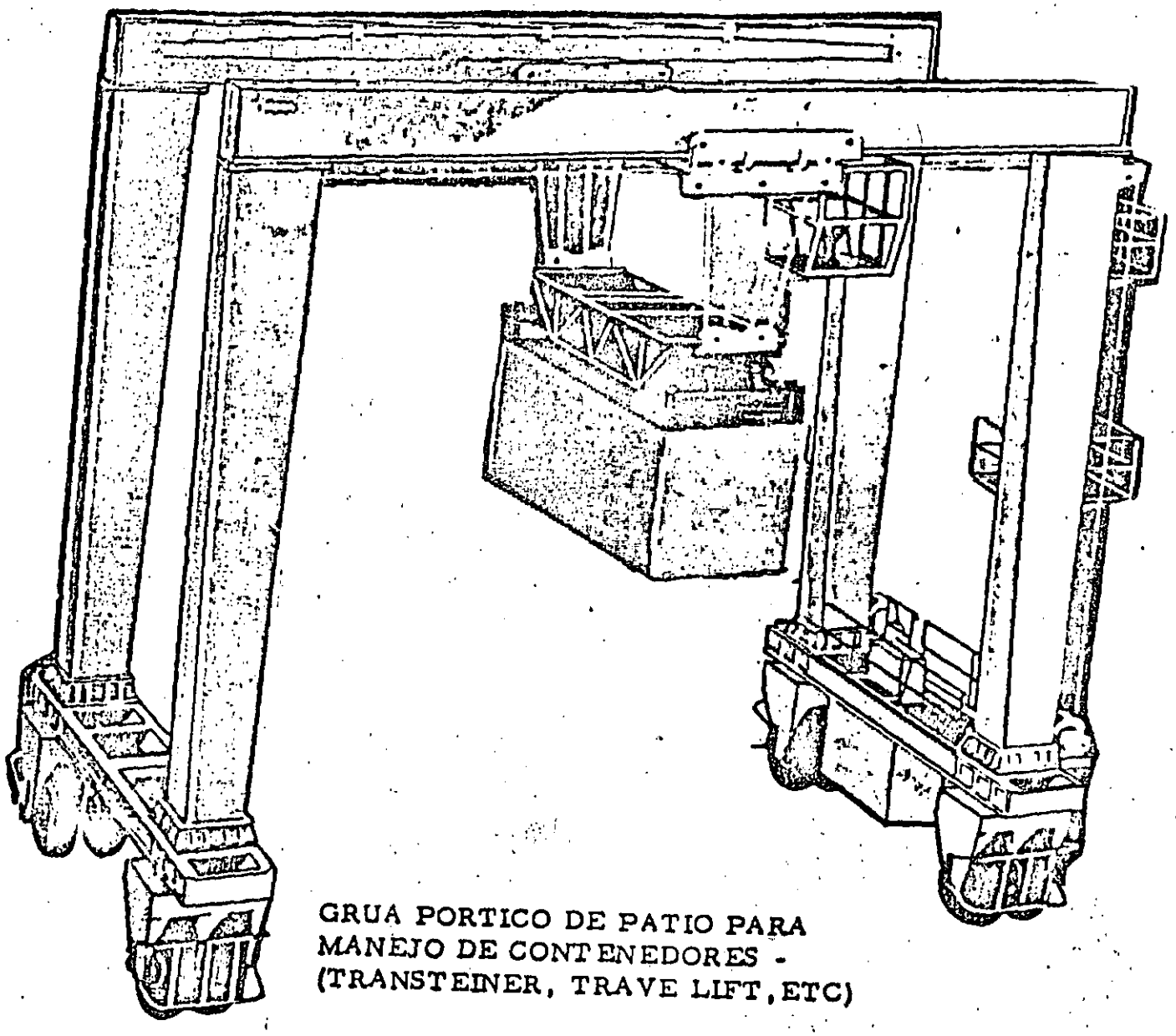
Disposición para carga/descarga de transporte ferroviario y/o transporte carretero.



El claro libre horizontal permite almacenar 6 hileras de contenedores (8'), más un espacio de operación para el transporte terrestre. Verticalmente el claro libre esta diseñado para 3 alturas de contenedores de 9' 6" más una altura de operación.

La denominación del espacio disponible sería (6+1) x(3+1)

JP/'cb. Agosto 15, 1984.



GRUA PORTICO DE PATIO PARA
MANEJO DE CONTENEDORES -
(TRANSTEINER, TRAVE LIFT, ETC)

F.- Sistema de Grúas Portico de patio sobre rieles. (Reil Monted transfer Crane)

Estas grúas, denominadas "del mañana", permiten el máximo de almacenamiento de contenedores en la menor -- área de patios, permitiendo la total automatización del sistema.

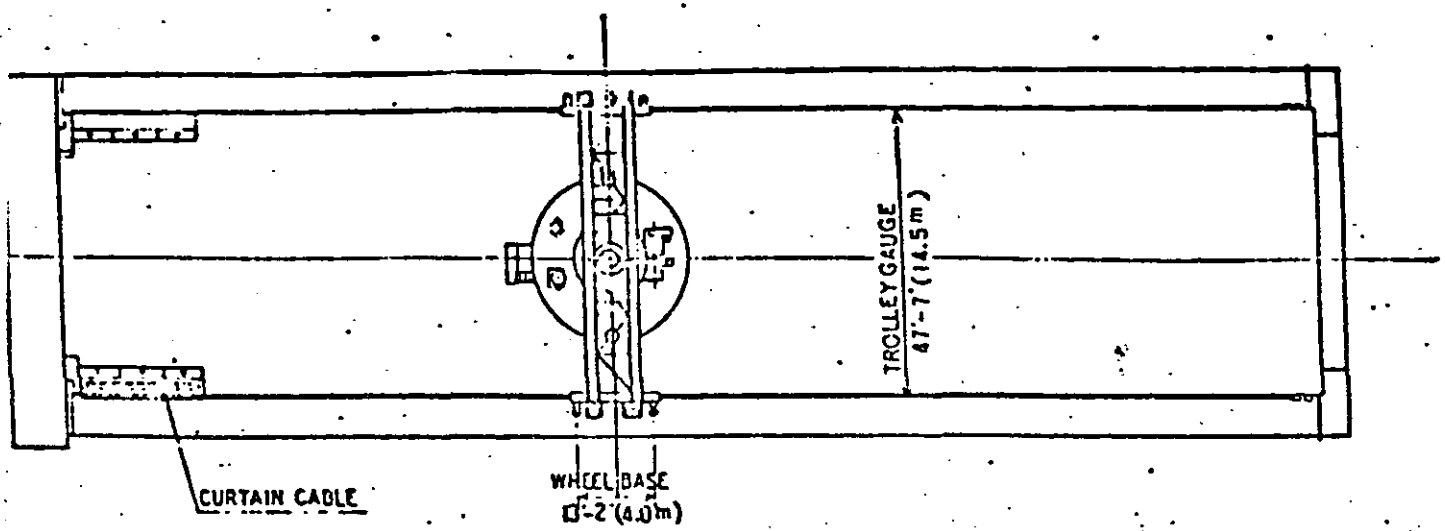
La translación y movimiento del bastidor de izaje son a base de motores electricos con toma corriente paralela a uno de los rieles.

Aunque, en patio se pueden apilar hasta 8 contenedores, seguridad, ante todo por sismo y viento, de acuerdo con la norma 150 1496 (provisional), sección uno, fija en 5 la altura máxima de contenedores cargados del mismo tamaño.

Por lo anterior, para este tipo de grúas la altura máxima de apilamiento es de 4 y 5 contenedores.

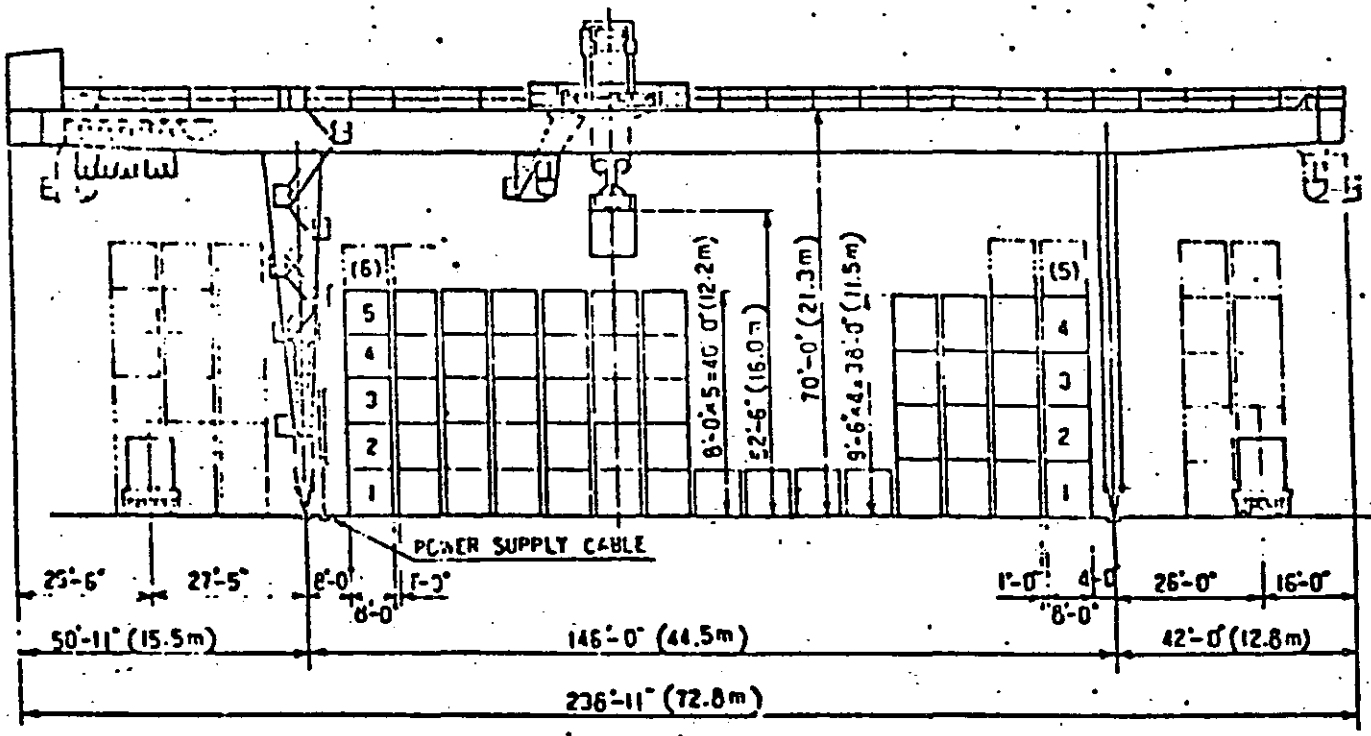
Las dimensiones máximas en la práctica son: 35 a 45 m. de claro con dos volados en uno ó ambos extremos de -- 5 a 7 m.

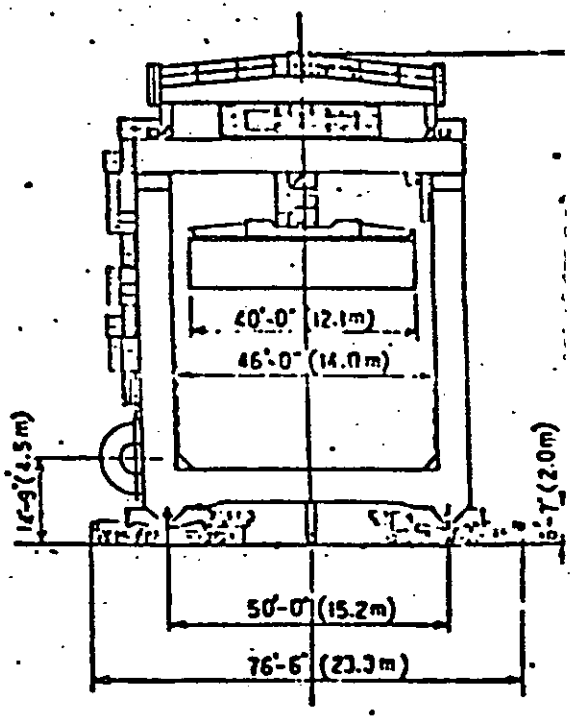
En su interior pueden almacenar hasta 15 hileras de contenedores con 5 alturas de apilamiento, uno delos volados es para la carga-descarga de plataformas de F.C. ó



CARACTERISTICAS

RATED LOAD	35LT
RAIL SPAN	144'-0" (43.891 2)
HEIGHT OF LIFT	53'-6" (16.002)
HOIST / LOWER	LOADED 150ft/min (45.72 m/min)
HOIST / LOWER	UNLOADED 300ft/min (91.44 m/min)
TROLLEY TRAVEL	400ft/min (121.92 m/min)
GANTRY TRAVEL	300ft/min (91.44 m/min)
TROLLEY ROTATION	3/4 r/min
GANTRY RAIL	73 kg/m
POWER SUPPLY	AC 3300V 50Hz





GRUA DE PATIO SOBRE RIELES

030

040

250

262

263

VISTA DE FRENTE DE GRUAS PORTICO S/RIELES
PARA CARGA/DESCARGA DE FF.CC. Y CAMIONES

VISTA DE FRENTE

/RIELES

PARA CARGA/DESCARGA DE FC Y CAMIONES.

COMPARACION DE LOS DIVERSOS SISTEMAS DE MANEJO DE CONTENEDORES EN PATIO.

Dado el alto coosto de los equipos, esconveniente realizar estudios de laa demanda en en campo de los contenedores, para elejir desdee el punto de vista económico a largo plazo el sistema adecuado.

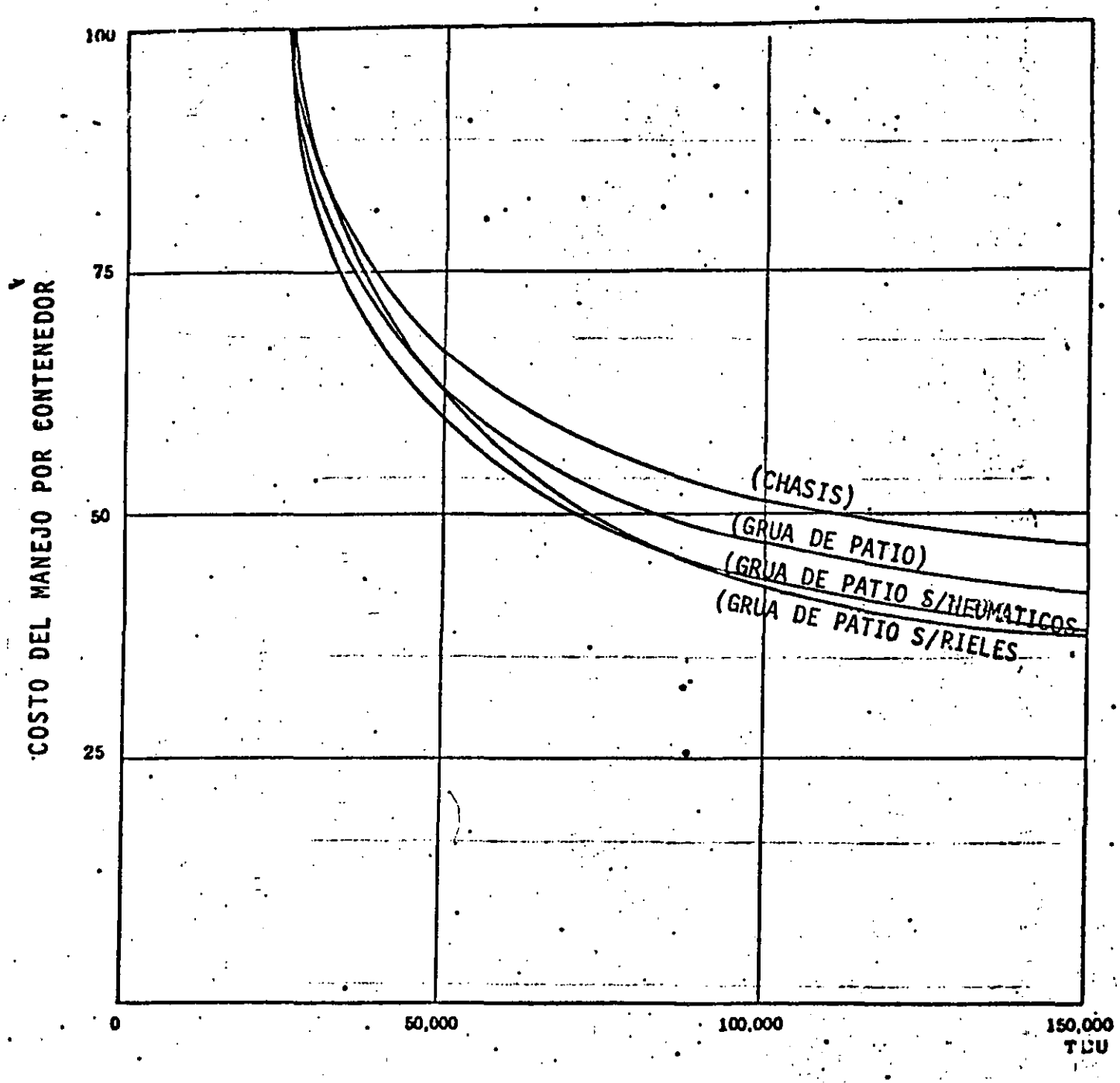
Los equipos mayores, tienen vidas económicas que varian de 15 a 25 años por lo que la decisión debe incluir horizontes de análisis del mismo orden.

A continuación se presentan una tabla mostrando el equipo y áreas necesarias en cada sistema. Una comparación de costos en función del sistema empleado y el número de contenedores manejados por año y por último un diagrama mostrando el costo relativo entre valor de terreno, el muelle y patios, los servicios y el equipamiento en terminales de contenedores del Japon. y una comparación cualitativa de los sistemas.

COMPARACION CUANTITATIVA DE LOS DIVERSOS SISTEMAS PARA MANEJO DE CONTENEDORES.

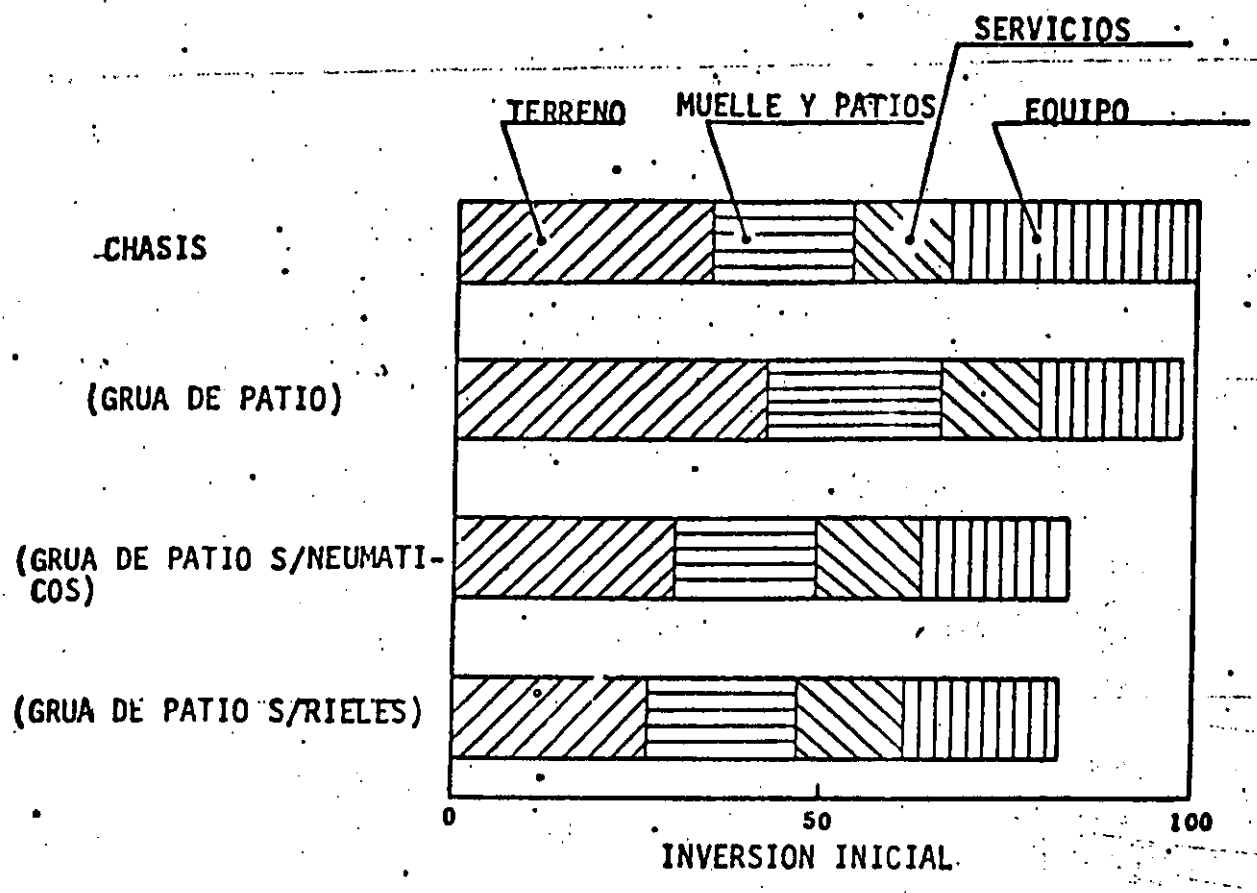
(CANTIDAD = 100,000 TEU)

SISTEMA	EQUIPO DE MANEJO						AREA EN TIERRA (HA)	CAPACIDAD DE PATIOS (TEU)
	GRUA PORTACONTENEDORES	CHASIS	GRUA DE PATIO	GRUA DE PATIO S/ NEUMATICOS	GRUA DE PATIO S/RIELES	TRACTOR		
CHASIS	2	720 + 30				18 + 2	10.77	1720
GRUA "U" DE PATIO	2		9				12.60	2904
GRUA PORTICO DEPATIO S/ NEUMATICOS	2	10 + 30		5		10 + 2	9.60	4086
GRUA PORTICO DE PATIO S/RIELES	2	10 + 30			2	10 + 2	8.37	4012



MANEJO DE CONTENEDORES POR AÑO

COSTO DEL MANEJO POR CONTENEDOR



COSTO RELATIVO A LOS DIVERSOS SISTEMAS DE MANEJO DE CONTENEDORES EN EL JAPON

COMPARACION CUALITATIVA DE SISTEMAS PARA MANEJO DE CONTENEDORES

CONCEPTO \ SISTEMA	TRACTOR CON CHASIS	GRUA DE PATIO	GRUA DE PATIO S/ NEUMATICOS	GRUA DE PATIO S/RIELES
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	△	○	◎	◎
COSTO INICIAL	△	○	◎	◎
SIMPLICIDAD	◎	○	△	△
EFICIENCIA EN LA TRANSFERENCIA	◎	○	△	○
EFICIENCIA EN MUELLE	△	◎	△	△
FLEXIBILIDAD DE LAS OPERACIONES	◎	○	△	△
SEGURIDAD DE LOS CONTENEDORES	◎	△	○	○
COSTO DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	○	△	◎	◎
FLEXIBILIDAD DE LAS OPERACIONES	◎	◎	△	△
POSIBILIDAD DE AMPLIACION DE AREAS	◎	○	△	△
ADAPTACION A LA AUTOMATIZACION	△	△	○	◎
CARGA /DESCARGA A F.C.	△	△	○	◎

◎ EXCELENTE ○ BUENO △ CUESTIONABLE

1.- (1) Grúa portacontenedores para 40 ton. bajo Spreader.

2.- Tracto camiones; alimentar a grúas pórtico.
(4) Tractores
(8) Plataformas de 20 ton.

3.- (2) Grúas pórtico de patio (3+1)(2+1)

4.- Tractor ferroviario.

5.- Grúa pórtico para carga/descarga de furgones.

6.- Tracto camiones con quinta rueda hidráulica para bodega de consolidación de carga.
(4) Tractores
(10) Chasises de 20 ton.

7.- (4) Montacargas de 4500 lbs. con horquillas de movimiento lateral, para consolidar contenedores.

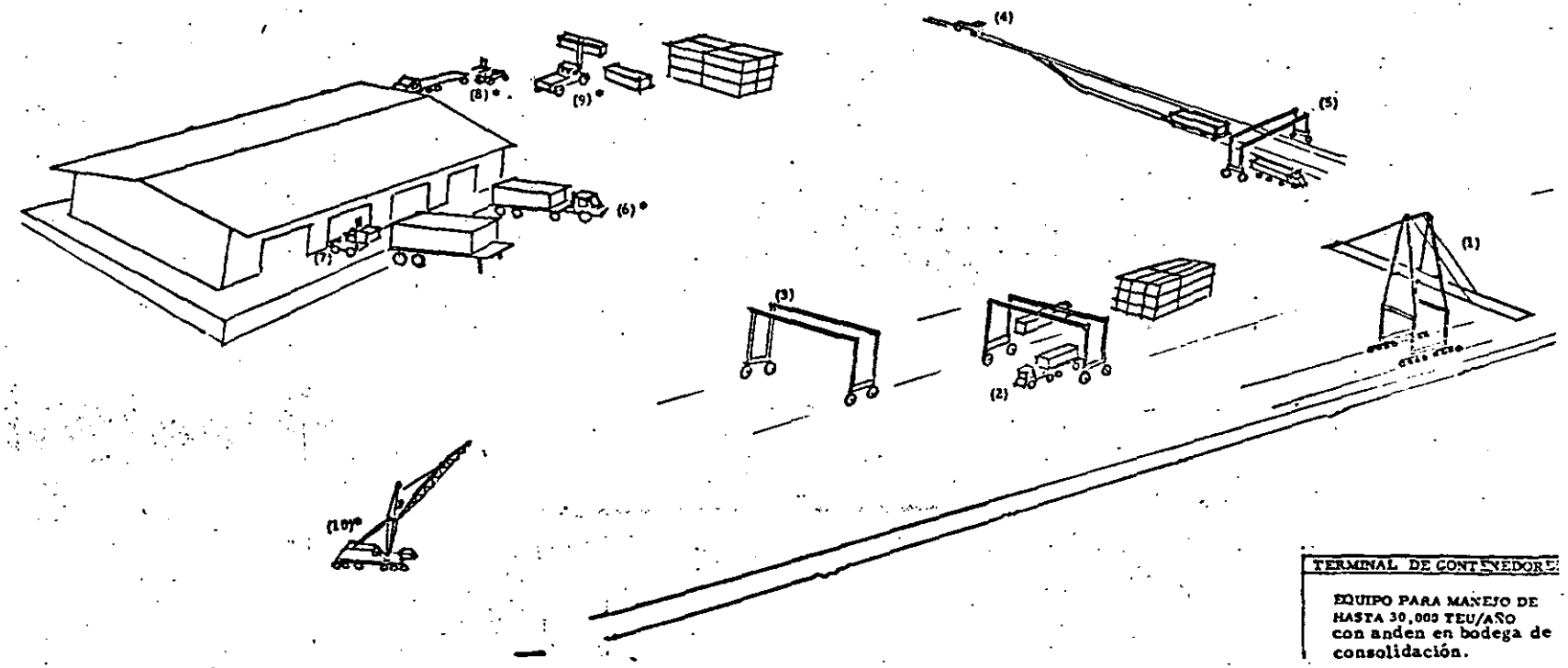
8.- (2) Montacargas de 15,500 lbs. para cargas pesadas en contenedores abiertos.

9.- (2) Montacargas de 30,000 lbs. p/ contenedores vacios, con spreader lateral y horquillas.

0.- (1) Grúa usos multiples de 250 ton. como auxilio a la grúa portacontenedores, y cargas pesadas.

* Equipo compatible con carga general fraccionada.

JPV/ Agosto 19, 1984.



TERMINAL DE CONTENEDORES

EQUIPO PARA MANEJO DE HASTA 30,000 TEU/AÑO con anden en bodega de consolidación.

1.- (1) Grúa portacontenedores para 40 ton. bajo Spreader.

2.- Tracto camiones: alimentar a grúas pórtico.
(4) Tractores
(8) Plataformas de 20 ton.

3.- (2) Grúas pórtico de patio (34t)(24t)

4.- Tractor ferroviario.

5.- Grúa pórtico para carga/descarga de furgones.

6.- Tracto camiones con quinta rueda hidráulica para bodega de consolidación de carga.
(4) Tractores
(10) Chasises de 20 ton.

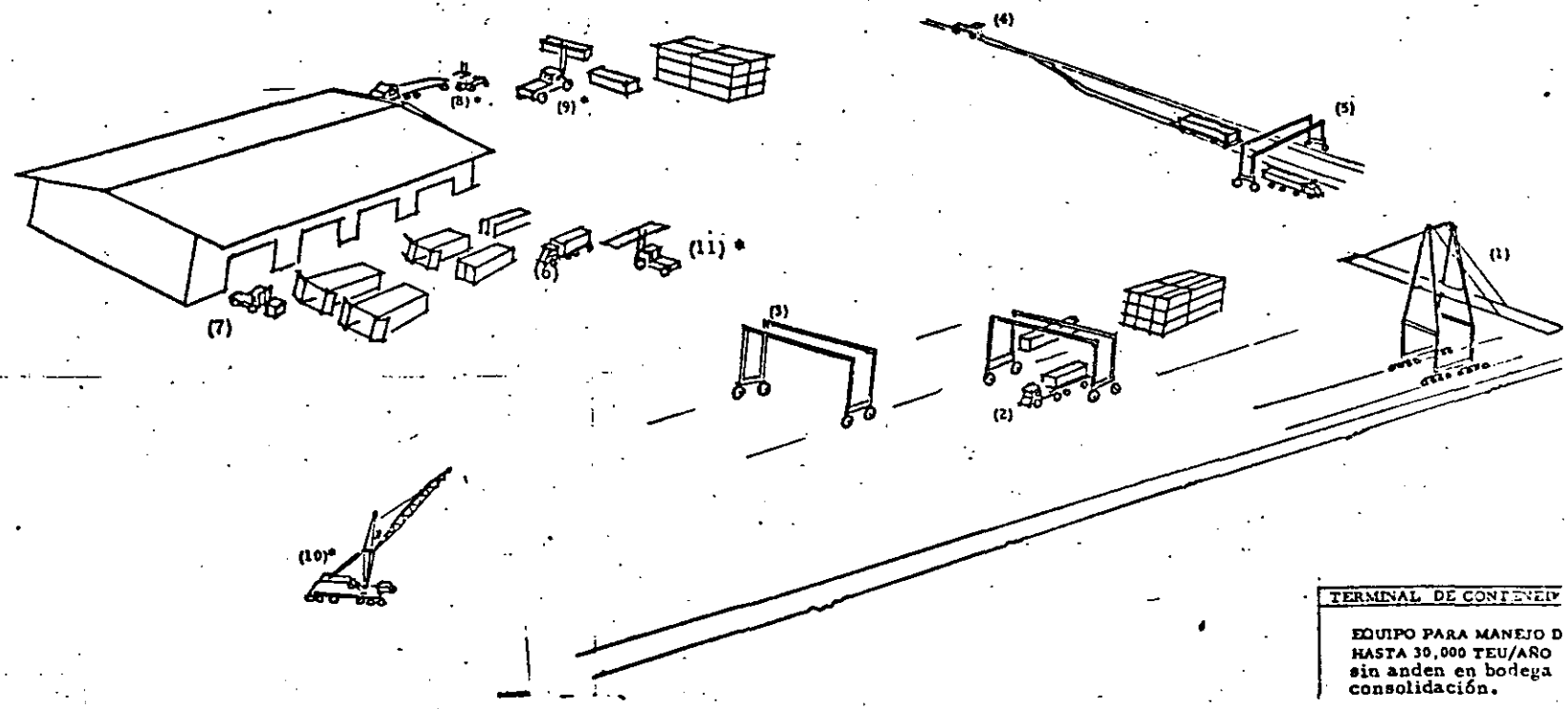
7.- (4) Montacargas de 4500 lbs. con horquillas de movimiento lateral, para consolidar contenedores.

8.- (2) Montacargas de 15,500 lbs. para cargas pesadas en contenedores abiertos.

9.- (2) Montacargas de 30,000 lbs. p/ contenedores vacios, con spreader lateral y horquillas.

10.- (1) Grúa usos multiples de 250 ton. como auxilio a la grúa portacontenedores, y cargas pesadas.

11.- montacargas 80,000 lbs. con spreader para contenedores llenos 20 / 40" en consolidación carga



* Equipo compatible con carga general fraccionada.

Nota: Para carga/descarga de trailer se require anden.

JPV/ Agosto 19, 1984.

ORIGINAL

TERMINAL DE CONTENED

EQUIPO PARA MANEJO D
HASTA 30,000 TEU/AÑO
sin anden en bodega
consolidación.

TIPOS Y DIMENSIONES DE CONTENEDORES.

DEFINICION.

DE ACUERDO A LAS NORMAS INTERNACIONALES DE 150 (INTERNATIONAL STANDARITATION ORGANITATION) SE DEFINE COMO CONTENEDOR A UN - ELEMENTO DEL EQUIPO DE TRANSPORTE, QUE CUMPLE CON LAS SIGUIENTES DISPOSICIONES:

a). DE CARACTER PERMANENTE Y POR TANTO SUFICIENTEMENTE RESISTENTE PARA PERMITIR SU USO REPETIDO.

b). ESPECIALMENTE IDEADO PARA FACILITAR EL TRANSPORTE DE MERCANCIAS POR UNO O VARIOS MODOS DE TRANSPORTE, SIN MANIPULACION INTERMEDIA DE LA CARGA.

c). PROVISTO DE DISPOSITIVOS QUE PERMITAN SU FACIL MANEJO Y,- EN PARTICULAR SU TRANSBORDO DE UN MODO DE TRANSBORDO A -- OTRO.

d). DISEÑADO DE MANERA QUE SEA FACIL DE LLENAR Y VACIAR.

e). DE UN VOLUMEN INTERIOR DE UN METRO CUBICO (353 pies cubicos), POR LO MENOS.

CARACTERISTICAS:

SI BIEN LOS CONTENEDORES DEBEN SER DE CONSTRUCCION RIGIDA, - ALGUNOS SON PLEGABLES, O PUEDEN SER DESMONTABLES Y POSTERIOR

MENTE SER ARMADOS NUEVAMENTE. PUEDEN SER DE ACERO, ALUMINIO, MADERA CONTRACHAPADA O FIBRA DE VIDRIO, O DE UNA COMBINACION DE ESTOS MATERIALES. EL CONTENEDOR PUEDE TENER UNA PUERTA EN UN EXTREMO O EN UNA PARED LATERAL O ESTAR DECUBIERTO EN SU - PARTE SUPERIOR PARA SER CARGADO Y/O DESCARGADO. LOS PRINCIPALES TIPOS DE CONTENEDORES QUE SE EMPLEAN ACTUALMENTE SON LOS DE 20 PIES, CON UN PESO BRUTO DE 20 TONS. Y LOS DE 40 PIES,- CON UN PESO BRUTO MAXIMO DE 40 TONS. DEBIDO A SU ESTANQUEI-- DAD, LOS CONTENEDORES PROTEJEN LA CARGA DE LA INTEMPERIE.

CLASIFICACION:

DE ACUERDO A LAS NORMAS 150, LOS CONTENEDORES DE LA SERIA 1 PARA CARGA GENERAL, SE MUESTRAN EN LAS SIGUIENTES TABLAS.

CLASIFICACION Y DIMENSIONES GENERALES.

LA SERIE 1 DE CONTENEDORES, TIENE UN ANCHO DE, 2438 mm.(8 - PIES). LA LONGITUD SE MUESTRA EN LA SIGUIENTE TABLA.

CLASIFICACION	ALTURA	LARGO	
		m.	ft.
1 AA	8' 6"	12	40
1 A	8'		
1 AX	8'.- X VARIA DE 0 A 8'		
1 BB	8' 6"	9	30
1 B	8'		
1 BX	8'.- X VARIA DE 0 A 8'		
1 CC	8' 6"	6	20
1 C	8'		
1 CX	8'.- X VARIA DE 0 A 8'		
1 D	8'	3	10
1 DX	8'.- X VARIA DE 0 A 8'		

DIMENSIONES EXTERNAS Y PESO MAXIMO PERMISIBLE.

CLASIFICACION	LARGO mm.	LARGO pies	LARGO pul.	ANCHO mm.	ANCHO pies	ALTURA mm.	ALTURA pies	ALTURA pul.	PESO BRUTO MAXIMO PERMISIBLE kg.	PESO BRUTO MAXIMO PERMISIBLE lb.
1 AA	12192	40		2438	8	2591	8	6	30480	67200
1 A	12192	40		2438	8	2438	8		30480	67200
1 AX	12192	40		2438	8	2438	8		30480	67200
1 BB	9125	29	11 1/4	2438	8	2591	8		25400	56000
1 B	9125	29	11 1/4	2438	8	2438	8		25400	56000
1 BX	9125	29	11 1/4	2438	8	2438	8		25400	56000
1 CC	6058	19	10 1/2	2438	8	2591	8	6	20320	44800
1 C	6058	19	10 1/2	2438	8	2438			20320	44800
1 CX	6058	19	10 1/2	2438	8	2438	8		20320	44800
1 D	2991	9	9 3/4	2438	8	2438	8		10160	22400
1 DX	2991	9	9 3/4	2438	8	2438	8		10160	22400

DIMENSIONES INTERNAS.

Altura mínima	(1A,1B y 1C)	2197 mm.	68 1/2	pul
	(1AA, 1BB y 1CC)	2350 mm.	92 1/2	"
Altura mínima de la puerta	(1A, 1B y 1C)	2134 mm.	84	"
	(1AA, 1BB y 1CC)	2261 mm.	89	"
Ancho mínimo		2330 mm.	91 3/4	"
Ancho mínimo de la puerta		2286 mm.	90	"

* La altura mínima no incluye a los contenedores refrigerados, los cuales tienen generalmente menor ó igual a 2077 mm. (81 3/4")

** El ancho mínimo para contenedores refrigerados es 2200 mm.(86 5/8")

LOS CONTENEDORES ESTAN DISEÑADOS PARA SER APILADOS HASTA SEIS ALTURAS EN PATIOS DE ALMACENAMIENTO (EN LA PRACTICA CINCO ALTURAS, DEPENDIENDO DE LA VELOCIDAD DE LOS VIENTOS DOMINANTES Y REINANTES). A BORDO DE LAS EMBARCACIONES, LA ALTURA DE ESTIBA EN BODEGA ES DE HASTA NUEVA CONTENEDORES Y SOBRE CUBIERTA Y TAPA ESCOTILLAS DEL 25 AL 35% DE LA ESTIBA EN BODEGA, O SEA DE TRES A CUATRO CONTENEDORES, NORMALMENTE VACIOS.

CONTENEDORES FUERA DE LAS NORMAS 150:

LOS CONTENEDORES DE 20' ESTAN DISEÑADOS PARA OPERAR CON CARGA BRUTA DE 20,320 KG., SIN EMBARGO EN ALGUNAS RUTAS SE MANEJAN DE 24,000 KG.

LOS CONTENEDORES-TANQUE GENERALMENTE ESTAN DISEÑADOS PARA 24,000 KG., DE PESO BRUTO, PERO EXISTEN DE 25,000 KG.. EN LAS RUTAS MARITIMAS DE AMERICA DEL NORTE SE UTILIZAN CONTENEDORES DE 40' X 8' X 6" (2900 mm.). LOS CUALES NO SON UTILIZADOS EN PAISES CON LIMITACIONES DE DESCARGA POR EJE Y GALIBO DE PUENTES.

CONTENEDORES SEALAND (35 PIES DE LARGO)

EN ESTE TIPO DE CONTENEDORES LOS PUNTOS DE IZAJE DE LAS ESQUINAS ES DIFERENTE A LOS CONTENEDORES-150, POR LO QUE HAY QUE PREVER ESTO EN EL DISEÑO DEL BASTIDOR DE IZAJE DE LOS CONTENEDORES. SEA-LAND INTRODUJO UN NUEVO CONTENEDOR DE 40' CON DOBLE SISTEMA DE IZAJE.

CONTENEDOR DE 45 PIES DE LARGO.

EN LAS RUTAS ENTRE FILIPINAS, JAPON Y EE.UU. SE INICIO LA UTILIZACION DE ESTE TIPO DE CONTENEDORES, POR LO QUE SE TENDRA QUE ESTUDIAR SU POSIBLE UTILIZACION EN UN FUTURO EN NUESTRO PAIS.

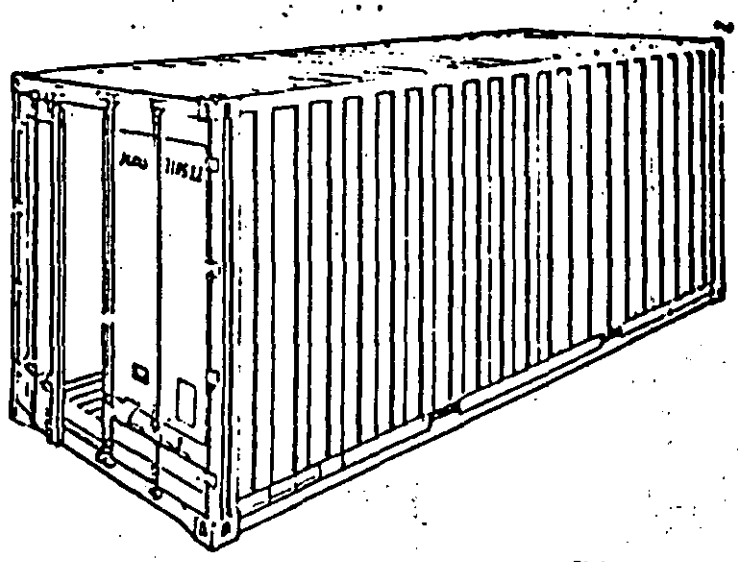
TIPOS DE CONTENEDORES 150.

1.- CONTENEDORES DE CARGA GENERAL.

COMPRENDE LOS CONTENEDORES CERRADOS CON PUERTAS EN UN EXTREMO Y EN LAS PAREDES LATERALES; LOS DE TECHO ABIERTO; LOS DE PAREDES LATERALES ABIERTAS; LOS DE PAREDES Y TECHO ABIERTO, PLATAFORMAS, MEDIA ALTURA Y LOS VENTILADOS (NO ISOTERMOS).

20'x8'x8' Dry Cargo

CARGA SECA

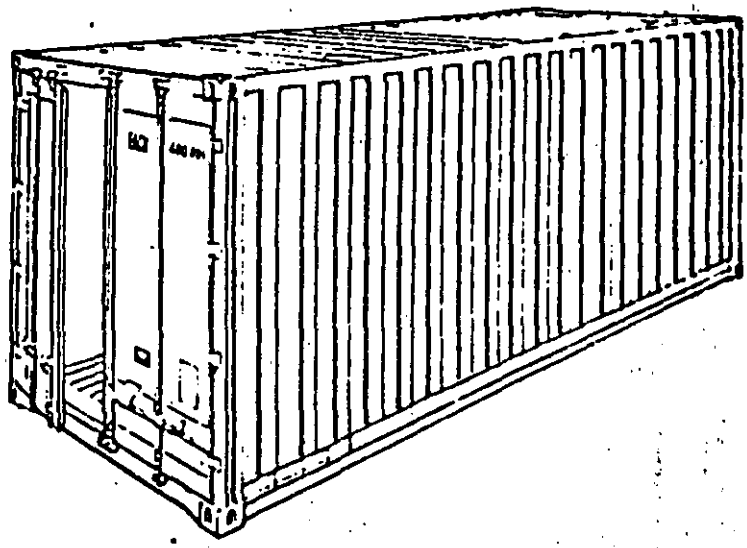


Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
JLCU containers approved by Germanische Lloyd and/or American Bureau of Shipping.
BSLU/EACU containers approved by Lloyds Register of Shipping.
Certified for inland transport under customs seal.

Fittings:
- fork pockets
- fumigation point

20'x8'x8'6" Dry Cargo

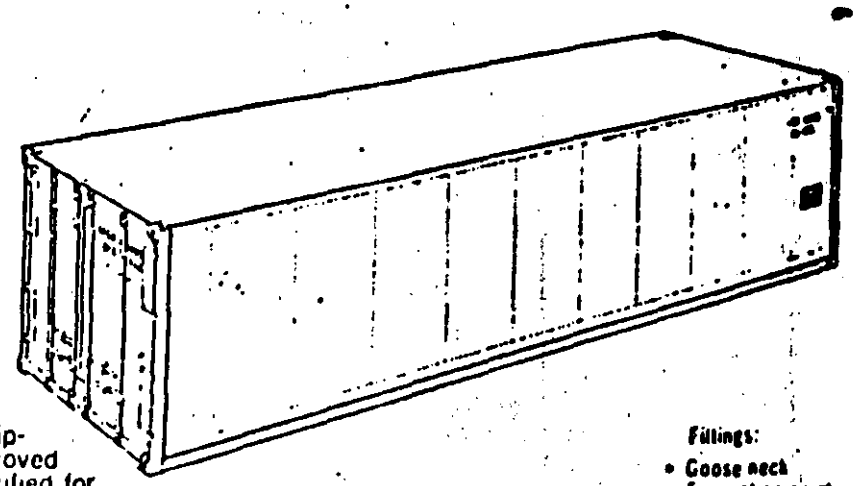
CARGA SECA



Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
Approved by Lloyds Register of Shipping.
Certified for inland transport under customs seal.

40'x8'x8'6" Dry Cargo

CARGA SECA

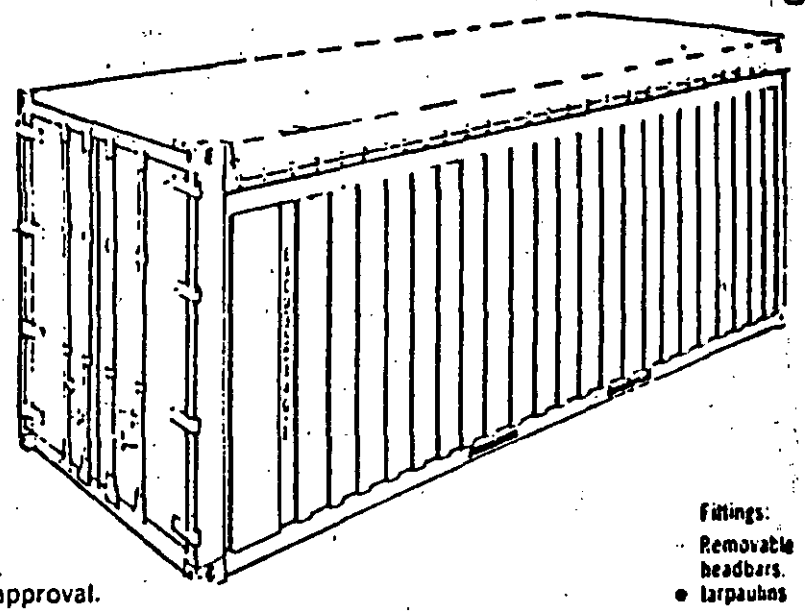


Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards. JLCU containers approved by Germanische Lloyd and/or American Bureau of Shipping. BSLU/EACU containers approved by Lloyds Register of Shipping. Certified for inland transport under TIR approval.

Fittings:
- Goose neck
- Fumigation point

20'x8'x8' OpenTop

SIN TECHO

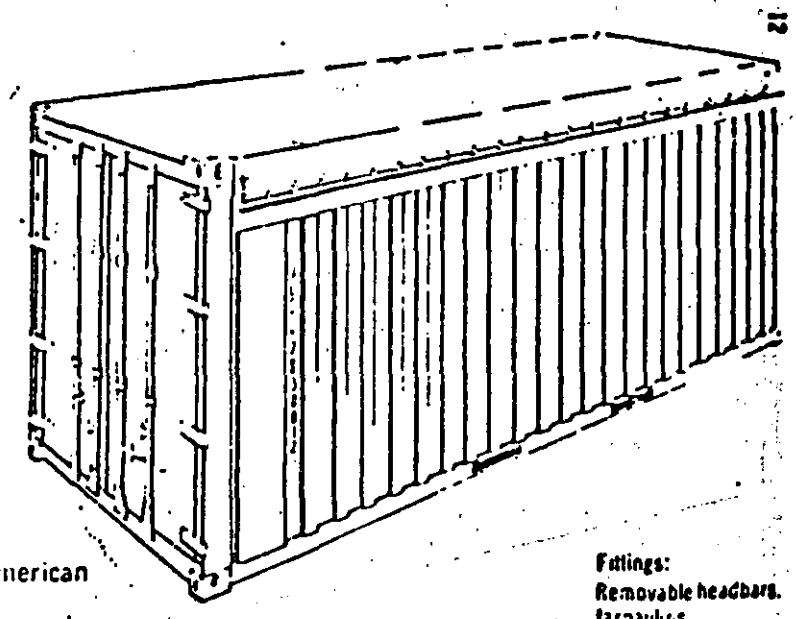


Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
Approved by Lloyds Register of Shipping.
Certified for inland transport under TIR approval.

Fittings:
- Removable headbars.
- tarpaulins

20'x8'x8'6" OpenTop

SIN TECHO

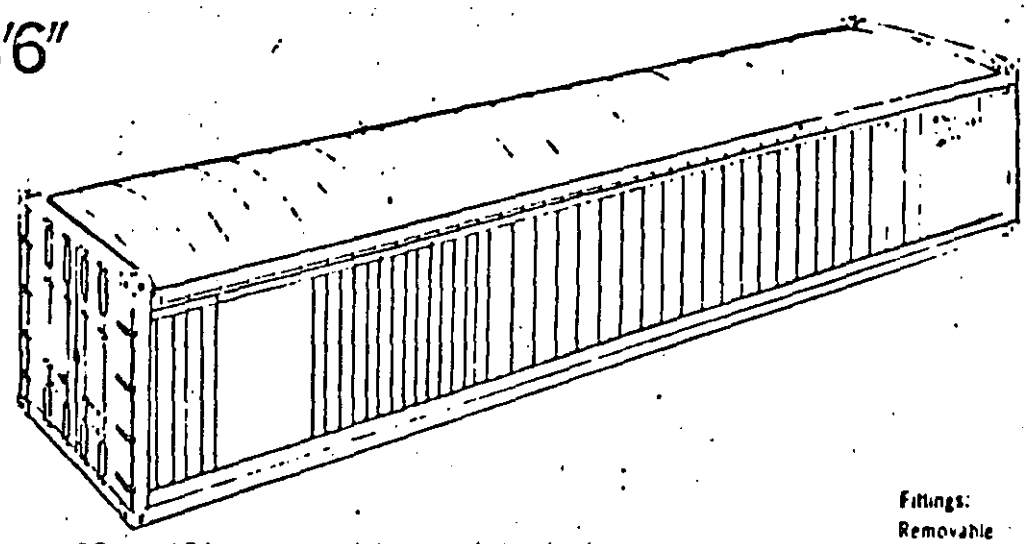


Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
Approved by Germanische Lloyd and/or American Bureau of Shipping.
Certified for inland transport under TIR approval.

Fittings:
Removable headbars.
tarpaulins

40'x8'x8'6" OpenTop

SIN TECHO

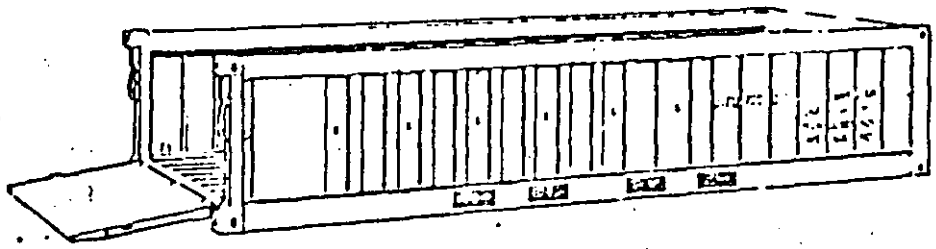


Fittings:
Removable headbars tarpaulins and lift out bows

Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
Approved by Lloyds Register of Shipping.
Certified for inland transport under TIR approval.

20'x8'x4' Bin

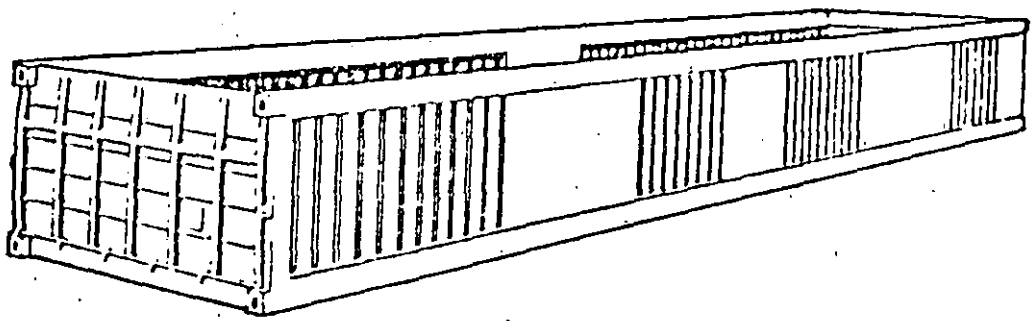
MEDIO CONTENEDOR



Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
JLCU containers approved by Germanische Lloyd and/or American Bureau of Shipping.
BSLU and EACU containers approved by Lloyds Register of Shipping.
Not certified for inland transport under TIR approval.

40'x8'x4' Bin

MEDIO CONTENEDOR

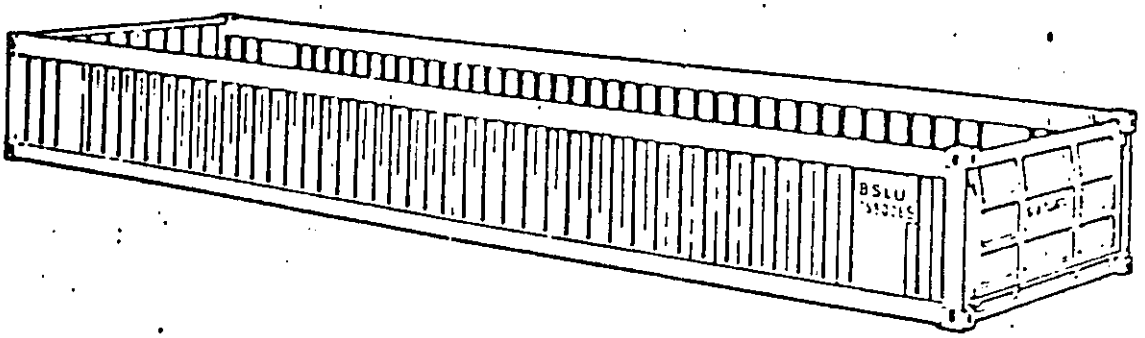


Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
Approved by Germanische Lloyd and/or American Bureau of Shipping.
Not certified for inland transport under TIR approval.

40'x8'x4'3"
Bin

MEDIO

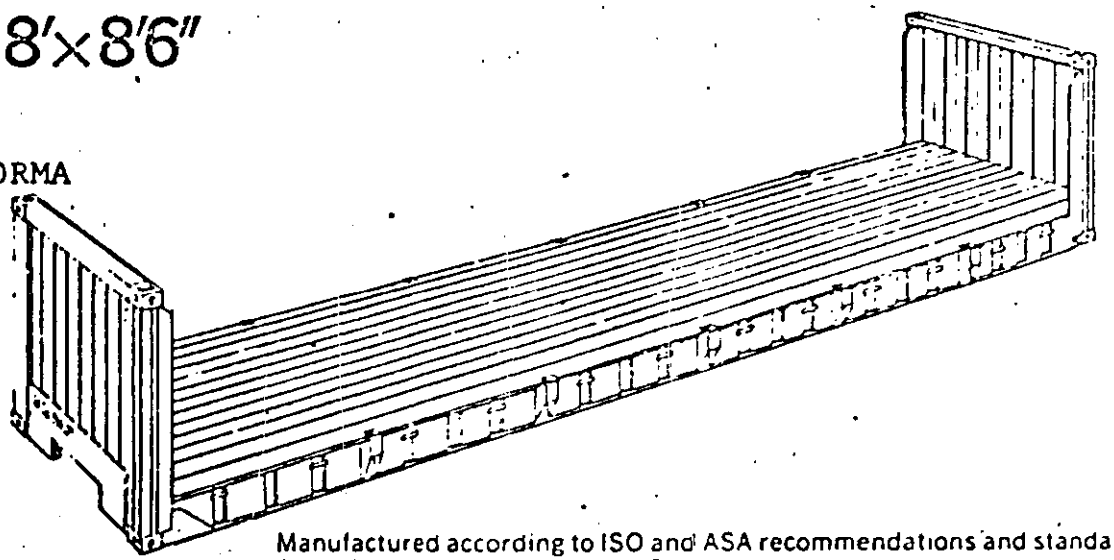
CONTENEDOR



Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
Approved by Lloyds Register of Shipping.
Not certified for inland transport under TIR approval.

40'×8'×8'6"
Flats

PLATAFORMA



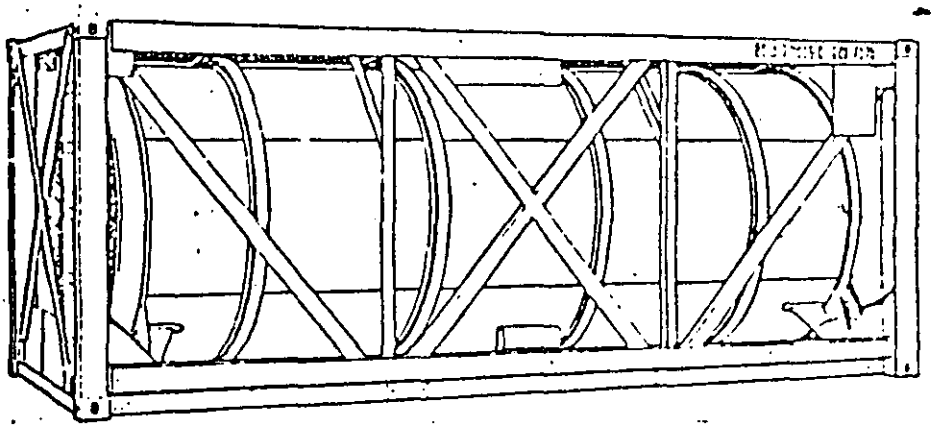
Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
Approved by Lloyds Register of Shipping.
Not certified for inland transport under TIR approval.

2.- CONTENEDORES CISTERNA .- PARA EL TRANSPORTE DE LIQUIDOS A GRANEL Y DE GAS COMPRIMIDO.

3.- CONTENEDORES TANQUE .- PARA CARGA SECA A GRANEL, DE DESCARGA A GRAVEDAD O POR PRESION.

20'x8'x8'
Tank

TANQUE

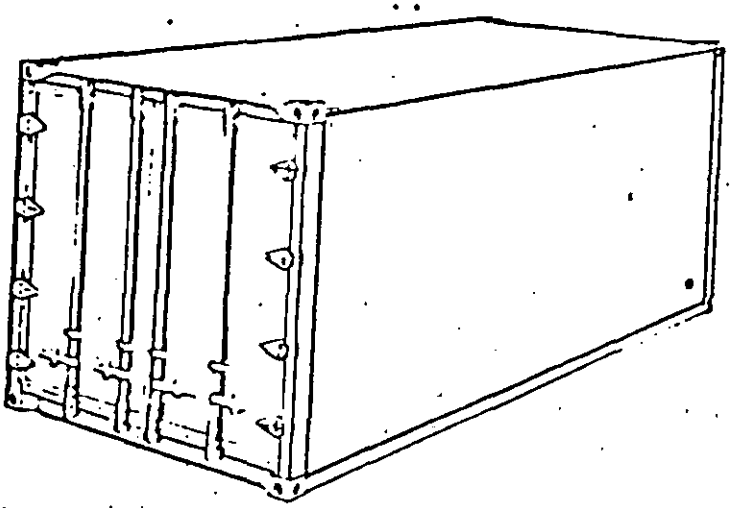


Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
JLCU containers approved by Germanische Lloyd and American Bureau of Shipping.
BSLU/EACU containers approved by Lloyds Register of Shipping.
Certified for inland transport under TIR approval.
DOT certificates: JLCU Nos. 6253, 6858. BSLU EACU No. 6500.

4.- CONTENEDORES ISOTERMO.

20'x8'x8'
Insulated

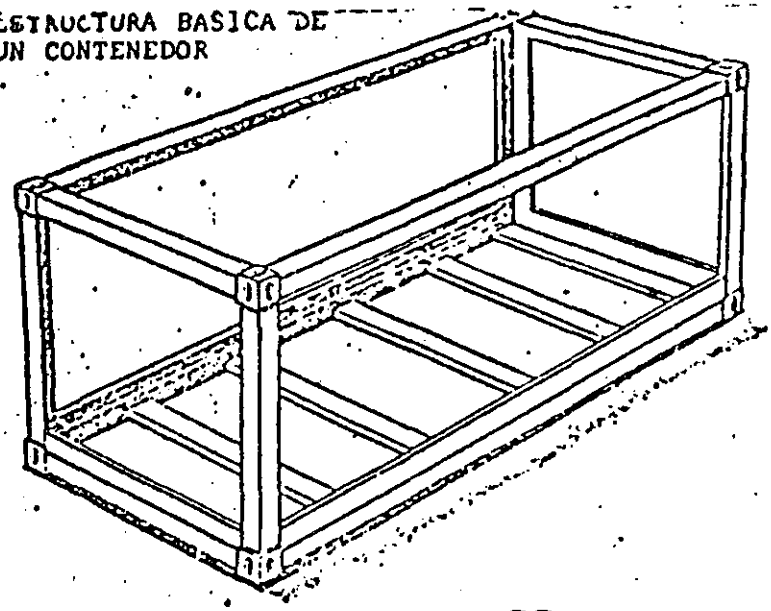
150 TERMOS

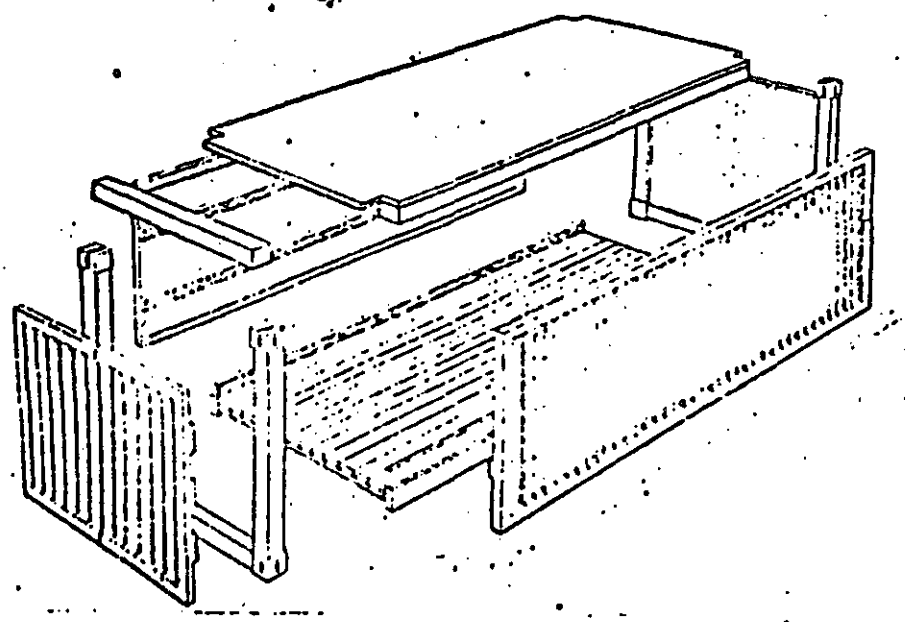


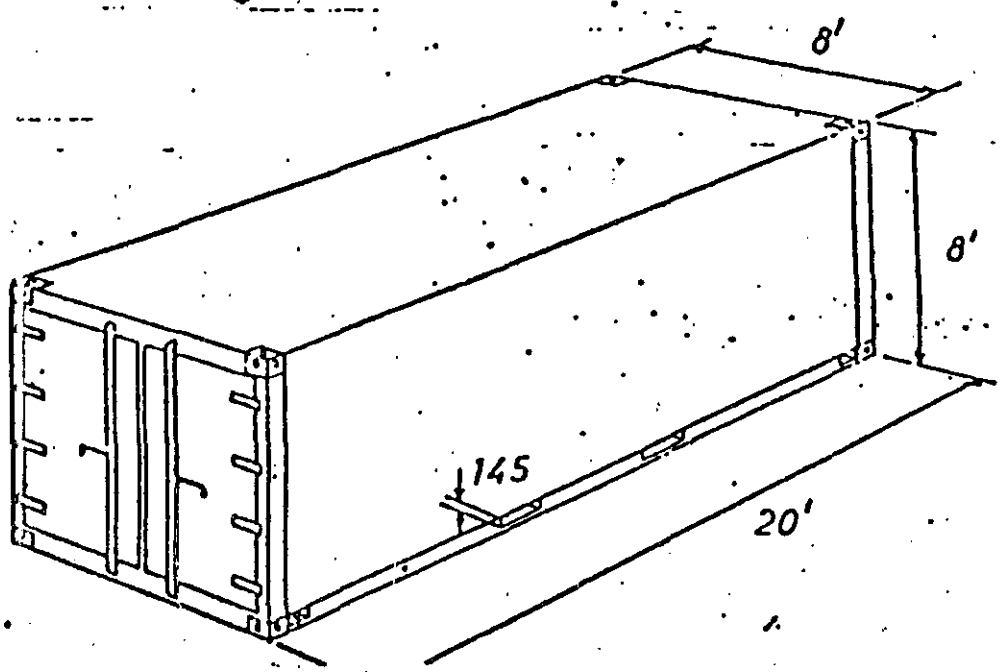
Manufactured according to ISO and ASA recommendations and standards.
JLCU containers approved by American Bureau of Shipping.
BSLU/EACU containers approved by Lloyds Register of Shipping.
Certified for inland transport under customs seal.

5.- **CONTENEDORES** ESPECIALES.- PLEGABLES, PARA GANADO Y **CON PERFORACIONES** PARA PIERNAS DE SOPORTE.

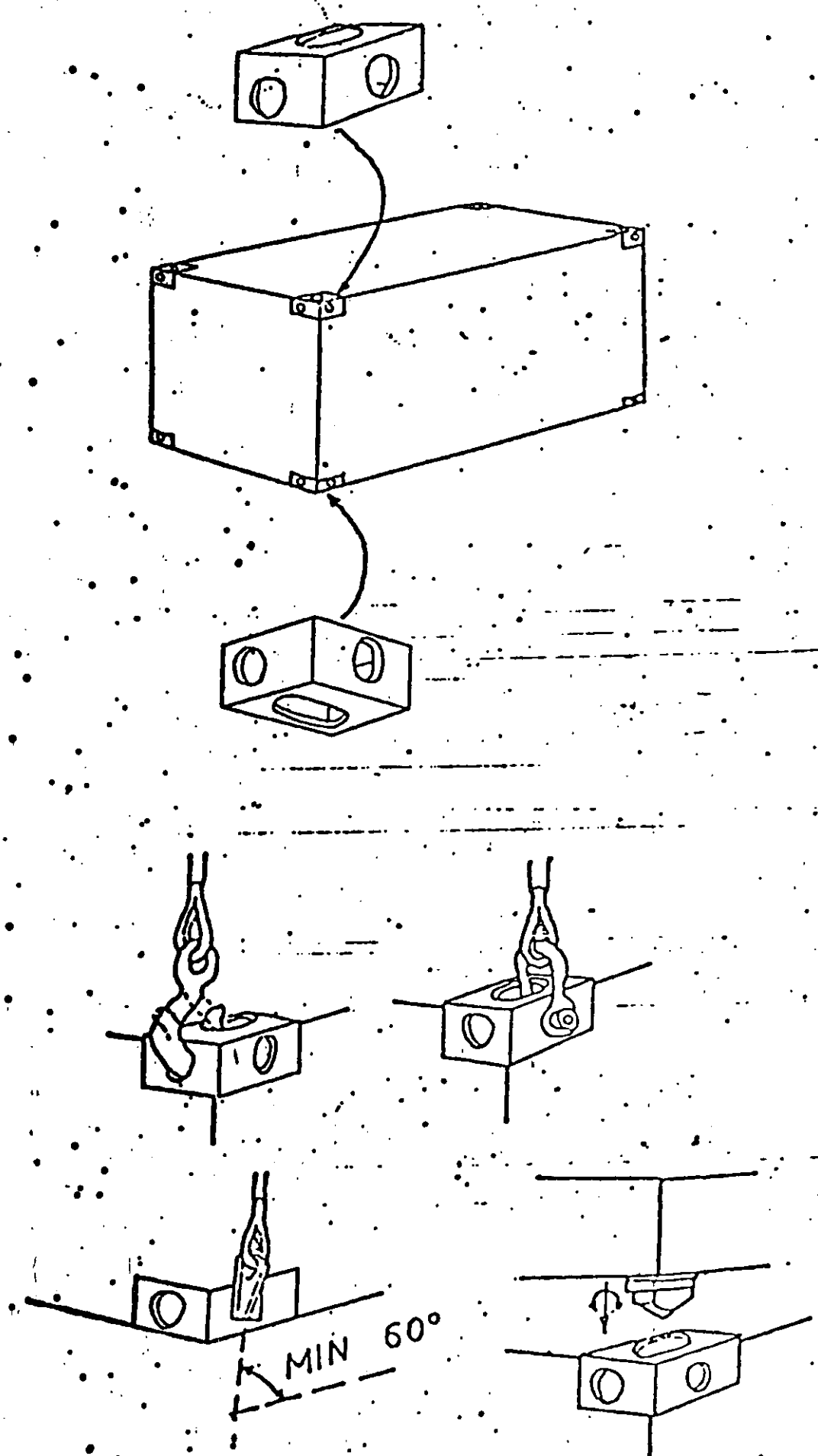
ESTRUCTURA BASICA DE
UN CONTENEDOR



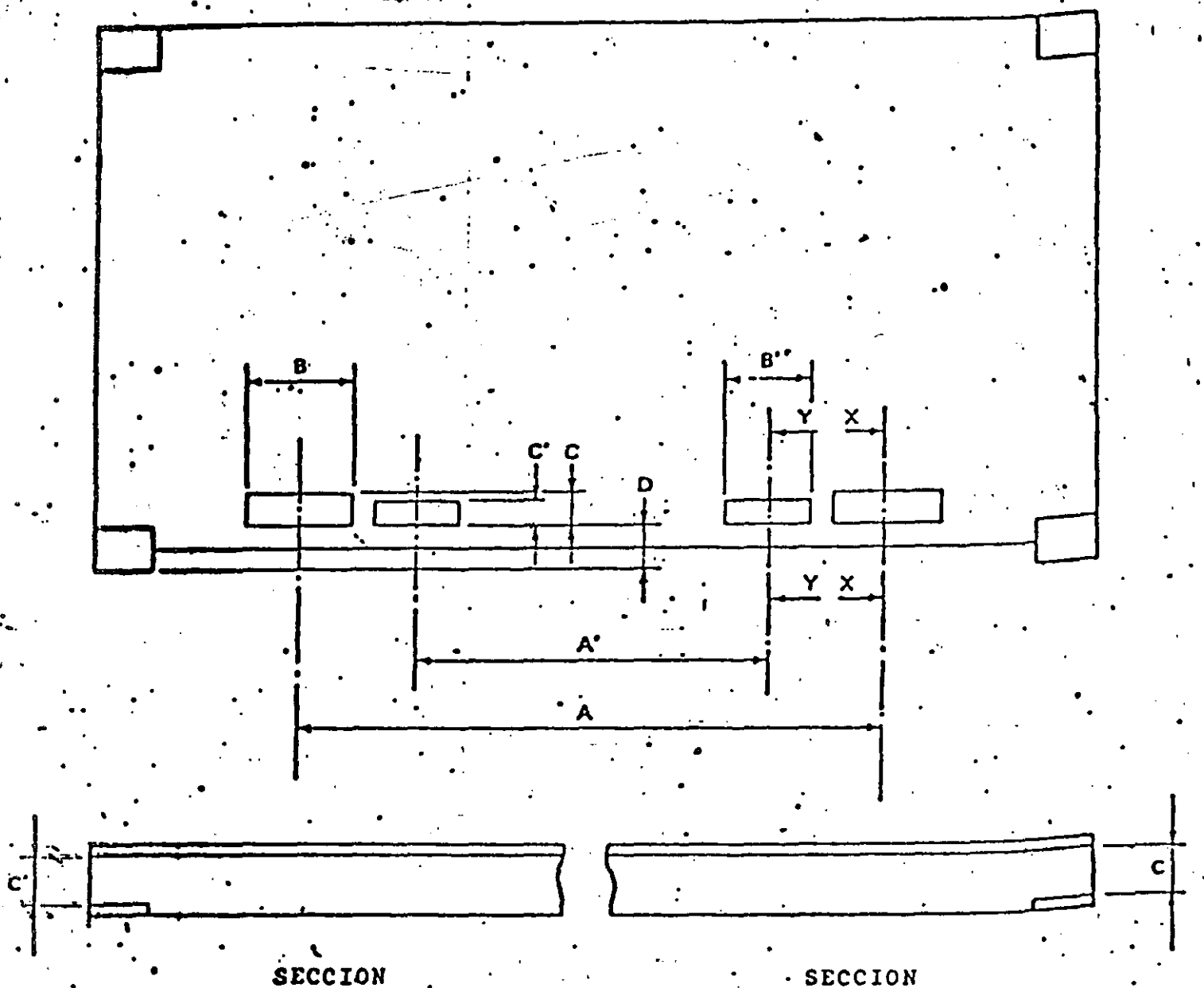




SISTEMA PARA IZAJE Y FIJACION DE CONTENEDORES EN CUBIERTA DEL BARCO.



DIMENSIONES DE TUNELES PARA HORQUILLAS DE MONTACARGAS



CONTENEDOR	DIMENSIONES													
	TUNELES PARA CARGA/DESCARGA DE CONTENEDORES CARGADOS								TUNELES PARA CARGA/DESCARGA DE CONTENEDORES VACIOS					
	mm				in				mm			in		
	A	B	C	D	A	B	C	D	A'	B'	C	A'	B'	C'
12C 10	2050 ± 50	355 min	115 min.	20 min.	81 ± 2	14 min	4½ min.	0.8 min.	900 ± 50	305 min.	102 min.	35½ ± 2	12 min	4 min.
10	900 ± 50	305 min.	102 min.	20 min	35½ ± 2	12 min.	4 min.	0.8 min.						

NOTA - C = ALTURA LIBRE

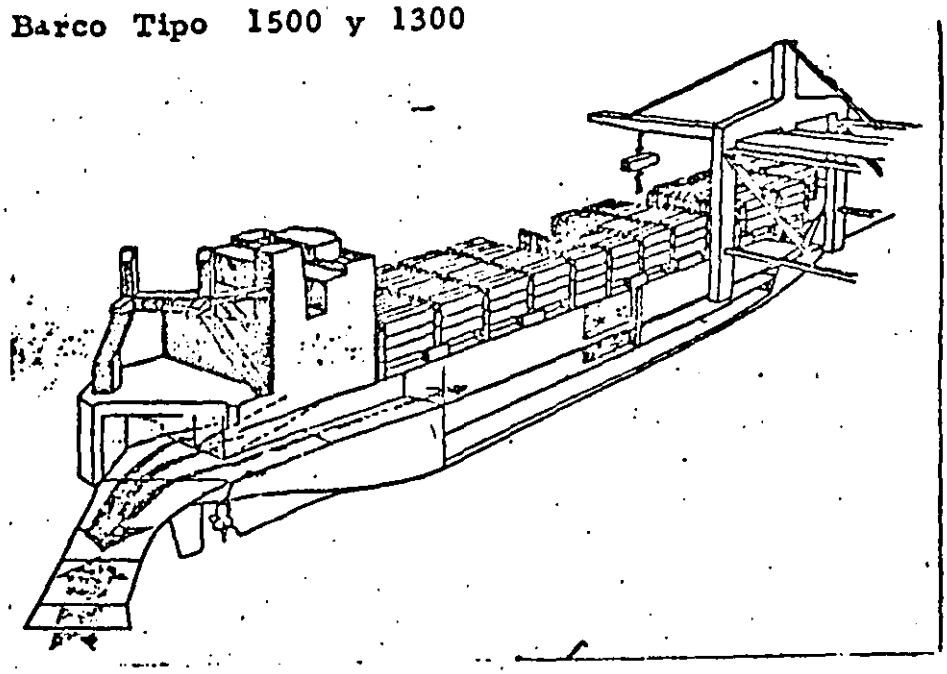
CONTENEDORES	20'	24'	30'	35'	40'	45'
1957		✓		✓		
1965	✓	✓	✓	✓	✓	
1983						✓
	ISO	MATSON	ISO	SEA LAND	ISO	AMERICAN PRESIDENT LINE
TARA	1900 Kg.				3500 Kg.	
CARGA UTIL	18 ton.				27 Ton.	
VALOR LAB. MEXICO	$ 2,000 US Dolares				$ 3,000	
USADO QUE REQUIERE MANTENIMIENTO	1/3 DE NUEVO				1/3 DE NUEVO	
REFRIGERADOS	X 2.5 DEL ESTANDAR NUEVO				X 2.5 DEL ESTANDAR NUEVO	
RENTA/DIA DE UN CONTENEDOR	$ 3 - 4				$ 7 - 8	

ANCHO : 8'
ALTO : 4, 8, 8' 6", 9' y 9' 6"
LARGO : ISO, 20 y 40'
Sea Land 35'

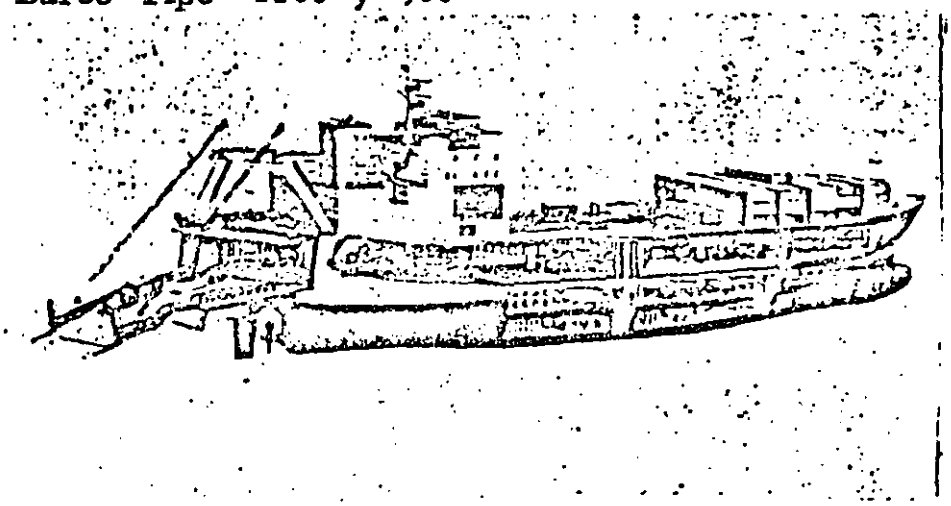
Abril 1984.

Barco mixto para el transporte de contenedores (Lift on/Lift off Lo/Lo) y transbordo de carga por rodadura (Roll on/Roll off - Ro/Ro), paralelamente al inicio del manejo de contenedores con equipo de tierra y barcos especializados (1960) surgio la necesidad de contar con una embarcación capaz de realizar el transbordo de la carga con el mínimo de equipo, para atender a los puertos que carecian de él. Estos barcos denominados "de transbordo por rodadura" (Ro/Ro) existen de la primera generación, o transbordadores de la 2a. , con rampas externas normalmente con un sentido de circulación de vehículos y los de la 3a. generación denominados con/Ro, por rampa con doble circulación para carga Ro/Ro bajo cubierta y sobre cubierta, transportar contenedores con el sistema Lo/Lo. Estos barcos por su alto costo, son empleados por los países Industrializados que manejan grandes volúmenes de carga de alta densidad económica en viaje redondo ó en países contituidos por infinidad de islas. Sin embargo se considera el barco del futuro por su alta eficiencia. A continuación se muestra este tipo de barcos.

Barco Tipo 1500 y 1300

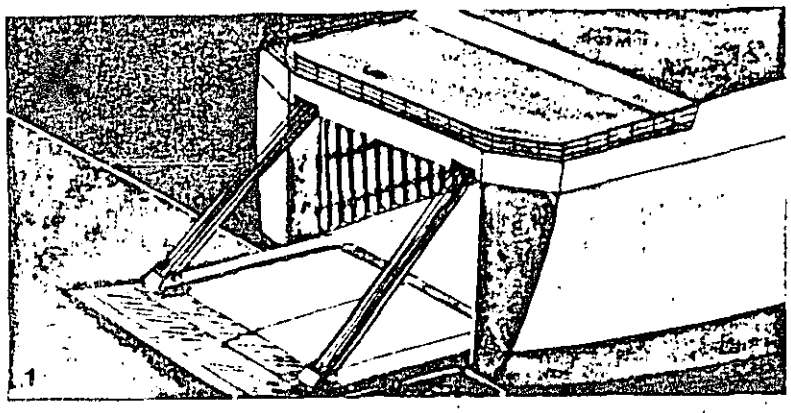


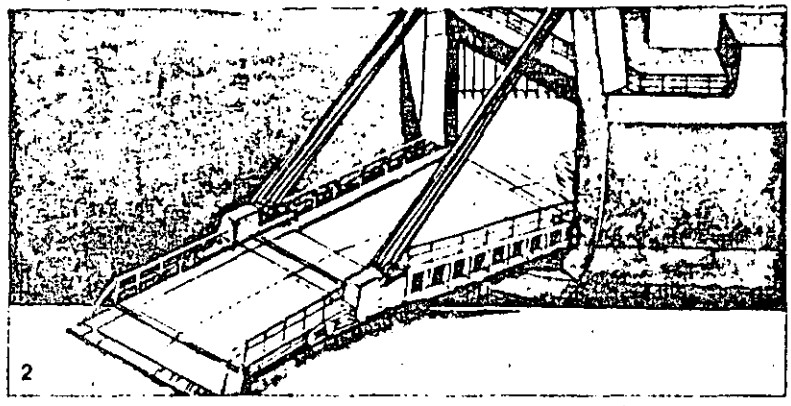
Barco Tipo 1100 y 900

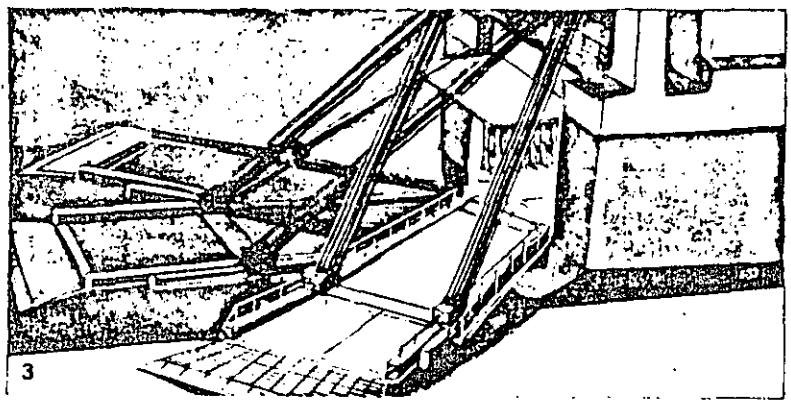


Tipo	1500	1300	1100	900
Eslora total	198.00 m.	182.26 m.	166.53 m.	150.80 m.
Eslora - P.P.	183.00 "	167.26 "	151.53 "	135.00 "
Manga	28.00 "	28.00 "	28.00 "	28.00 "
Puntal	17.70 "	17.70 "	17.70 "	17.70 "
Calado	9.30 "	9.40 "	9.50 "	9.50 "
TPM	23,900 t	21,100 t	18,200 t	14,800 t
Area de carga	12,210 m2.	10,690 m2.	9,170 m2.	7,650 m2.
Nº de contenedores	1,340 TEU	1,161 TEU	999 TEU	840 TEU
Velocidad	16.3 km.	16.8 km.	16.6 km.	17.1 km.

FUENTE: WWS/WORLD PORTS







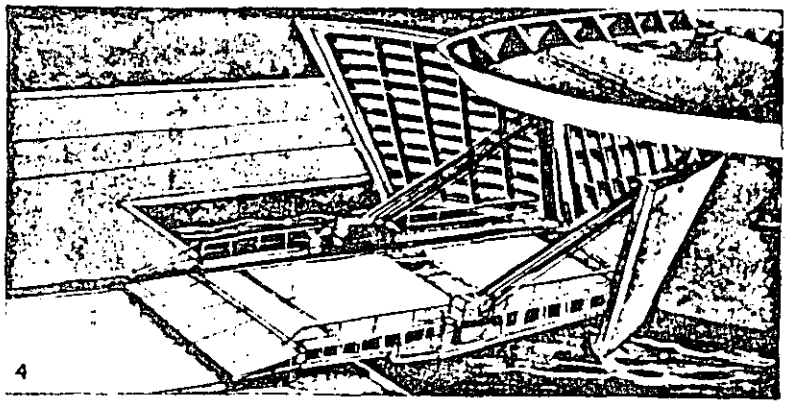


Fig. 7. Ramps on roll-on/roll-off ships.
1 Straight stern ramp (axial ramp); *2* Angled ramp (quarter ramp) *3* Slewing stern ramp; *4* Bow ramp.

have a deadweight of 43,000 tons and can carry up to 83 lighters each having a gross weight of 500 tons.

Ships of the "Seabee" type employ a completely different handling system. An enormous lift platform capable of lifting 2,700 tons is located at the stern. With this two lighters, each having a maximum deadweight of 1,070 tons can be raised out of the water to the level of a cargo deck. Rail-mounted trolleys are then pushed under the lighters, and these carry them along the length of the ship to their stowage position. The "Seabee" ships have a deadweight of 38,000 tons, and can carry 26 lighters, each of 1,100 deadweight tons, on three decks.

Another type of barge carrier is the "BACAT" (BArge CATamaran). The "BACAT" has a deadweight of only 2,700 tons. It is designed somewhat on the lines of a catamaran, although it is only at the stern that there are two hulls, which are combined into one at the bow. The lighters, which weigh 180 tons, are pushed into this "slot" between the hulls, and are then lifted up to the deck by a lift platform, and then moved to their stowage places. Ten lighters can be carried on deck, and three LASH lighters can be accommodated in the space between the hulls.

Yet other barge carrier systems have been designed and built. There is, for example, the BACO-Liner (BArge-COntainer-Liner), where 12 barges, each of 800 deadweight tons, are floated into the flooded lower hold through a bow door. In addition the BACO-Liner can load 500 containers on deck by means of its shipborne 40-ton crane. Other similar float-on/float-off systems have been introduced under the names "CONDOC" and "CAPRICORN". In the case of the "CONDOC" system the barges are again floated into the lower hold through a bow door, and after the dock ship has been flooded down still further they are secured to the deckhead. The tanks are then pumped out so that the ship rises out of the water again, and a second layer of barges can be floated in beneath those suspended from the deckhead. When the ballast tanks are completely emptied this second layer of barges settles on the double bottom.

The technically relatively simple and energy-saving float-

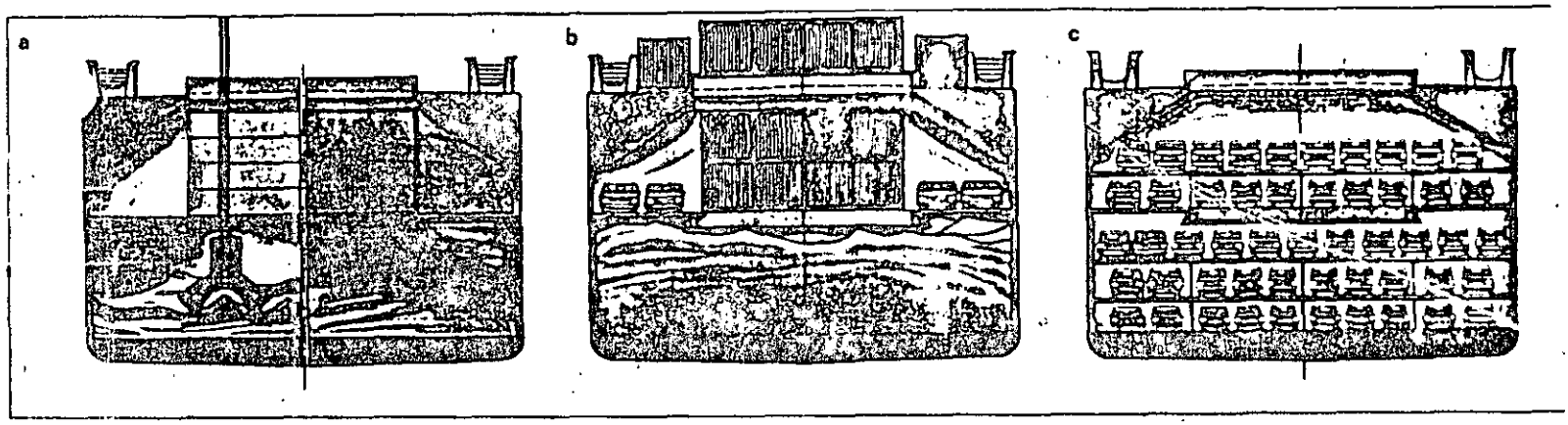


Fig. 5. Cross-section through the cargo hold of a multi-purpose cargo vessel.
a) carrying bulk cargo; b) carrying bulk cargo, containers and motor vehicles; c) carrying motor vehicles.

This shipborne cargo-handling equipment is by no means cheap, and for the most part it is not required in European ports. Nevertheless it is still essential that it be fitted, since there are still many ports in all parts of the world that do not dispose of a single crane, and that will not be obtaining any cranes in the near future. It is also necessary to bear in mind the possibility of having to work cargo while moored off the shore.

Because of their suitability for carrying containers, modern general-cargo ships (in the construction of which the GDR shipyards occupy one of the leading positions in the world), can also be described as semi-container ships. As a result of the high technical level of general-cargo ships, the high degree of automation of their plant and machinery, their improved adaptation to the transport and cargo-handling requirements, and above all as a result of the increases in speed, ships of this type have become increasingly expensive in recent years.

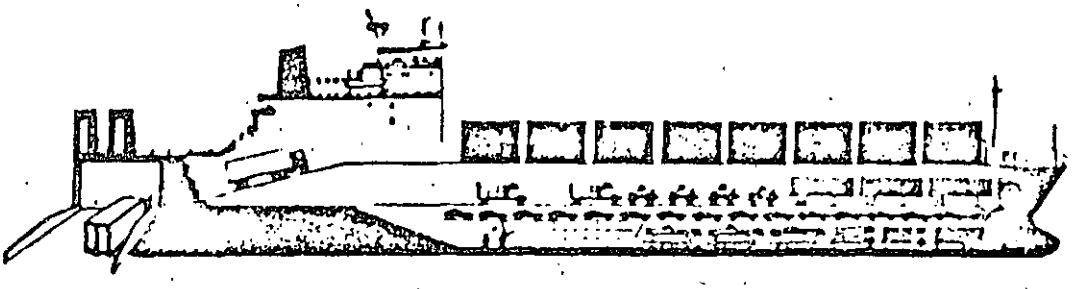
The aim nowadays is to build the ships more simply and efficiently in the largest possible numbers i.e. in series.

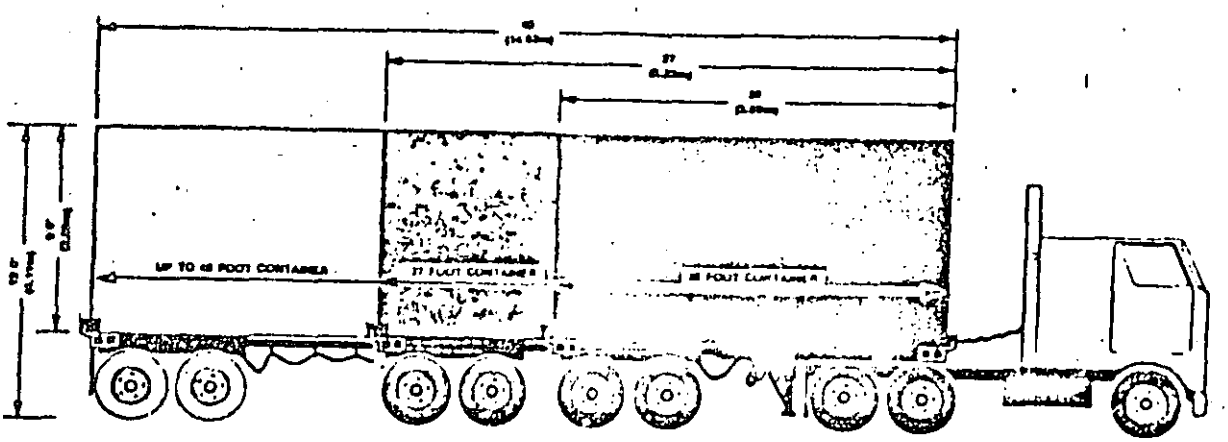
The economic advantages of series construction have induced the larger shipyards throughout the world to design and build standardised multi-purpose cargo ships. At first these ships were regarded only as "Liberty replacements" to replace a class of ship that was built in large numbers during the Second World War. Nowadays many shipbuilders offer relatively inexpensive multi-purpose cargo ships from their standard ranges for use in the tramp trades. For the most part these are two-deck ships with deadweights of 8,000 to 14,000 tons, and single-deck ships of up to 25,000 tons. The speeds are around 13 to 15 knots, and the outfit has been deliberately kept modest in order to enable low building prices to be achieved.

In the Western shipbuilding countries standardised multi purpose cargo ships have so far been built in large numbers to Japanese, British, and West German designs. Ships of this category are very versatile. They are suitable for the carriage of general cargoes, motor vehicles, containers, industrial plant, as well as for timber and all types of bulk cargo (Fig. 5).

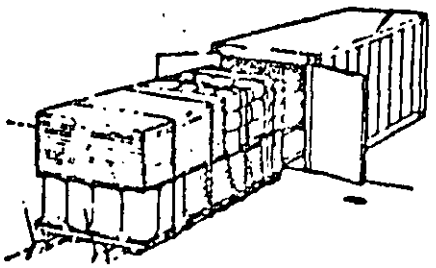
Nearly all the general-cargo ships that have been built in recent years have incorporated a number of detail changes from older vessels of this type. Despite this, it has not been possible to achieve any major increases in tonnage, productivity or any reduction in transport costs. The reason for this is to be found in the very inhomogenous nature of the goods making up a ship's cargo, which prevent the adoption of progressive cargo-handling methods. This can only be achieved by *consolidating the cargoes* into unit loads using pallets or containers. Up to now only a few Scandinavian shipowners have shown much faith in the pallet as a means of rationalising the handling of break-bulk cargoes, and have had their new ships built to suit. By far the greatest importance in the rationalisation of transport and cargo handling has been attained by the *containers*.

Before 1960 the specialised container ship was virtually unknown as a ship type. Within a few years, however, there has been a very rapid development of even larger and faster ships of this type. Container ships are already being arranged in generations. Both the size of the ship, measured in TEU (Twenty foot Equivalent Units, i.e. 20-ft containers),

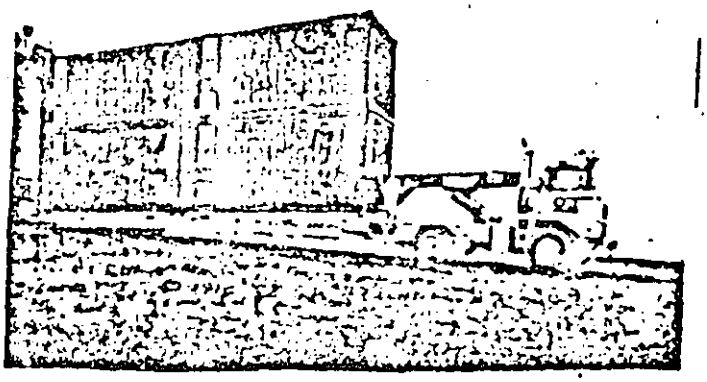


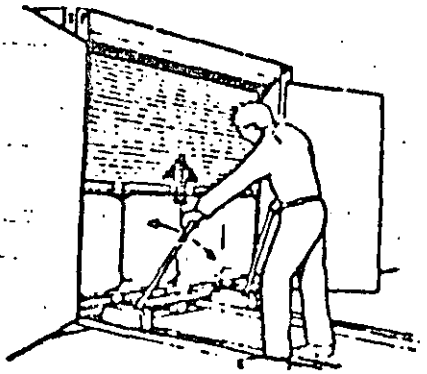


A new telescoping trailer is revolutionizing container transportation by making it possible for one trailer to handle all container sizes, including the hi-bulk, 9'6" containers. Contact: John Lee (415) 986-3868.



The conveyors are pumped up raising the pallet clear of the container floor.



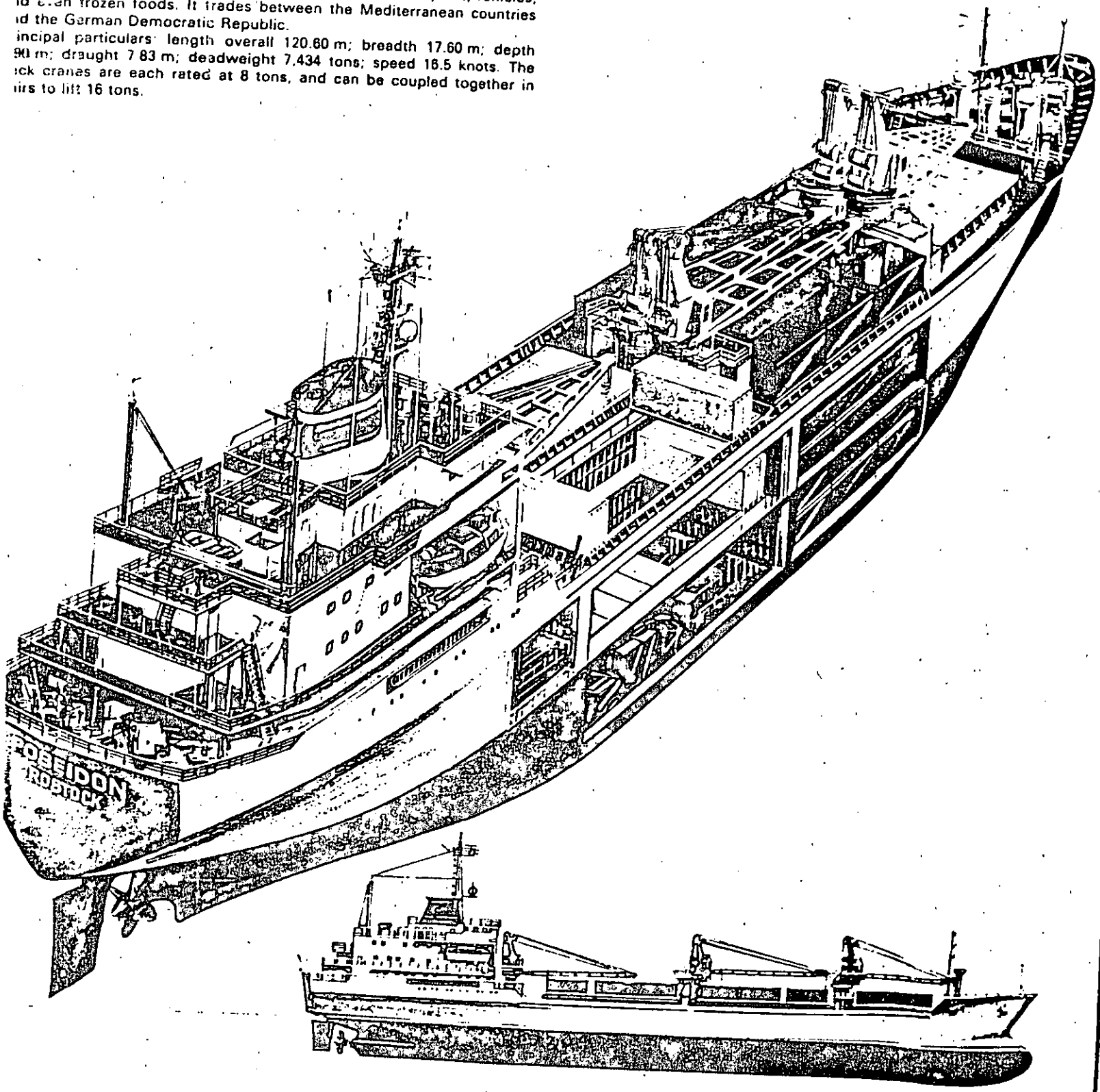


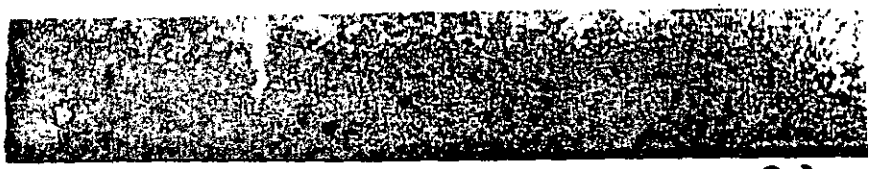
The whole load is rolled clear of the container.

INOVACIONES TECNOLOGICAS EN MANEJO DE CONTENEDORES

For descriptive brochure contact:
McQuade-Cormany Associates
26 Broadway, Suite 741
New York, NY 10004

g 1 Modern general-cargo ship ("Poseidon" type), one of a large series built by the VEB Schiffswerft "Neptun" Rostock.
ıe ship is very versatile and can be used in the liner trades for the carıg general break bulk cargoes, containers, industrial plant, vehicles, ıd even frozen foods. It trades between the Mediterranean countries ıd the German Democratic Republic.
incipal particulars: length overall 120.60 m; breadth 17.60 m; depth 90 m; draught 7.83 m; deadweight 7,434 tons; speed 16.5 knots. The ıck cranes are each rated at 8 tons, and can be coupled together in ıirs to lift 16 tons.





Ships Link the Continents

Technology and Shipping

The days of the romance of the sea and adventure are long gone. It is no longer left to Neptune's good grace to conduct a ship safely across the sea. By his creative efforts man has applied a highly-developed technology to shipping which enables ships to sail virtually unaffected by unpredicted and often destructive natural forces. The design and equipment of a modern ship are such that it meets the highest safety standards.

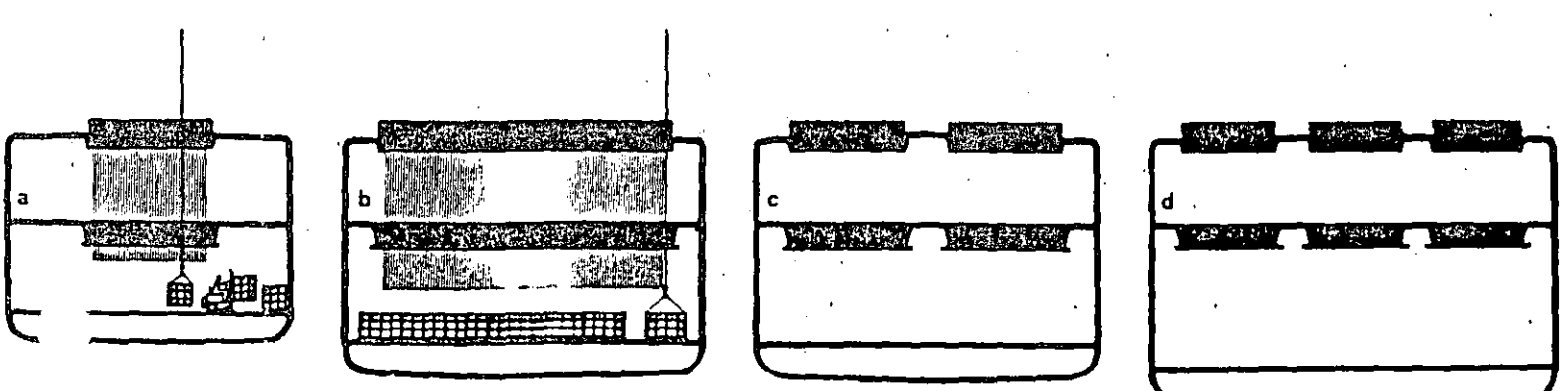
Mechanisation and automation have produced basic changes in the work and lifestyle of seamen. It is not necessary to go back to the days of the sailing ship to make comparisons. Even a comparison with ships dating from the first half of this century will make obvious the advances that have taken place in the design of the ships, their navigational equipment, the engineroom automation, the increased comfort of the crew accommodation, the equipment for sporting and cultural recreation, and many other matters.

Despite this, man still plays the main role on board and will continue to do so. In fact the responsibility of the captain and his crew has increased, and will continue to increase as the values of the ships and their cargoes rise. At the beginning of the 1950s, there were hardly any cargo ships that cost more than 2 to 3 million dollars. Now, on the other hand, the captain and his crew are entrusted with ships valued at up to 50 million dollars, or in extreme cases even up to 150 million dollars. Even though the dollar has lost more than half its value over this period, the enormous increase in price is still obvious.

If the crew is to accept more responsibility it must be more highly qualified. In the case of modern shipping it is therefore not always a case of making more intensive use of scientific and technical progress. It is equally necessary to ensure that the all-round qualification of the seamen to master the modern technology is fostered soundly and with an eye to the future.

Nowadays we can no longer speak quite simply of a ship when considering how modern ships differ from those of former times. In principle there is no longer any such thing as a universal ship, and the revolutionary effect of technology has been different for the individual types of special purpose ship. Over the course of many years more and more specialised ships have evolved to complement those which are capable of universal use.

Fig. 2. Hold cross-sections and hatch arrangements on general-cargo ships.
a) of conventional type; b) with large central hatches; c) with double hatches; d) with three parallel hatches.



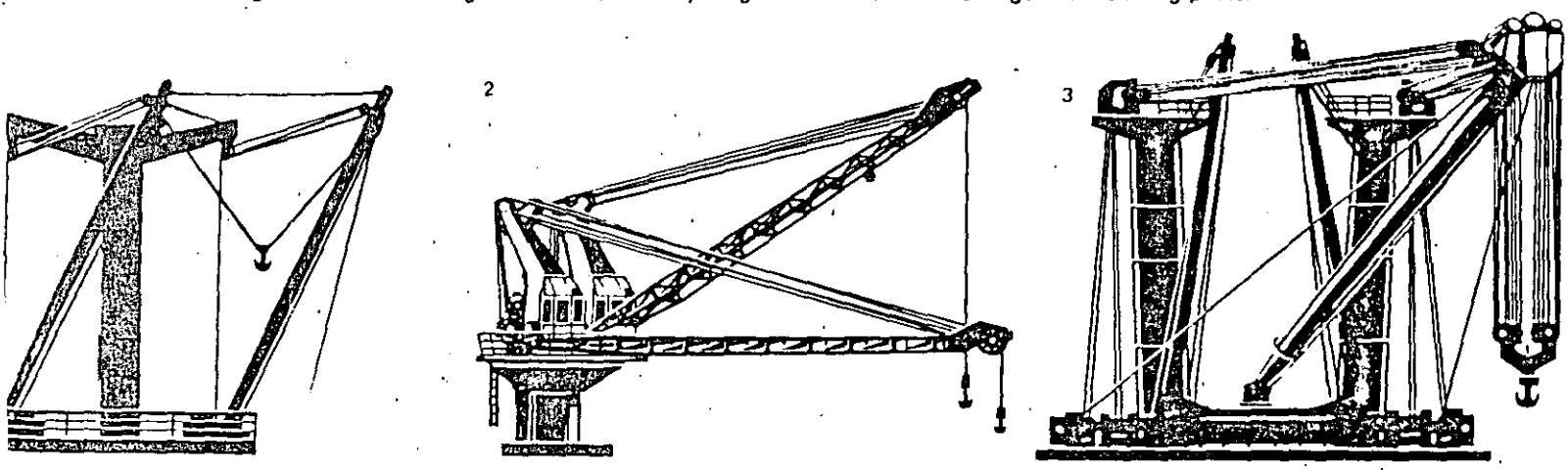
termed *multi-purpose ships*. These are ships that are very versatile, and so are able to meet the rapidly changing requirements that arise in the tramp trades, and are capable of carrying efficiently not only general cargoes, but also bulk cargoes.

The modern general-cargo ships that are used in the liner trades have several decks, and with deadweights ranging from 9,000 to 15,000 tons and speeds of 17 to 22 knots have reached a stage of development that has undergone no significant change for several years now.

Depending on the particular circumstances of the routes on which they are employed, many general-cargo ships still spend between 40 % and 60 % of their annual operating ' es in port. Modern general-cargo ships possess a numb.r of notable technical features that have been introduced to reduce the turnround times and to reduce the work involved in stowing cargo in the holds. The hatches have been made so large that the remaining deck area causes little disturbance to the work of stowing and discharging the cargoes in the hold. The adoption of large centre-line hatches, or of two or even three rows of hatches side-by-side (Fig. 2), has produced what are termed "open ships", in which the crane can deposit the loads in the holds directly at the points where they are to be stowed. The very labour-intensive task of shifting the general cargoes to the wings of the holds is entirely, or almost entirely, eliminated.

The mechanisation and partial automation of the hatch covers, together with the use of designs that have been specially developed to suit the particular requirements, has also resulted in an improvement in the cargo-handling capabilities of general-cargo ships. It is also very noticeable that general-cargo ships are increasingly being equipped with on-board cargo handling equipment of high capacity. Heavy-lift derricks often have capacities of up to 120 tons, or even up to 350 tons on some specialised heavy-lift vessels. These heavy-lift derricks are usually arranged so that they can swing through the gap between the two king posts that support them, and so are able to serve two holds. An increase in the lifting capacity is also to be found with the ordinary derricks and shipboard cranes, which often are rated at up to 16 tons. In the majority of cases this will suffice to enable even containers to be handled with the shipborne gear (Fig. 3).

ig. 3. Modern cargo-handling gear on modern general-cargo ships.
Derricks for normal cargoes; *2* Twin slewing deck crane; *3* Heavy-lift gear with boom that swings between king posts.



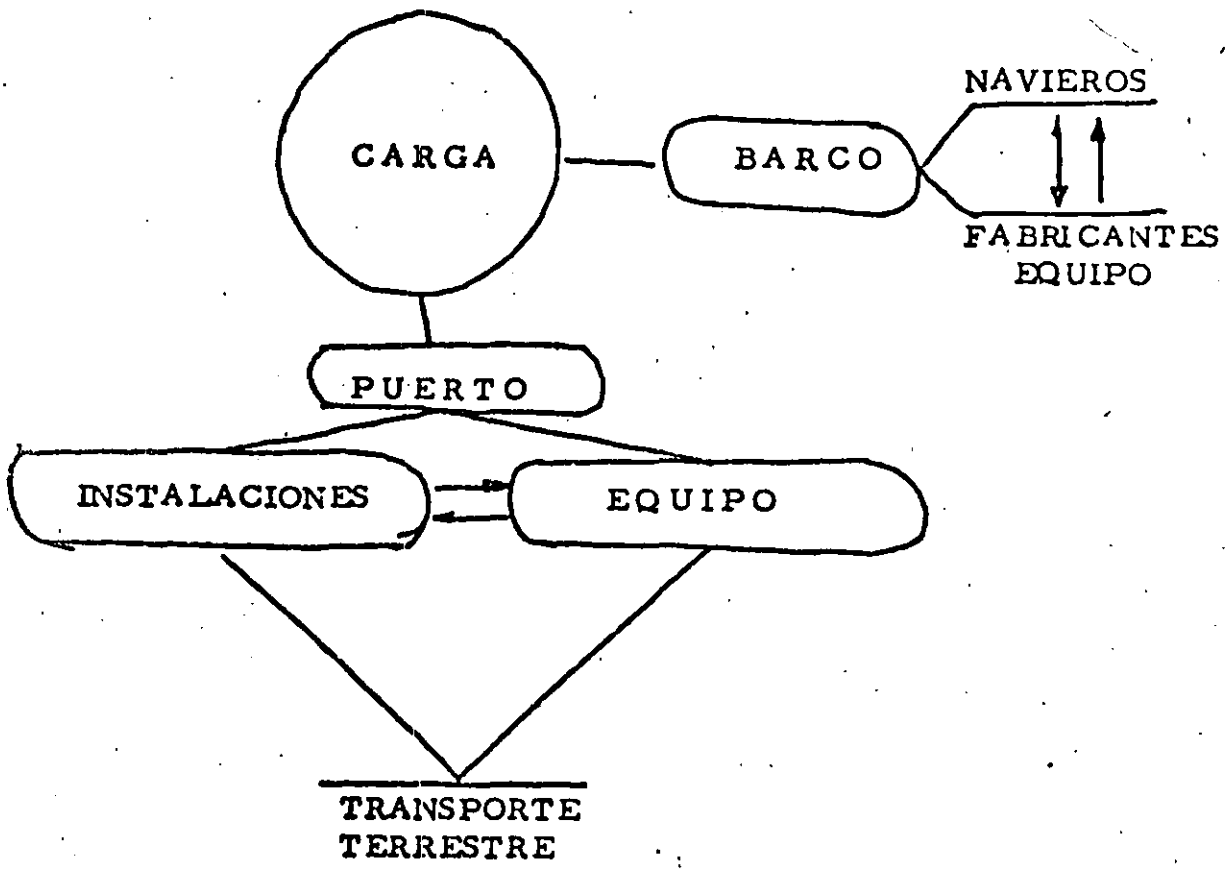
A N E X O

A NIVEL MUNDIAL	1 TON. DE CARGA VIA MARITIMA/ HABITANTE.
CRECIMIENTO ANUAL	80,000,000 HABITANTES
SE REQUERIRA TRANPORTAR CADA AÑO	80,000,000 TON/ AÑO
TRANSPORTE MARITIMO	200,000 TON./BARCO/AÑO

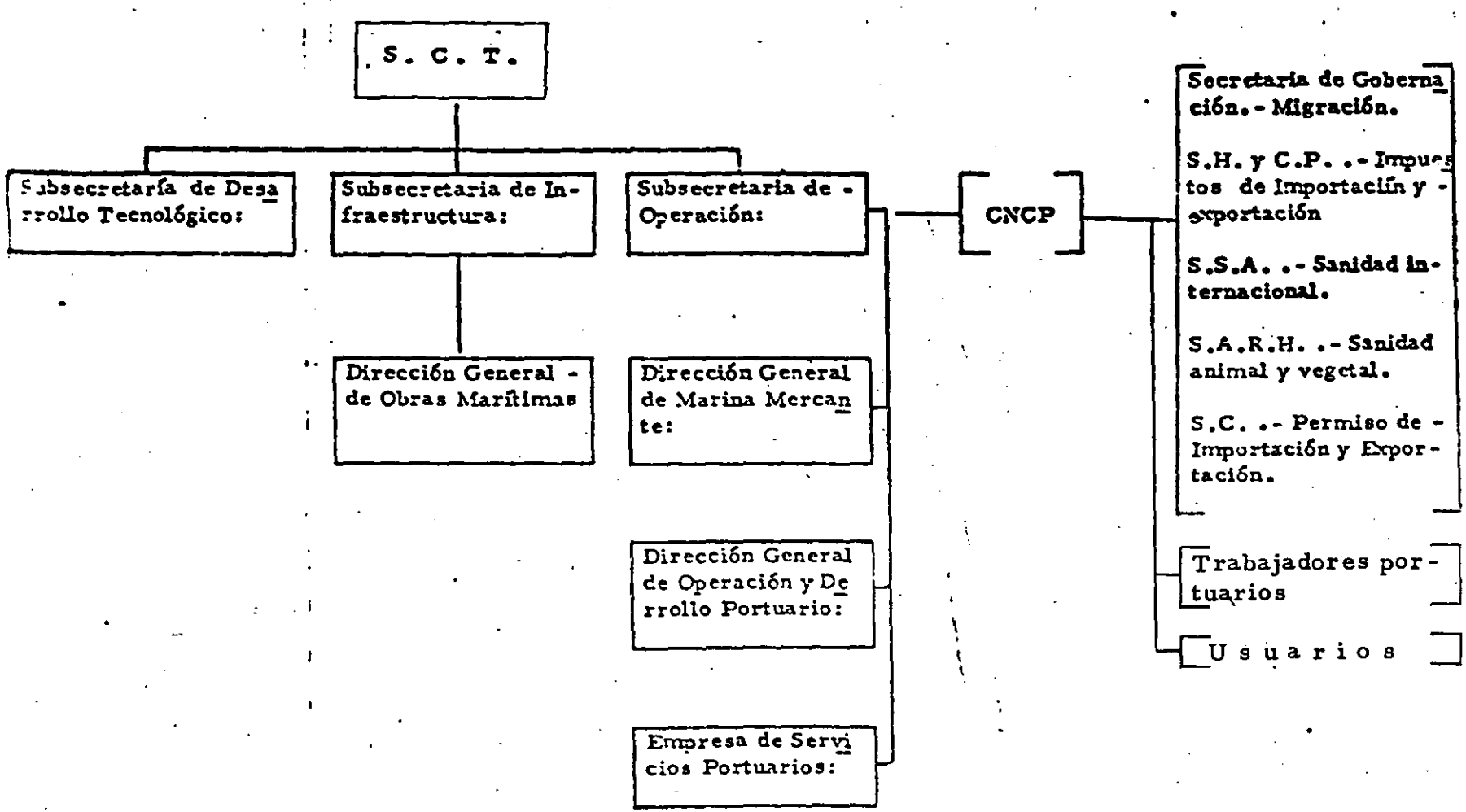
SE REQUERIRAN	400 BARCOS CADA AÑO
TRIPULANTES	15,000 / AÑO
MUELLES	100 / AÑO

JP/ April 2, 1982.

EL TIPO DE CARGA Y LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE



ORGANIZACION DEL SECTOR PUERTOS



JP/ Abril 2, 1984.

CLASIFICACION DE CARGAS EN LOS PUERTOS

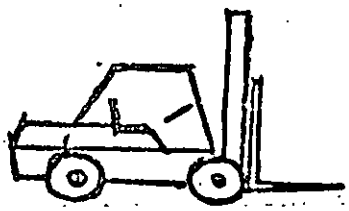
- **CARGA GENERAL**
  - **FRACCIONADA**
  - **UNITARIZADA**
    - Contenedores
    - Transbordadores

- **GRANELES**
  - **LIQUIDOS**
    - Petroleo
    - Azufre
    - Miel incristalizable
  - **SECOS**
    - Minerales
      - Sal
      - Carbón
      - Azufre
      - Manganeso
    - P. Agricolas

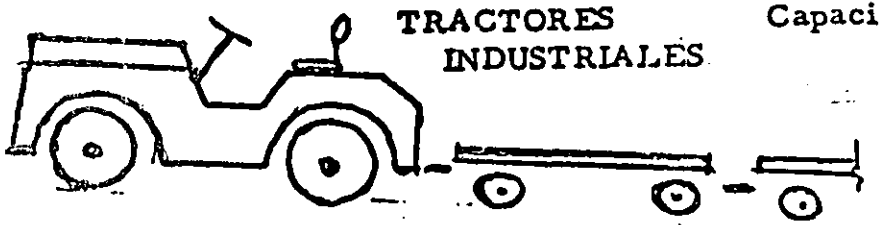
- **PERECEDEROS**
  - **Productos Agricolas**
    - Limón
    - Naranja
    - Ajos, etc.
  - **Productos del mar**
    - Atun
    - Camaron, etc.

- **PASAJEROS**
  - **CRUCEROS**
  - **CABOTAJE**

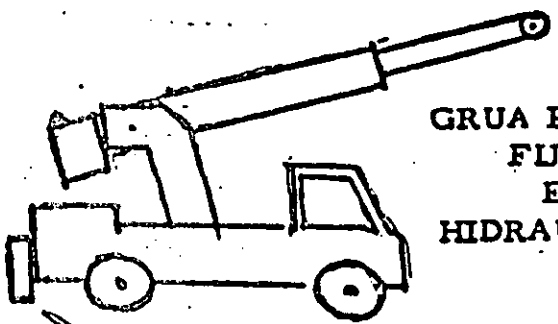
EQUIPO PORTUARIO PARA MANEJO DE CARGA GENERAL FRACCIONADA



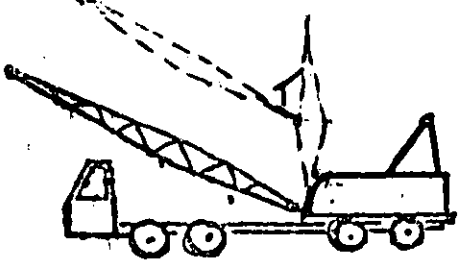
MONTACARGAS Capacidades: 4,000 Lbs.
5,000 "
6,000 "
8,000 "
10,000 "



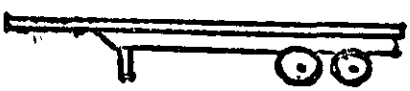
TRACTORES INDUSTRIALES Capacidades: 3,000 Lbs.
4,000 "
5,000 "
8,000 "



GRUA PLUMA FIJA E HIDRAULICAS Capacidad: 7 tons. pluma fija
13 tons. hidraulica
16 " "
18 " "
20 " "
25 " "



GRUA SOBRE CAMION. PLUMA CELOSIA Capacidad: 15 tons.
37 "
45 "



PLATAFORMAS Capacidad: 40 tons.

TRACTO-CAMIONES Capacidad: 40 tons.

ALMEJAS 1 1/2 yd3.

BIBLIOGRAFIA EN TEMAS MARITIMOS Y PORTUARIOS

1.- "CURSO DE EXPLOTACION Y DIRECCION DE PUERTOS"

TOMO I - EL PUERTO Y SUS ACTIVIDADES

- Parte I - Las actividades Portuarias.
- Parte II - Las operaciones Portuarias.
- Parte III- Las Obras de Instalaciones.

TOMO II - LA PLANIFICACION Y ORGANIZACION DEL PUERTO

- Parte IV - La planificación y dimensionamiento.
- Parte V - La organización del Puerto.
- Parte VI - La Administración del Puerto.

DEL DR. ING. MODESTO VIGUERAS GONZALEZ.

Editado por: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Madrid.

"CALCULOS DE EXPLOTACION AL ORGANIZAR LOS TRABAJOS DE CARGA Y DESCARGA EN LOS --- PUERTOS MARITIMOS"

DE: N.F. LAZAREV.
Editorial Mir, Moscu.

"DESARROLLO PORTUARIO"
MANUAL DE PLANIFICACION PARA LOS PAISES EN DESARROLLO

"CONFERENCIA DE LA NACIONES UNIDAS SOBRE COMERCIO Y DESARROLLO"

TD/B/C.4/175.

BIBLIOGRAFIA PARA HINCADO DE PILOTES Y TABLESTACAS

1. Pre jetting for long piles speeds driving; Construction Methods. Vol. 27 p.p. 80-82. Octubre de 1952.

2. Newmark N.- The effect of dynamic loads on offshore -- structures. Proceedings of the 8th., Texas Conference on offshore Technology. Houston, Texas, Septiembre 1956 paper No. 6

3. Chappelaar J.G..- Wave forces of groups of vertical piles, Journal of Geophysical Research, American Geophysical Union. Vol. 64, 1959.

4. Gantke F., Ihlefeldt J., Koch D. and Tappe W.- The Hoesch noice abatement tower, a contribution to silent sheet pile Driving Buildirg Rescarch Establishment hibrary Translation 1809, Department of the Enviroment, Jonuary 1974.

SOBRE DIQUES SECOS.

"DESIGN AND CONSTRUCTION OF DRY DOCHKS"

DE: B.K. MAZURKIEWICZ

TRANS TECH PUBLICATIONS.

"ESTUDIO DEL MOVIMIENTO DE MERCANCIA Y LAS OPERACIONES DE ESTIBACION"

DE: L.P. ANDRONOV.
Editorial Mir, Moscu.

"LOS PROBLEMAS PORTUARIOS EN LOS PAISES EN DESARROLLO"

DE: BOHDAN NAGOSSKI
Publicado por: Editorial Temas Marítimos (Gral León 10, México 18, D.F.
Tel. 516 84 47)

"INGENIERIA MARITIMA"

DE: ING. ROBERTO BUSTAMANTE Y OTROS AUTORES.

Tel.(584 66 90)

"OBRAS MARITIMAS"

R. IRIBARREN y C. NOGALES
Editoras Dossat, Madrid 1954.

"PORT ENGINEERING"

DE: PER BRUUN
Editado por: Gulf Publishing Company
Book Publishing División
Houston, Texas.

"MOVIMIENTOS DE MERCANCIAS EN LOS MUELLES"

UNCTAD 17/9/1973
TD/B/C. 4/109 Ginebra.

"PORT DESIGN AND CONSTRUCCTION"

THE AMERICAN ASSOCIATION OF PORTS AUTHORITIES 1964

"DESIGN AND CONSTRUCCTION OF PORTS AND MARINE STRUCTURES"

DE: ALONZO DE F. QUINN

MC. GRAW-HILL BOOK COMPANY INC.

BIBLIOGRAFIA PARA HINCA DE PILOTES Y TABLESTACAS

"PILE DESIGN AND CONSTRUCCTION PRACTICE"

DE: MJ. TOMLINSON.

A. VIEWPO INT PUBLICACTION.

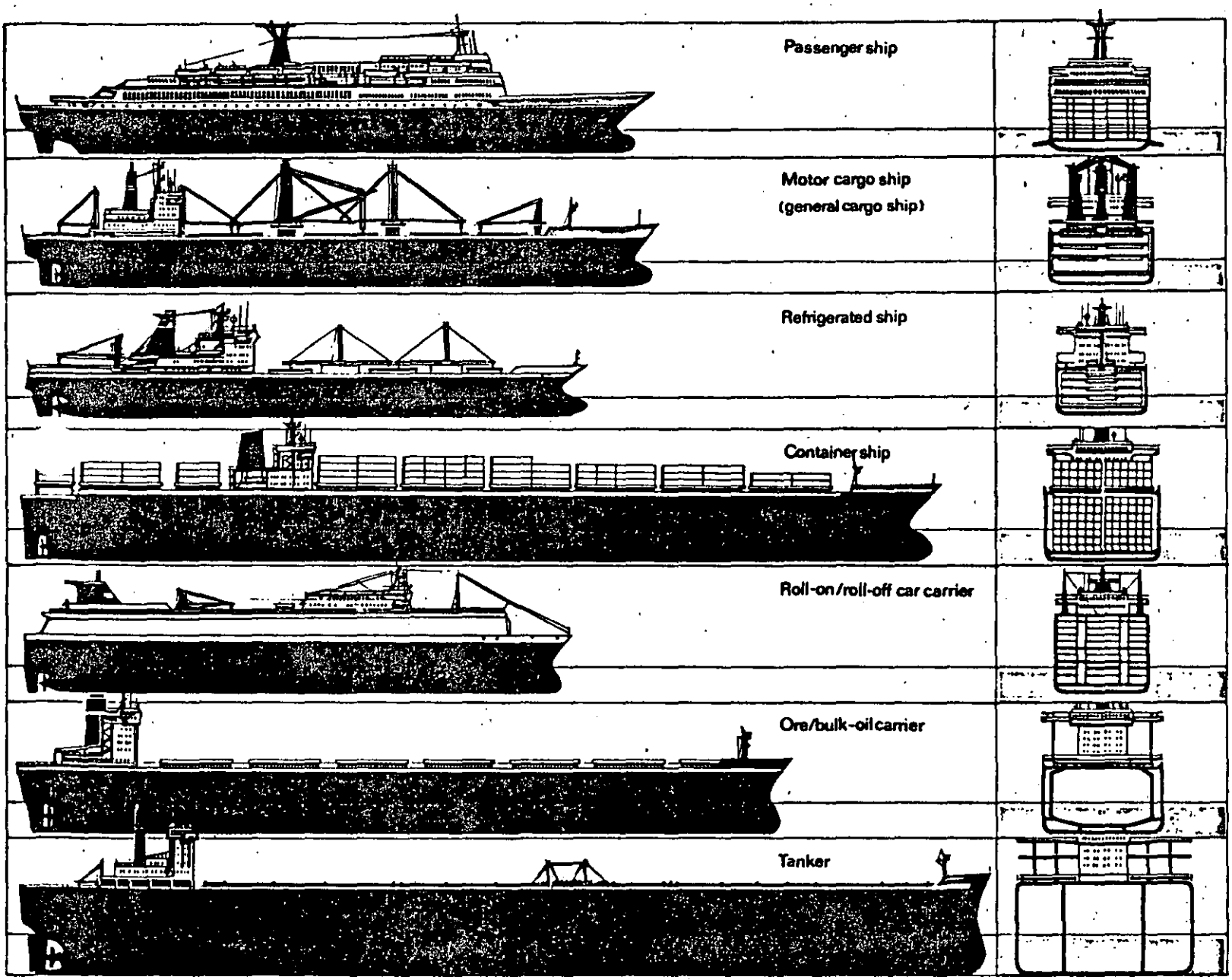


Fig 4 le elevations of the principal types of merchant ship.

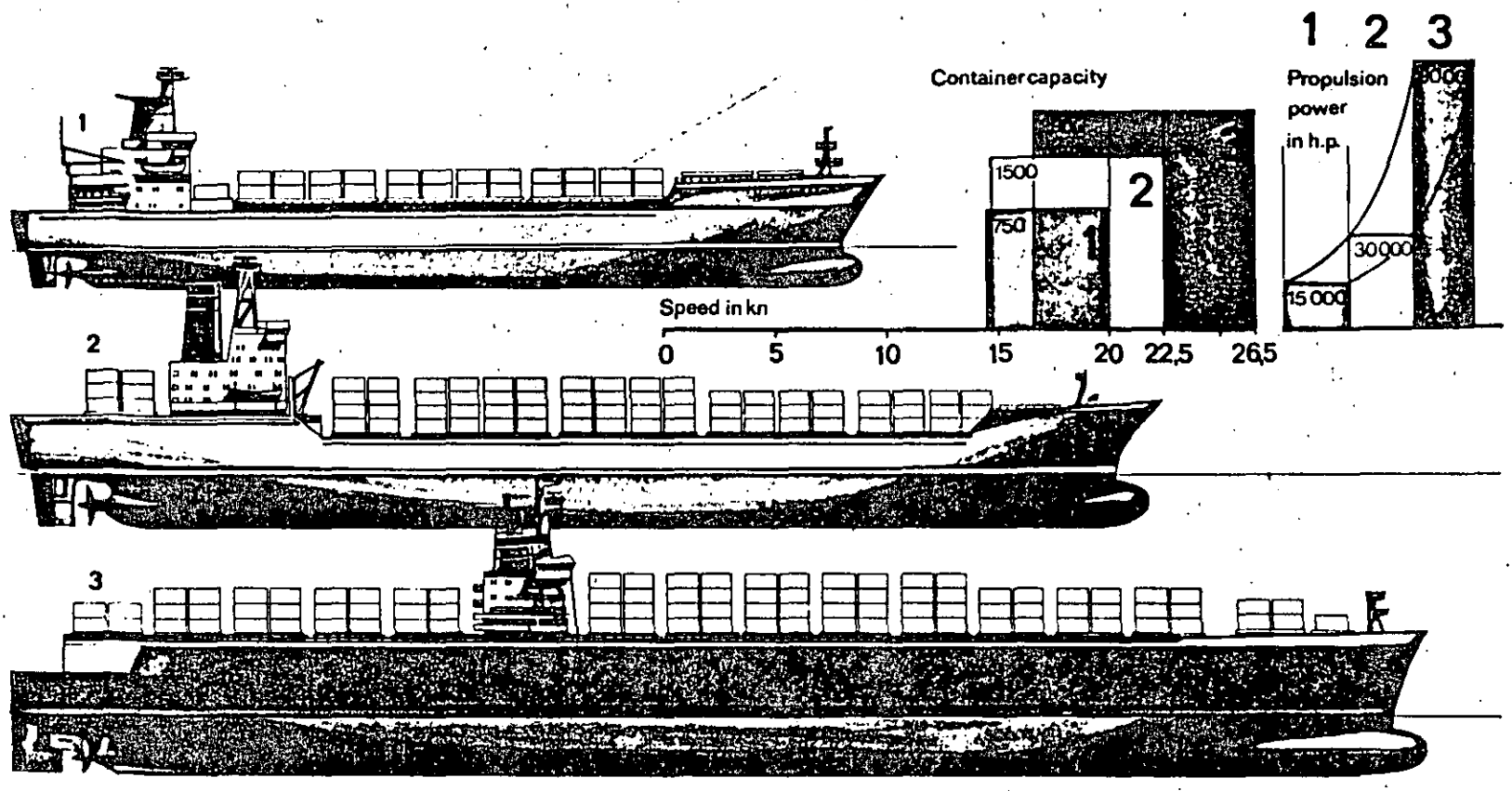


Fig. 1.00. Growth in size of container ships. 735.5 kW.

areas for research in the construction of large ships. The successes achieved in this work shift the optimum sizes of ships as determined by shipowner economic calculations to ever larger values.

It must, of course, not be forgotten that the construction of superships presents the shipbuilders with complex technological problems. In the past the demand for an increase in ship size has always grown more rapidly than the building capacity of the shipyards. Enormous building docks are needed for the construction of giant tankers and the cost of providing these is very high. It is indeed open to question whether it will still be possible to build ships by the conventional methods if there is any further increase in their dimensions.

Table 10.
Largest tankers at various times

Year	Name	Length	Breadth	Depth	Draught	Dead-weight	Power
		m	m	m	m	t	kW
1953	Tina Onassis	236.4	29.0	15.7	11.5	45,700	13,000
1963	Tokyo Maru	306	47.5	24.0	16.0	152,000	20,000
1966	Idemitsu Maru	342	49.8	23.2	17.3	205,000	23,500
1968	Universe Ireland	346	53.3	32.0	24.1	312,000	27,500
1971	Nisseki Maru	347	54.5	35.0	27.8	373,400	29,500
1973	Globtik Tokyo	379	62.0	36.0	28.2	483,660	33,000
1977	P. Guillaumat	414.2	63.0	35.9	28.6	554,600	47,800

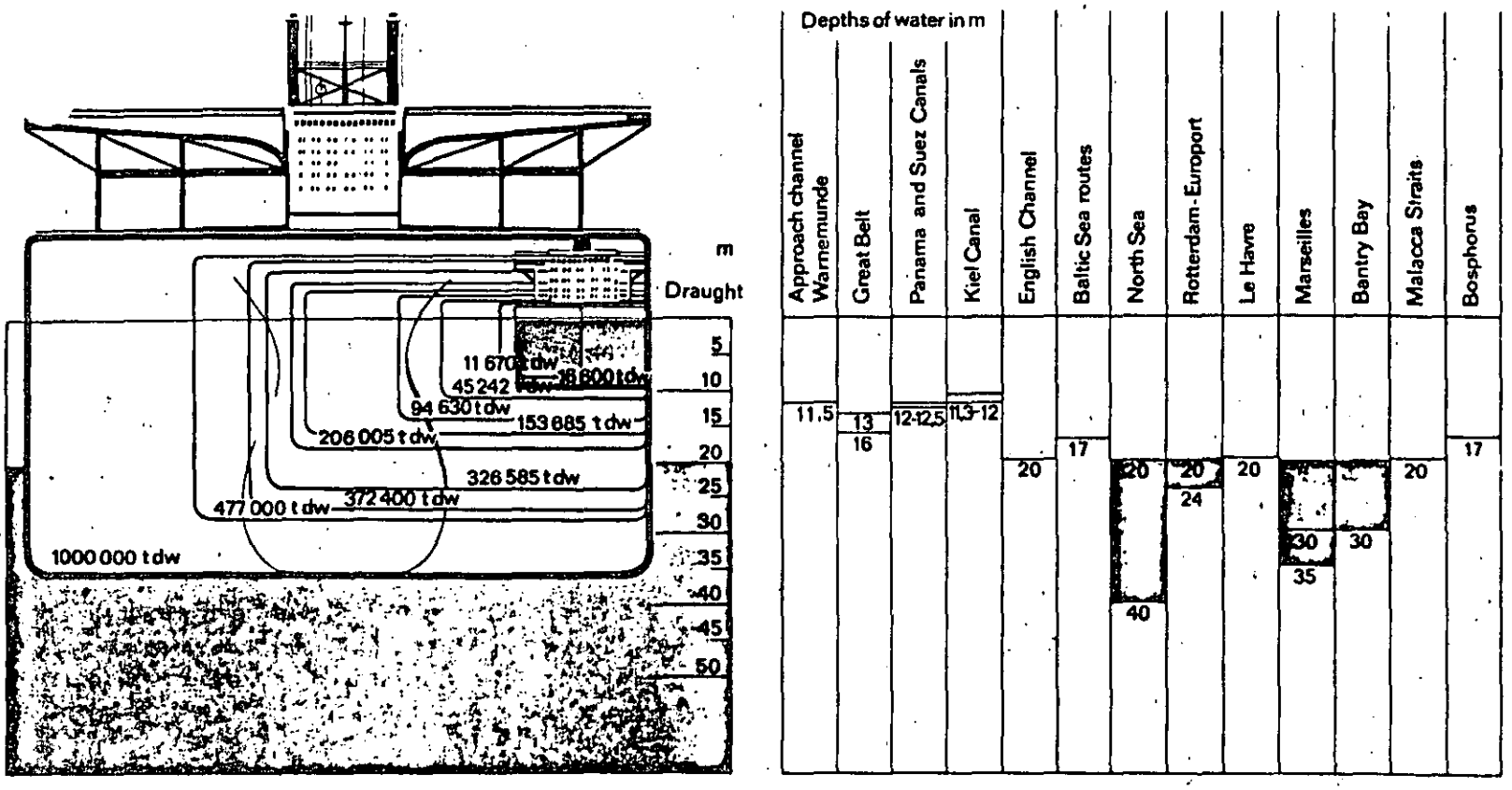
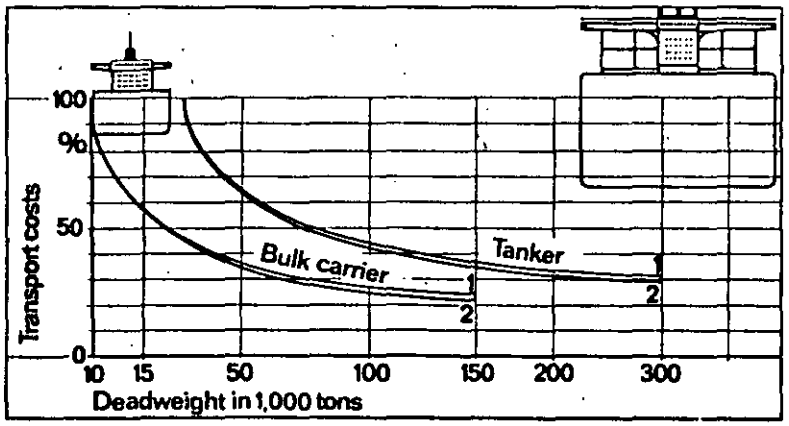


Fig. 57. Deadweight and draught of tankers; also the depths of water in some well-known shipping lanes.

Fig. 58. Transport costs per ton of cargo as a function of ship size. *1* 5,000 nm voyage; *2* 25,000 nm voyage.



hull increases roughly in proportion to the surface area – sides, bottom and deck – and this in turn governs the building cost for the ship. Similarly, in the case of large, slow ships moving at a constant speed, the resistance is approximately proportional to the immersed area of the hull. As a result the propulsion power will increase at most with the square of the proportional increment in ship dimensions, while the deadweight increases with the cube of this factor. Since the automation of the machinery costs virtually no more for a large ship than for a small one, and the crew numbers are thus independent of the size of the ship, a large ship has many economic advantages.

One major factor affecting the economics of superships arises from the progress that has been made in the design of the hull structure. The larger the ships become, the higher the proportion of the total building costs that is represented by the hull steelwork. For a 300,000-ton tanker, for example, about 60 % of the total costs are accounted for by the steel and its processing and fabrication into the hull. Reducing the weight of steel required, and increasing the efficiency of the fabrication processes, are thus major

◀ 47

purchase of bulk tonnage, recently acquiring—in conjunction with the Norwegian bank Kreditkasen—the 120,000dwt bulk carrier YU SING. Joint fleet plans with developing world interest have recently centred on Wilhelmsen's US$143m contract with Brazilian state owned mining company CVRD for two 300,000dwt combination carriers. Vessel completion is scheduled for 1986 when the two vessels will be chartered to CVRD's shipowning subsidiary Docenave for 15 years.

Jebsens is also involved in joint ventures with developing nations, with two 22,000dwt bulk carriers being acquired in conjunction with Jordan National Shipping Lines to handle a proportion of Jordan's phosphate rock exports. It is intended that the joint venture will ultimately operate a pool of seven bulkers of similar configuration.

Jebsens is also acquiring control of six 40,000dwt bulk carriers for its stake in the Gearbulk consortium, two vessels will be delivered from Samsung in 1985—these vessels differing from existing tonnage, incorporating 10 holds and 35t capacity deck cranes rather than five holds and 25t capacity cranes. Fellow consortia member Mowinckels of Oslo has ordered two similar units from Sanoyasu in Japan whilst Dreyfus has ordered an additional four units from Hyundai.

Apart from particular developments such as these, the difficulties of north European owners are underlined by Hapag Lloyd's decision to terminate bulker and tanker operations. In the face of declining profitability Hapag's fully owned bulk subsidiary Kosmos disposed of three bulkers last year—in effect a fleet reduction of some 40 per cent.

Van Ommeren of the Netherlands is continuing its policy of reducing exposure on the open bulk market by concentrating investment in multi-purpose bulk carriers, ordering three geared units of 42,000dwt similar to vessels delivered over 1978/79. Although similar in configuration to other recent handy size orders the Swedyard built tonnage will be chartered direct to the shipper for carriage of forest products and containers—thus securing employment in a sheltered market sector.

With current levels of overtonnaging all shipowners are suffering critically uneconomic freight rates, yet for the high cost European owner this has only hastened existing declines in pure bulk carrier fleets. These difficulties have been precipitated by comparatively high operating costs (see box story) that were counting in favour of low cost operations even prior to the current bulk shipping crisis.

Hong Kong: Market difficulties are not confined to the developed fleets of northern Europe, with the rapid, often speculative, expansion of major Hong Kong shipowners leading to prolonged profitability setbacks. The first casualty was Carrian who, as a result of collapses in the property

Bulk carrier operating costs

A background note prepared by Cargo Systems Research Consultants

Although capital costs fluctuate markedly in relation to newbuilding prices and fuel costs take up an increasing proportion of trading costs, the risks and advantages of these cost sectors are fairly evenly spread between owners. However, the increasing importance of low cost shipowners and the declining exposure of north European owned fleets on the open charter market is largely attributable to differences in operating costs. Included in this sector are crewing costs, repair and maintenance, insurance charges and other sundry fleet administration costs.

The wide range of average operating costs is illustrated in Table 2. Based on an annual questionnaire sent to leading independent shipowners worldwide average figures for handy size and Panamax vessels' operating costs have been derived. The average annual operating costs associated with West European flags in comparison with convenience—Liberian flagged—30,000dwt and 60,000dwt vessels were some 16 per cent and 20 per cent more expensive respectively in 1982. In absolute terms this can result in a cost premium for Panamax tonnage of some US$1100/d. Although comparisor of 1981 and 1982 operating costs indicate that differentials are declining, this cost gap illustrates the disadvantages faced by European flagged bulk tonnage on the current trip charter market. By far the greater part of cost differentials is attributable to higher manning costs, with West European flagged vessels frequently incurring a daily wages bill which is greater than convenience tonnage by a factor of three. Although other cost sectors such as insurance charges may be less for European flagged vessels it is the crew element that is of central importance. Given these considerations the new lower manning levels agreed with Norwegian owners, for example, can be seen as essential moves to preserve competitivity of West European flagged bulk fleets. □

Table 2: Annual operating costs for handy-size and Panamax bulk carriers (million US$)

Flag	30,000dwt 1981	30,000dwt 1982	60,000dwt 1981	60,000dwt 1982
West Europe	1.89	1.91	2.00	2.10
Liberia	1.55	1.65	1.64	1.75
India	1.62	1.69	1.73	1.82

Source: CSR CONSULTANTS

Having acquired Grand Marine Holdings from P S Li it now seems that the former owner has regained control of some 20 bulkers. Following the guaranteed expansion of the 1970s Hong Kong owners have turned to European interests, but many contracts of affreightment secured at a time of market upturn proved less untouchable than had been thought.

The depth of the recession has resulted in declining results for Wheelock Maritime who ordered 15 new vessels at the height of the market—including seven Burmeister and Wain fuel-efficient Panamax bulkers at a unit price of $23m. With losses also resulting from its 50 per cent owned subsidiary Pacnorse (operated in conjunction with Jebsens), Wheelock has been forced into selling tonnage to generate revenue.

The outlook for major Hong Kong owners must remain problematic, although further development of ties with European bulker pools and development of handy-size fleets are likely short term developments.

Very large bulk carriers? Despite these difficulties recent months have seen a revival in interest in vessels in the 150,000dwt range largely on the strength of thermal existing fleet of combination tonnage and ore carriers rapidly ages. In the past two years more than 50×130,000dwt+ bulkers have been constructed, and of late Yamashita-Shinnihon and Kawasaki Kisen have both approached yards for larger bulkers.

However, for these economically viable units to be developed shipowners stress the requirement for long term charter commitments from shippers, and in the absence of period time charters independent owners are unlikely to invest in larger or specialised tonnage.

Ultimately, the development of optimum vessel types providing most efficient unit transport costs, will rest on improved demand—greater trade volumes in turn only being guaranteed by sustained economic growth. Although some recovery is under way the extent of recent vessel ordering will delay freight rate recovery. In the interim improved unit efficiency will become secondary to a defensive investment strategy for the independent owner, and the boom in handy-sized ordering can only be seen as a manifestation of this. □

ANDREW DENFOLD

Low freights take their toll

The impact of low freight rates since 1981 has been illustrated by the poor financial performances of several shipowners

SHIPPING

If anyone still requires evidence of the devastation to shipowners' profitability caused by the prevailing low freight rates, the recently revealed financial results of several major bulk shipowners must fit the bill. Over half a dozen large-scale bulk shipowners revealed sharply reduced revenue for the first six months of this year, with company profitability being determined by the extent of earnings in other fields.

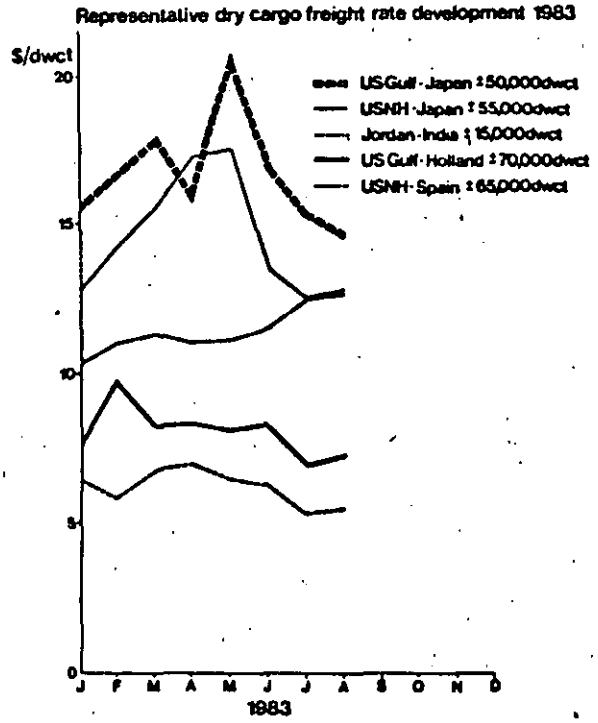
The Nedlloyd group announced a loss of Dfl 72.9m—a figure far in excess of any pessimistic forecast. Whilst container operations must take the lion's share of the blame for this performance, low freight rates in the bulk market continue to be a major problem. Indeed, the picture is somewhat similar for another Dutch company, Van Ommeren, where poor performance in the dry bulk sector halved last year's profits to Dfl 10.5m. Despite ridding itself of two of its three Panamax vessels for good prices in 1981, its continued presence in the bulk sector has seriously deflated profits, a situation repeated in the unrevealed, but likely, performance by Denmark's J Lauritzen group.

Whilst significantly reduced, profits earned by Overseas Shipholding Group (US$25.2m—down 35 per cent) and Ogden Corporation (US$28.1m—down 21 per cent) still look relatively healthy, although the fact that many of the lucrative period time charters covering much of the two fleets are due to expire soon, must imply increasing difficulties in the future.

One European shipowner making tremendous efforts to diversify its interest through a multitude of joint ventures is Norway's Wilh. Wilhelmsen. With income reduced by 36 per cent to Nkr75m in the first half of this year, the company has taken on new commitments throughout its wide range of activities, including purely speculative bulker purchasing and involvement in the construction of two massive 300,000dwt oil/ore carriers.

In the UK, the harsh reality of extensive spot market exposure is illustrated only too well in the dire financial straits facing Reardon Smith where pre-tax losses reached £8.8m in the last financial year, compared to £0.1m 12 months earlier. The recent history of the company provides an object lesson in the perils of unfortunately timed decisions in the shipping market—a lesson learned in varying degrees by all bulk shipowners. Thus, on the eve of the 1981 market collapse the company chartered in tonnage at rates not since attained, preferring to operate its own vessels on the single voyage market which subsequently all but collapsed. Nevertheless, with rapidly increasing coal demand in prospect, the company took on more vessels, this time of the Panamax size class—the vessel hailed by many market analysts as the optimum size for future trading. With the deepening of world economic recession, coal demand growth declining, and a flood of new (mainly Panamax) vessel deliveries, the company once again found itself particularly badly hit. The company currently owns four handy-sized bulkers exposed to the harsh realities of current spot market trading conditions, with five other handy-sized and one Panamax vessel chartered in. The partly owned/chartered 1981 Panamax CELTIC YANA is also a drain on resources—unable to even cover daily operating costs of $4500/5000.

With practically no hope of



has renegotiated all charter commitments and deferred loan repayments. Nevertheless the company is still very much dependent on a large scale upturn in dry bulk activity over the next two/three years—an extremely alarming dependency considering recent evidence.

Freight rates exhibited some encouraging signs in August with recent declines generally halted and contracts for coming months fixed at higher rates. Indeed, the most obvious sign of optimism in the market was the fixing of two 52,000t cargoes for October and November on the US Gulf-Japan route at US$16.4, almost $1.5 higher than current rates. Although average rates on this trade appear at first sight to have declined during August, closer examination reveals larger than average cargoes, thus involving scale economies. Thus, the increases noted on the USNH-Japan (up US$0.3 to $12.8) and USG-Netherlands rates. Outside Japan, Italy was active in the coal market, chartering three Panamax and two larger sized cargoes from the US, Poland and Australia. Coal trading was again generally subdued, however, reflecting the continuance of severely depressed steel production levels.

Activity in phosphates was again dominated by Indian Government chartering, fixing cargoes from Morocco, Jordan and Senegal. Sugar chartering was best described as sporadic, with a 15,000t cargo from Australia to China at US$17.5, and a 10,500t cargo from Argentina to the US at $26 being the most significant features.

In the larger vessel sector, iron ore trading provided cargoes of 100,000t on the Mauritania-Belgium route and 120,000t on the Brazil-Japan trade, although at markedly depressed levels. The Liberia-Netherlands iron ore trade

This month's edition of Market Intelligence has been prepared exclusively for BULK SYSTEMS INTERNATIONAL *by Caron Systems Research*

80,000 at $3.75. Such cargoes have become relatively scarce in recent times as ore demand has suffered sharp decline, as shown by the reduction of the rate for the larger size haul, with $4.62 paid in May of this year for an equal size cargo.

Despite the signs of optimism expressed in the market, period time-chartering activity—possibly the best gauge of market medium-term expectations—remained sparse. Confirmed deals included the fixing of the eight-year-old 72,059dwt NAIAD for one year at US$4500/d and of another Panamax vessel, only two years old, for one year's trading at $3500/d for the first two months and $4650/d thereafter. Vessels in the medium size range of bulkers attained slightly lower rates, with an eight-year old 27,499dwt vessel fixed for two years at $4250/day.

Comparative August freight rates 1981/83

(US$/dwct)

Commodity	Route	Cargo Size	1983	1982	1981
Grain	US Gulf—Japan	50,000dwct	14.6	12.7	20.5
	US Gulf—Netherlands	70,000dwct	7.3	6.0	9.6
Coal	USNH—Japan	55,000dwct	12.7	11.0	18.7
	USNH—Spain	65,000dwct	5.5	5.4	8.1
Iron Ore	Brazil—Netherlands	150,000dwct	—	—	5.0
Fertilisers	Jordan—India	15,000dwct	12.7	11.0	15.2

Source: CBR CONSULTANTS LTD

BULK COMMODITY NEWS

Iron ore: As with last month, little encouragement exists in the iron ore market, with no evidence of any sort of economic recovery. With Japan accounting for almost half of world seaborne iron ore imports, the news that Japanese imports in July showed further signs of decline over last year is far from encouraging. With 8.96mt imported in July (9.1 per cent below the figure for 1982) Japanese demand totals 61.86mt so far this year, some 60mt short of the total 1982 level. With OECD estimates on Japanese growth this year at 3 per cent—a level envied by many Western economies but considerably below par for Japan—steel production and hence ore demand is likely to fall short, albeit marginally, of the 1982 level.

The extent of weakening ore demand in Japan is further evidenced by the price reductions agreed on the major ore supply contracts for fiscal 1983. Australian ore—totalling 76.6mt—is priced around 12.7 per cent less than last year, whilst the 40mt contracted with Brazilian producers involve price reductions of between 11 and 24 per cent.

Steel exports have also been reduced this year, with the January-July total of 17.5mt representing a 2.5 per cent decline from 1982. Imports, however, have increased continuously over the last half of these imports—which amount to around 2mt/a or 10 per cent of domestic demand—come from South Korea where, significantly, Japanese steel technology will be made available in the Pohang Iron and Steel integrated steel mill, which is scheduled to come on-stream in 1988. Output will initially total 2.7mt/a, eventually rising to 12mt/a. The significance of the project, and indeed of the Japanese involvement, is perhaps indicative of the need to look at places other than Japan for significant steel industry growth in the future.

In the US, although steel production totals look likely to exceed the severely depressed 1982 level of 66.4mt, little evidence of sustained growth has been witnessed over the last two months, with capacity utilisation remaining around the 50/55 per cent level attained in spring. Cheap imports remain a major problem to domestic producers, with steel from developing nations—notably Brazil—claiming an even larger share of the US market.

In Europe, the major producers are experiencing similar problems, with Hoogovens, the leading Dutch producer, announcing a loss of Dfl 93.7m (US$31m) for the first six months of the year. Meanwhile in Belgium, Cockerill Sambre is said to require a BFr2bn cash injection for survival, with losses from its Liege and Charleroi plants likely to have exceeded BFr1.5bn over July and August. As part of the EEC steel reduction plan, the state-owned steel giant must shed 3.1mt of capacity by end-1985.

In Australia RTZ-owned Hammersley Holdings boosted first half profits by 56 per cent to A$39.7m (US$34.7m) in 1983. The rise must be seen in however, as well as the severely reduced ore prices negotiated on ore traded since April. Second half-year figures therefore are expected to exhibit a more realistic picture.

BHP of Australia announced a 34 per cent reduction in profits to US$213m in 1982/83, largely as a result of massive losses incurred in its steel production division. Still in the throes of the largest take-over in Australian history—that of Utah International—the country's largest company has itself been the subject of a A$4.13bn take-over bid, perhaps at least partially inspired by potential share price rises following the Government's steel industry rescue plan in January 1984.

Indian ore exports through the chief port of Mormugao totalled 6.25mt in the first seven months of this year, representing a 34 per cent decline from the same period last year. At Paradip the decline has been more marked, with ore exports totalling 1.82mt in 1980/81 and only 0.98mt during 1982/83.

In the Philippines, plans to construct an integrated steel complex at Iligan on the southern island of Mindanao have been confirmed. The mainly Japanese-financed project includes six 0.2mt/a direct reduction plants.

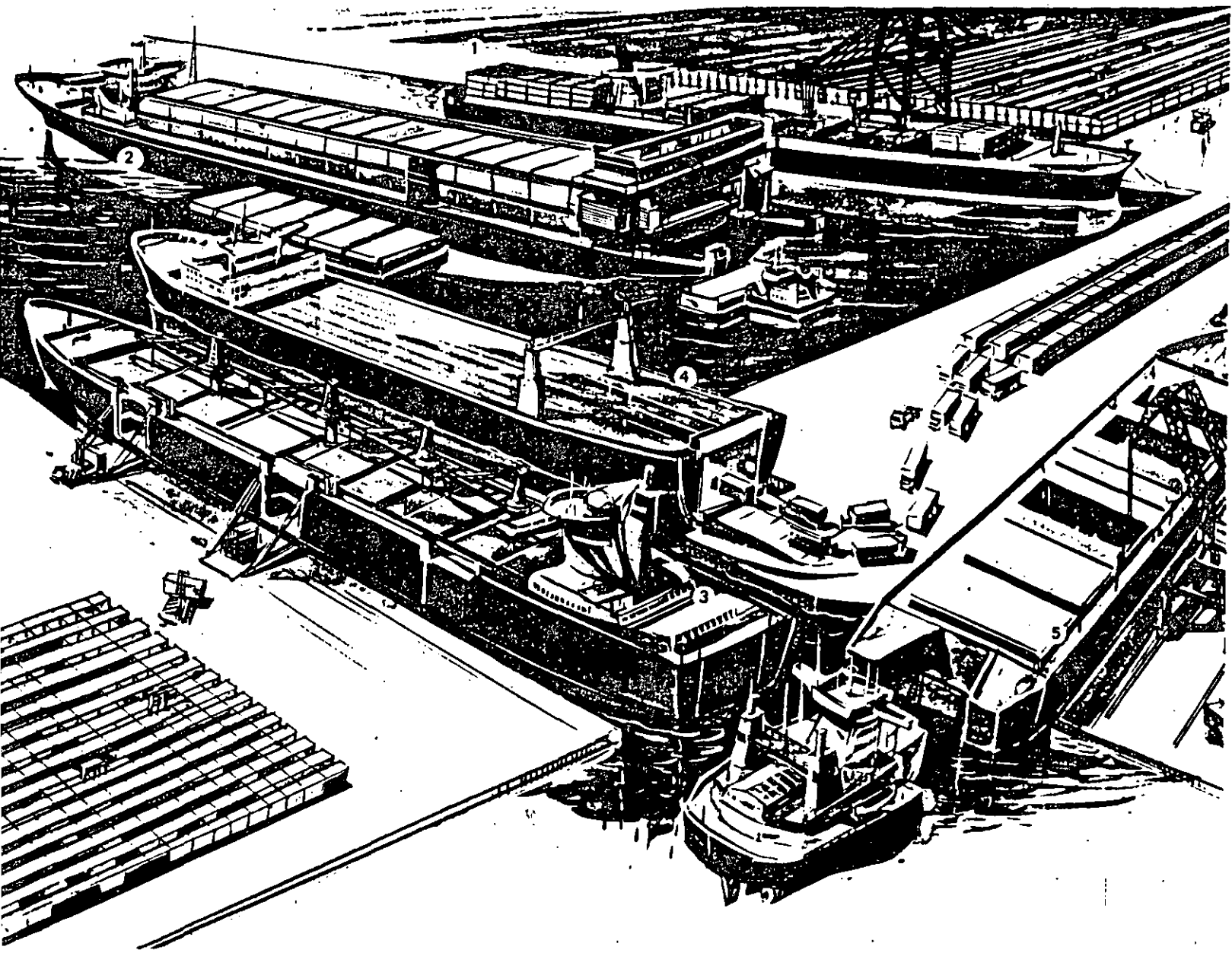
A new iron ore terminal at El Dikheila in Egypt is to be built to serve the nearby steel plant. The terminal will handle 1.5mt/a ore and will be financed by a US$84m World Bank Loan.

Coal: In the US, what was to be the largest slurry project in the country has now been abandoned in favour of rail transport. The 2000km pipeline was to run between Wyoming and Arkansas, but the highly competitive freight rates [illegible] preference. Eight other slurry pipeline projects are being planned, with the 440km Arizona-Nevada pipeline the only one actually in existence.

Current MITI estimates on Japanese coking coal imports for the first half of fiscal 1983 are 27.3mt. Meanwhile forecasts on Japanese coal demand in 1990 have been significantly down-rated from the level of 140mt to 92mt, of which 25mt is of thermal grades. Falling real oil prices and severely depressed levels of future steel production (only 105mt in 1985) have dictated this downward revision by Japanese analysts. Further in the future, sharply contrasting forecasts on 1995 coal demand from the Japanese power industry have been released by MITI and the Petroleum Association of Japan. With 1982 demand at 14.8mt, MITI predicts levels of 30mt and 42mt in 1990 and 1995, whilst the PAJ forecasts are of 24.2mt and 27.2mt. In the first six months of this year Japan imported 37.2mt, a reduction of 10 per cent from last year's level. Coking coal was, predictably, worst hit with imports of 30.0mt representing a 14 per cent decline.

In Japan's main coal source, Australia, recent research by the National Energy Advisory Committee states that current and planned port facilities will be sufficient to handle at least 80mt/a by 1985. Australian exports in 1982 totalled less than 49mt. Its largest coal exporter, Utah Development, has announced profits of A$68.6m in the first half of this year—A$3.8m below the level of the previous year. Shipments actually increased from 8.6mt to 8.8mt, emphasising the significant decline in export prices.

In France, the nuclear power programme has been reduced in line with downgraded



106. Possible future methods for the carriage of break-bulk cargoes.
Full container ship; *2* Barge carrier; *3* Unit load ship for pallets, packages, and similar; *4* Roll-on/roll-off ship; *5* Sea-going push tow.

C ners are no longer stacked on a concreted container p ut are placed directly on the frame, correctly sorted, and can be moved off by the Tugmaster at any time (Fig. 116). If large bin-type platforms are used for bulk cargoes the versatility of the roll-on/roll-off ships can be further increased.

The most important factor in the future development of roll-on/roll-off traffic is, however, the *roll-on/roll-off ship* itself. Along what lines will they develop?

Roll-on/roll-off ships employed in the coastal trades will have their holds primarily arranged to enable them to deal with the increasing numbers of road trailers and containers. Large holds free from obstructions are essential for rapid and efficient cargo handling, so that the machinery exhaust ducts and ventilation ducts will be arranged as close to the ship's side as possible. On small roll-on/roll-off ships up to about 6,000 tdw simple and robust lift platforms or elevators or hinged ramps will in the main be used for moving items from one deck to another (Fig. 117). The latest roll-on/roll-off ships for coastal services have already reached such a high state of development that future efforts will be primarily directed towards reducing the cost of constructing and operating the ships. Single-deck ships, such as have already been proposed for the exclusiv arriage of containers using the LUF System are another possibility (see Fig. 116).

For the deep-sea trades the trend in roll-on/roll-off ships will be towards even higher deadweight capacities. Ships with four, five, or even six cargo decks will gradually displace the conventional general-cargo ship from those trades in which it is still active. The major problem here, however, is that on roll-on/roll-off ships it is much more difficult to stow goods from say five to eight loading ports which are to be delivered to an equal number of discharge ports separately from each other in such a way that each parcel can be discharged without the need to re-stow other cargoes. Large general-cargo ships have five holds and one or two tweendecks, with sufficient further capacity in the main holds, so that there is adequate provision for the separate stowage of parcels of goods.

A roll-on/roll-off ship usually has only one stern door, through which all the cargo has to be moved. Distributing and stowing the cargo on board a large roll-on/roll-off ship has to accord with materials-flow principles, which present the shipping industry with completely new problems.

This, together with the efficient use of the hold capacity, will also affect the future development of methods of providi access from one deck to another. Because they

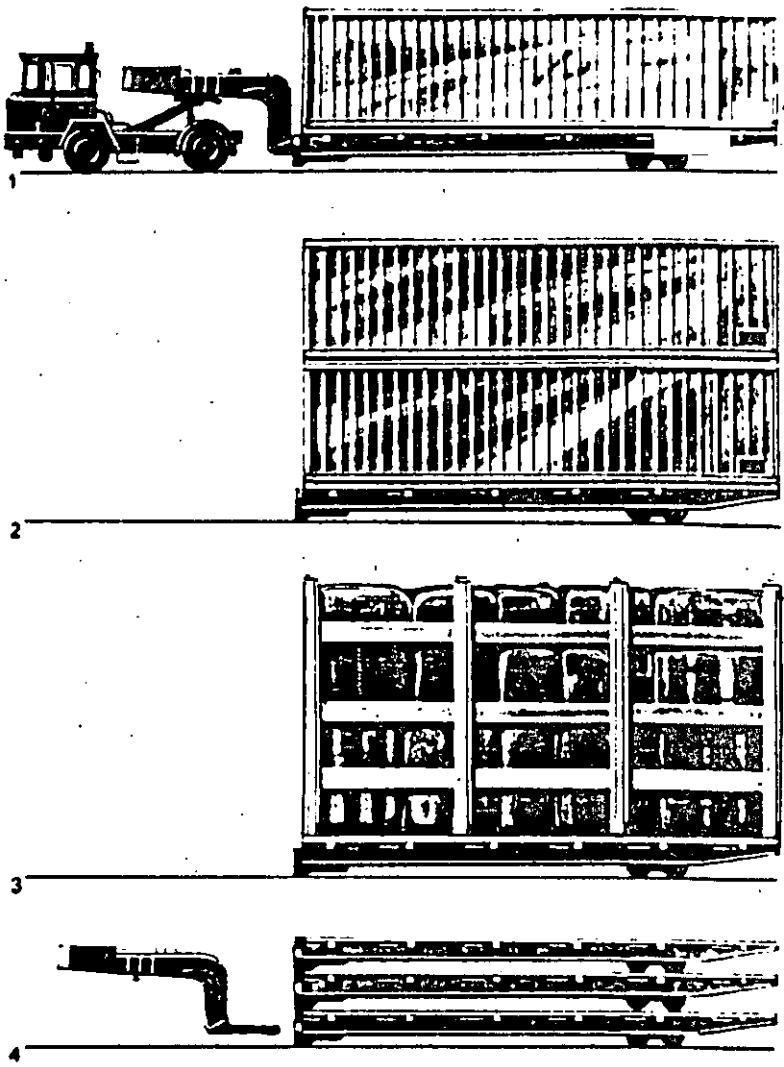
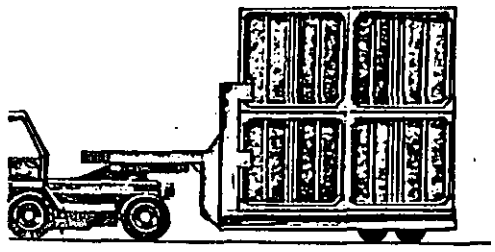
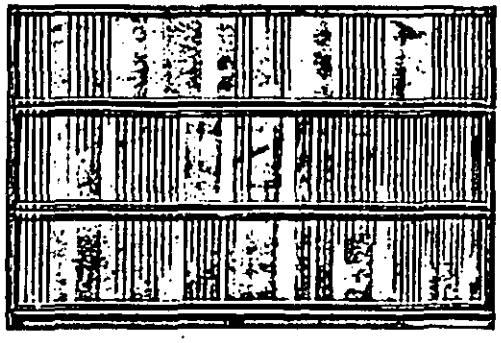


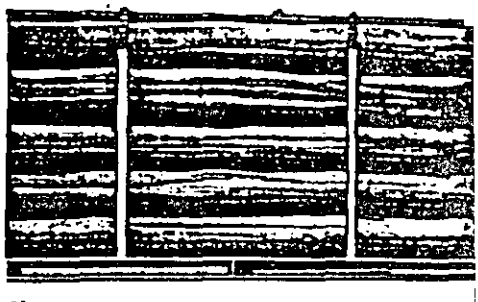
Fig. 114. Rolltrailers pulled by Tugmasters.
1 Carrying a single container; *2* Carrying stacked containers; *3* Loaded with break-bulk cargo; *4* Stacked empty Rolltrailers.

have sufficient space available, the use of fixed ramps as the connection between the individual decks seems to have gained acceptance for the immediate future on large ships (Fig. 118) even though the loss of useful storage space in the ship that results from this is quite considerable. In addition there is an appreciable loss of stowage on each of the cargo decks, since it is not possible to stack cargoes to the full height available. It may also be necessary to leave certain passages free for moving cargoes. These drawbacks have made it necessary to seek new

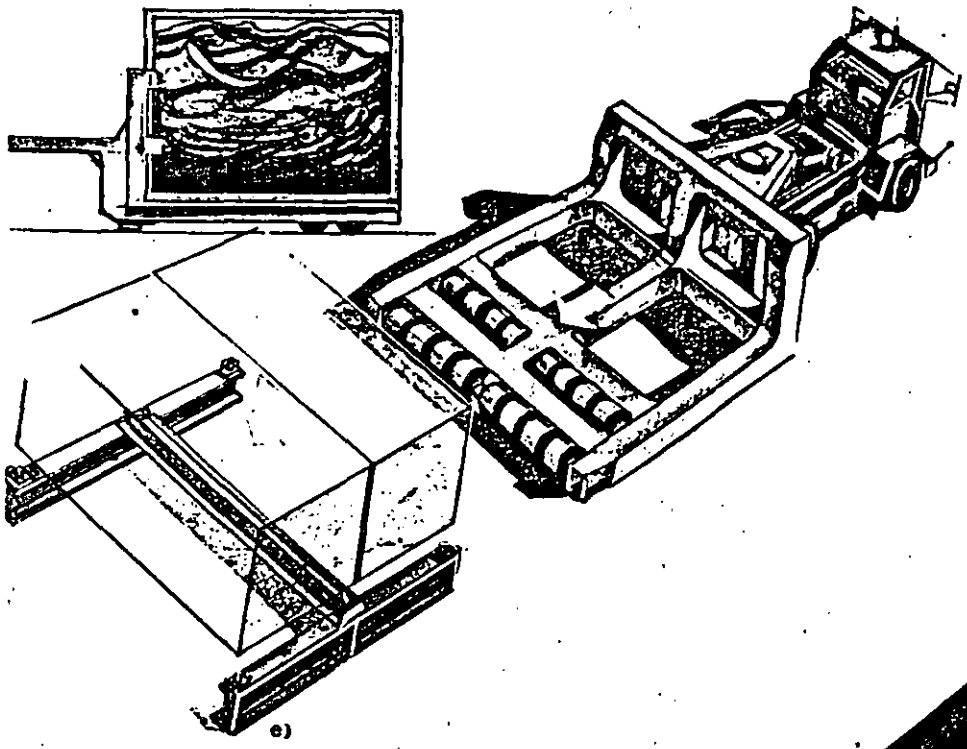




b)



c)



e)

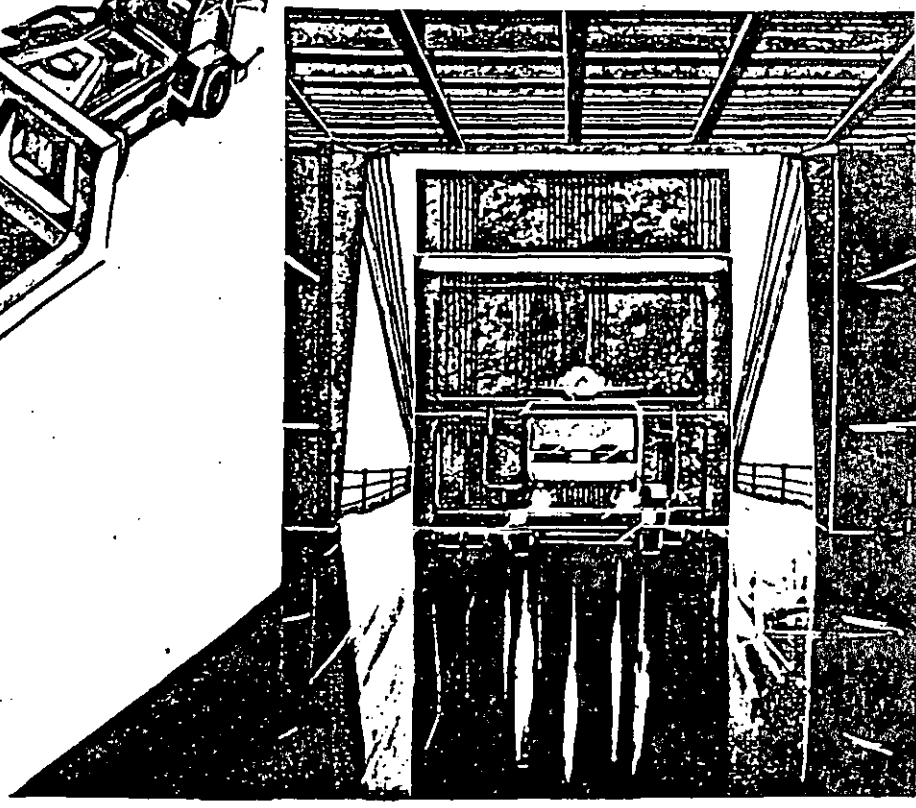


Fig. Various forms of a handling system using lifting platforms for the carriage of containers and other items; developed in Sweden this is known as the LUF (Lift Unit Frame) system.
a) LUF system for four 20-ft containers; b) LUF system for six 40-ft containers; c) LUF system for stacked break-bulk cargo e.g. logs; d) LUF system for bulk materials; e) Tugmaster and lift frame.

Fig. 140. Proposals for novel container handling systems for use in ports.
1 Use of container flats running on rails and portal cranes (TAKRAF);
2 Use of overhead travelling cranes (Krupp).

Fig. 141. Container ship berth with high-rise storage racks.

Super-Ships Require Super-Ports

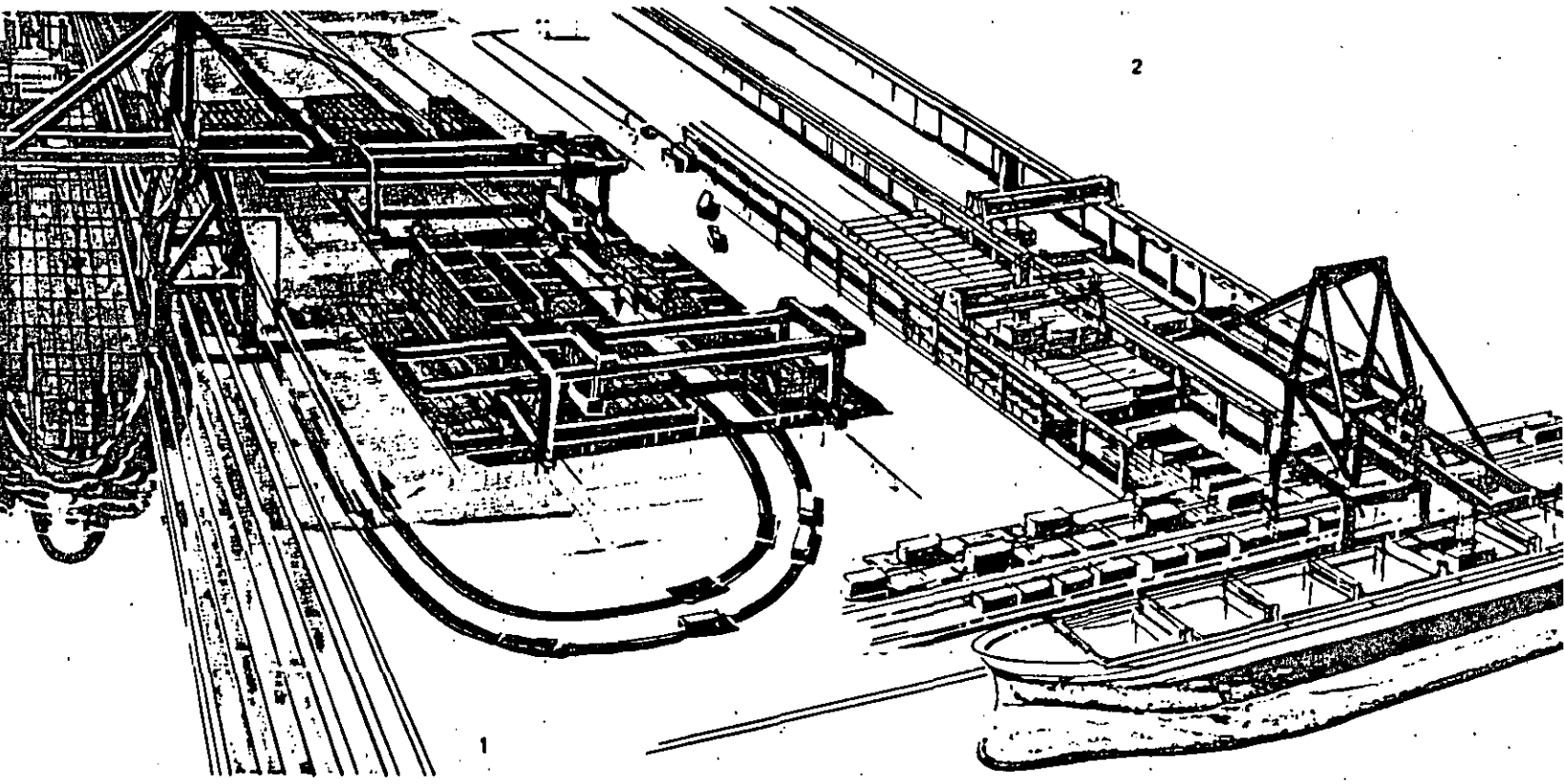
Up to the present, large container storage areas have been preferred (Fig. 139). The integrated, the free-flow, and the semi-integrated systems are known. For the most part, however, the free-flow system is employed in which a short container bridge works in conjunction with a number of road vehicles to serve the storage area. This enables the ship loading and discharging times to be reduced relative to the other two systems, in which there are container bridges with large portal widths and long overhead crane travel movements, but because the containers cannot be stacked as high and wide aisles are needed, much larger areas are required. For 5,000 containers it would, for example, be necessary to provide a surface of 150,000 to 250,000 m². A quay of width about 400 to 600 metres would be necessary at the container handling berths. In addition t' would have to be berths for the feeder ships and stor- a pace for their containers. Ground space is, however, becoming ever scarcer, and it is just no longer possible to provide the areas needed for container terminals for super container ships in the ports.

Another problem arises from the requirement that it should be possible to load and discharge the ships in about 24 hours. The *container bridges* that are now in service have been brought to a high technical standard. As the size of the ships increases their performance will, however, deteriorate, since as the ship size increases the holds become deeper and wider, and the crane cycle times therefore increase. Under the conditions envisaged, a container bridge would be unable to handle more than 20 containers per hour. Even with completely uninterrupted operation – which cannot be achieved in practice – a container bridge would thus need about 20 days to load and unload 5,000 containers in each direction. Even if several container bridges were to be provided it would not be possible to turn round a super container ship within one day using the current cargo-handling techniques.

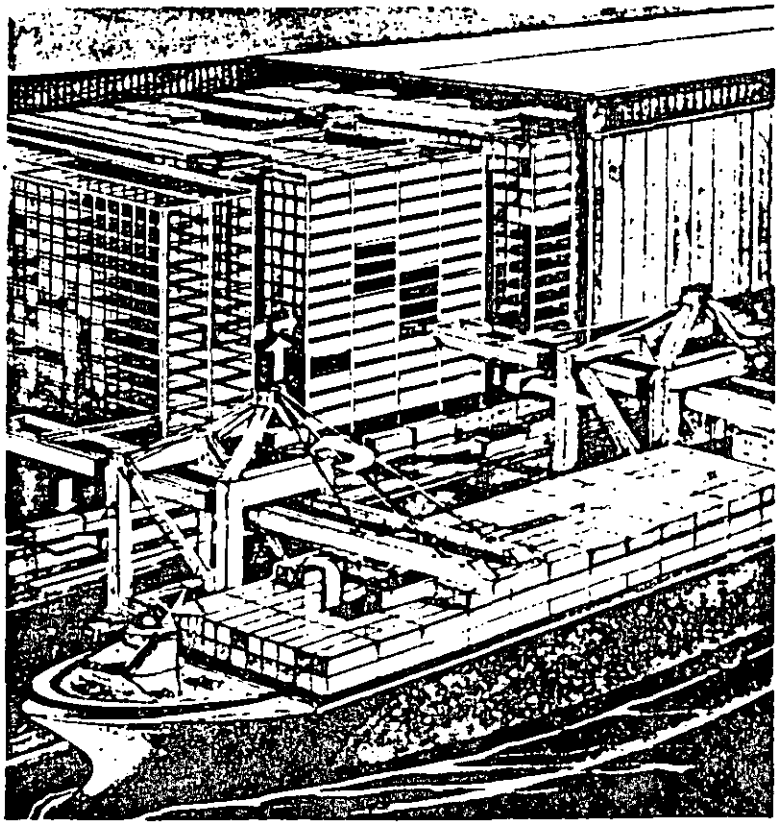
A problem that is of at least equal importance is that of *collecting and distributing the containers*. This involves the use of railways, road transport, and possibly also coastal and inland waterways shipping. Presumably special cargo-handling areas will have to be assigned to these means of transport in future, equipped with automated internal transport equipment of high capacity, such as conveyor belts, wheeled chassis, or overhead conveyors, in order to move the containers to the main terminal.

Because the large number of containers makes it impossible to keep track of them by simple observation, means must be provided for *identifying* each container, so that it can be found when it is needed, and also to ensure that it is moved to the place where it is wanted. These requirements can be met only by automated and inter-coupled information and cargo-handling systems. No further argument is necessary to show that the capacity of the technical concepts currently employed for the maritime transport of containers is subject to limits. Future requirements will need now solutions. It is an objektive necessity to reduce the *ground area* occupied by a container terminal. One means of achieving this is by stacking the containers closer together and especially higher. If wide-span portal cranes or special overhead cranes are used in place of the straddle carriers and stackers currently employed the containers can be stacked in closely-spaced and high stacks (Fig. 140). The blocks of containers are assembled and dispersed in accordance with a fixed programme. Conveyor belts or rail-guided vehicles move the containers to the edge of the quay where they can be loaded on board the ship.

A disadvantage of these systems is the difficulty of obtaining access to individual containers. It is not possible to retrieve any specific container from a stack, but only the one that is on top. For ease of access combined with efficient use of ground area, rack-type container silos are to be preferred (Fig. 141). Each container is placed in a shelf space and is retrieved from this. A computer records and controls the whole process. Unlike the free-standing stacks of containers, which can be stacked 6-high as a maximum for strength reasons, a rack can accommodate 10 to 20 containers above each other. The ground area required is less.



Each container is accurately identified by its location in the rack by means of a three-dimensional coordinate system, and can be moved out of the rack without disturbing any other containers. Unfortunately this technically attractive solution is both expensive and has a high materials requirement. The solutions mentioned provide a means of reducing the ground area required in future container terminals. They will do little to increase the container handling performance however. There are two basic ways by which the latter aim can be achieved: By increasing the weight handled per hoist or by changing over to a continuous flow of containers in a horizontal direction (Fig. 142). Increasing the weight handled per lift will require the use of very powerful lifting equipment and imposes completely new requirements on the handling and storage facilities. A considerable increase in the handling rate can be achieved if the spreaders lift not just one container but several at one time. In the "Twin Twenty Method" two 20-ft containers are lifted simultaneously. But why not more? If the containers are stacked two-high, and are joined at their corners by coupling pieces, and if the spreader can extend over four containers, it would be possible to lift eight containers at a time. The problem is not so much the lifting capacity



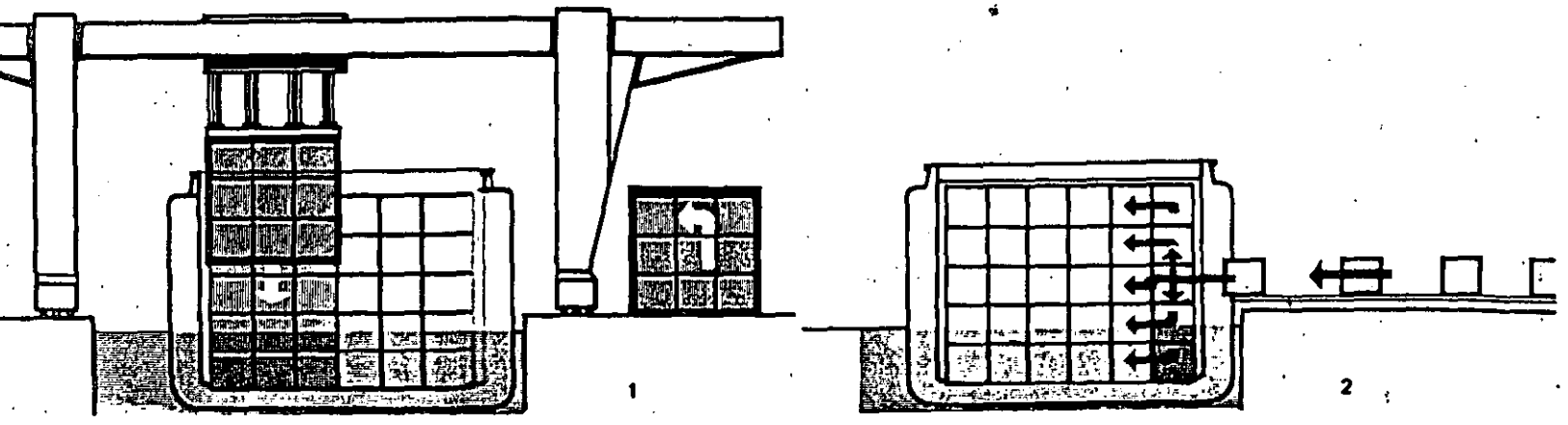


Fig. 142. Two basic means of increasing the container handling rate:
1 Increase in the weights lifted; 2 Continuous-flow movement of single containers.

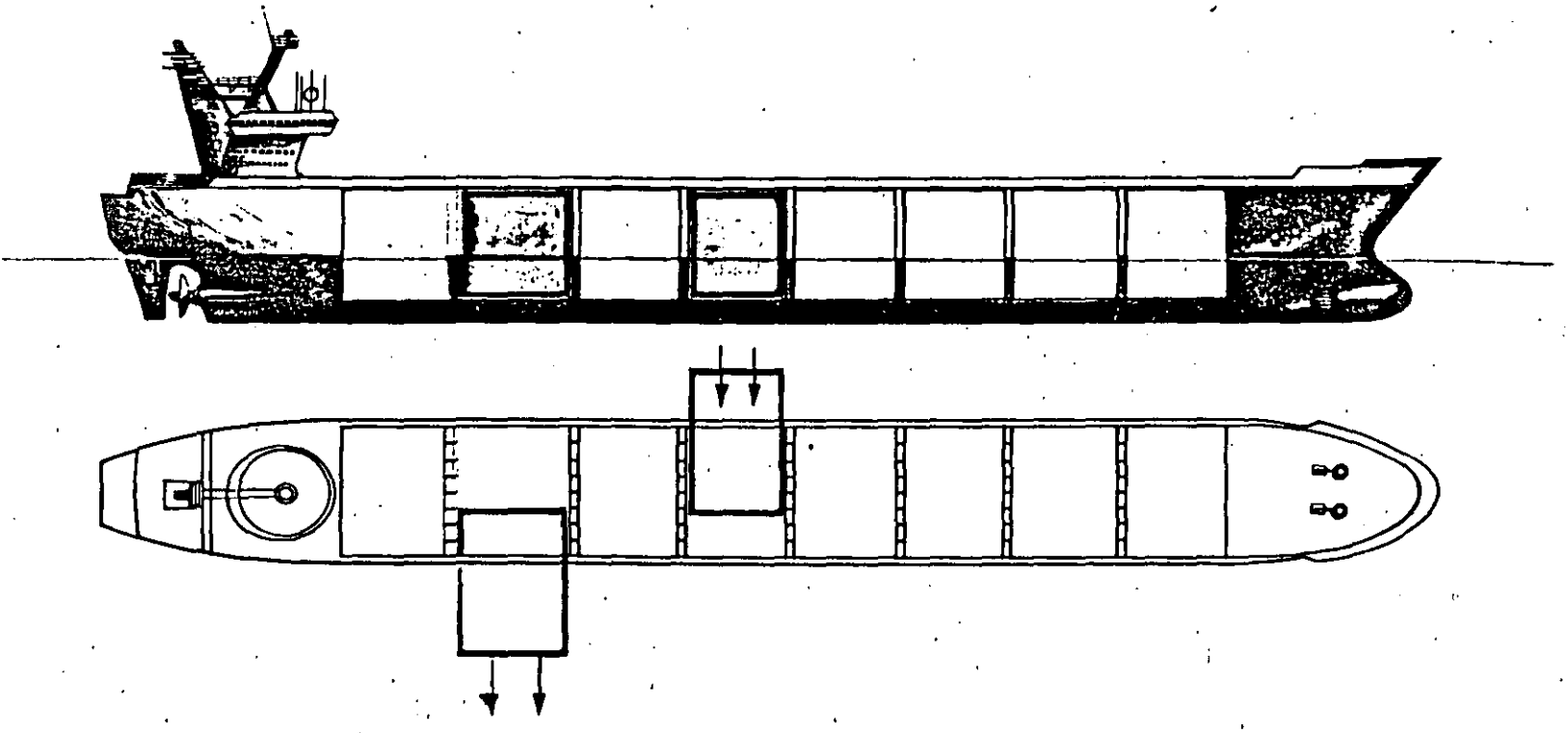


Fig. 143. Container ship in the form of a skeleton structure with large hold-type containers that are floated into place.

of the crane, which would have to be about 200 tons, but rather the movement of the containers to and from the quay.

The LUF-System, which has already been described in the "Cargo Wheeled on Board" section, illustrates one possible solution to the problem. Portal cranes having lifting capacities of 1,000 tons are already in service in large shipyards. They have spans of 100 metres and the heights of the portals are 60 to 80 metres. Within a few years portal cranes with lifting capacities of 2,000 tons will be available. Using these it would be possible to lift about 100 containers complete with their guides and stowage frames out of and into the ship. A handling rate of 400 to 600 containers per hour should be attainable, so that a 5,000-container ship would be able to leave port again after 10 to 15 hours. The containers deposited on the quay are then transferred to the inland transport equipment for distribution by means of small cranes. Equally the export containers are stacked on the frames in accordance with the stowage plan while on the quay. No special container parks will be required. On the other hand the additional stowage fra the enormous portal crane, and the quay space itsel. quired for this solution are themselves very costly. If some of the technical solutions that have been touched on seem a little unlikely it must be remembered that they are only suggestions for the way in which the container trade may develop in the next century. As mankind develops in peace to an even higher standard of living there will be a gigantic transport requirement which can only be met by the adoption of bold solutions. The main objective must be to load and discharge cargoes as rapidly and simply as possible. The ideal answer would be to move the whole cargo at once, in one piece. Changing the buoyancy of a floating vessel, or altering the surrounding water level, open up new possibilities for achieving this. It is possible to envisage a container ship consisting solely of the bottom, deck, and a framework located between them. The cargo is contained in container-type cargo units that slot sideways into the hull (Fig. 143). These large containers are themselves capable of floating, and the ship can be brought to the correct draught by controlling the ballast. The large containers can then be floated in and out of the hull framework by tugs. This concept brings us back to a version of the barge carrier idea.

The Cargo Hold is Dropped Off

Another proposal envisages the use of a *three-part ship*. The containers are carried in an inner tube, open at the top, which can float. The outer double section, which forms the actual hull, can be separated at about mid-length and can be withdrawn forwards and to the rear (Fig. 144). The draught and trim differences are compensated for by filling and emptying the ballast tanks so as to ensure that the various sections remain correctly aligned. Since the inner tube with the containers presumably will not have adequate stability it has to be provided with some stability aids when floating. For loading and unloading it is best dry-docked. The same basic principle is used in another concept. Here the outer double hull (top section) of a container ship is similar to an upsidedown floating dock. The inner hull complete with double bottom (cargo section) can be separated from this. If the bow is hinged or forms part of the cargo section it is possible to back the upper section of the hull clear (Fig. 145).

In these two concepts the outer hull protects the cargo, as in any normal ship. It must have sufficient strength and stability. This hull, the propulsion plant, and the navigation equipment represents the actual ship. The rapid turnround in port, which takes only a few hours, enables a very high utilisation of this extremely expensive ship to be achieved.

A ship is, when all is said and done, a vehicle, and so should move rather than lie still. It will naturally hardly ever prove possible to load and unload the cargo while the ship is actually on the move, but this can be done very rapidly, as indicated by the above suggestions. The complete separation of the cargo and the ship in a negligible time will increasingly become the objective of all proposals for the rationalisation of the shipping process.

Some of the future developments described for *multi-hull ships* offer opportunities to pursue this line of thought. Multi-hull ships, such as the "Trisec" offer cargo-handling opportunities and high speeds that would enable them to meet all future requirements for container traffic. A "Trisec" could, for example, be equipped with an inter-changeable superstructure. This is set down on a finger pier that is straddled by the "Trisec". The cargo can then be dealt with in "peace and quiet", while the remainder of the hull with the propulsion plant picks up another cargo section and starts the next voyage. This proposal can be regarded as the sea-going equivalent of the semi-trailer (Fig. 146).

Because of the high stability of a multi-hull ship it can

cialised ships has been the contribution of the shipping industry to this development.

A survey of the trends in the cargoes offered and of the tonnage made available to transport this indicates that the increasing proportion of bulk cargoes among the goods transported by sea will continue. In the long term, however, there are some tendencies that would go against this trend. In place of raw materials there are increasing quantities of products that have undergone the first processing stage, such as granulated ore concentrates, pig iron, and similar items, and even finished products that are being carried in large quantities.

A reduction in the delivery and transport costs is surely just as important for these cargoes as it is for bulk cargoes, but with the difference that the requirements that the shippers impose on the shipping and port industries are more variable and extensive than they are for the carriage of the relatively uniform raw-material cargoes.

Th llowing are the main features that will characterise th ganisation of the transportation of bulk cargoes:

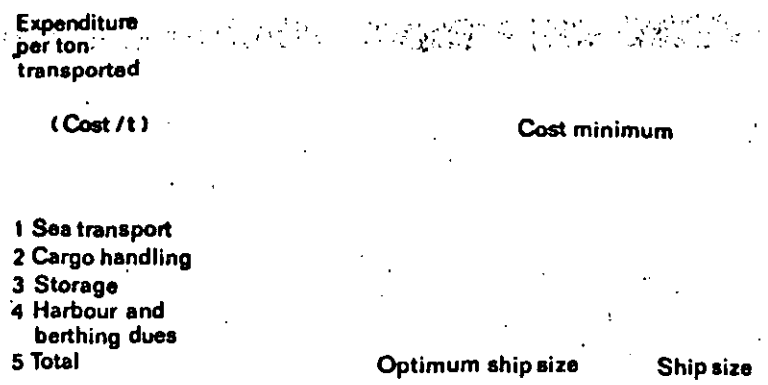
Because of their high degree of specialisation, the tankers and bulk carriers of the future will be integrated into the supply systems of the petrochemical and mining industries and so will be designed and operated from the technical and economic points of view as a link in the transport chain. The need to reduce transport costs can be fulfilled more effectively by a supranational concentration of the raw materials transport system. This would enable a rational organisation of the flow of goods to be achieved together with the employment of the largest ships possible for the trade, which would be specially designed for the task and would achieve a high degree of utilisation.

The concentration in the processing of raw materials, which requires the provision of facilities for the transport of bulk cargoes between the main raw-materials producing and raw-materials processing areas, in turn results in the need to distribute the products of the subsequent processing stages over wide areas, and this again makes it necessary to provide suitable means of transport. These distribution tasks are also a potential market for maritime transport, and especially for coastal shipping.

In order to enable the lower freight rates available with larger ships to be taken advantage of despite the wider variety of goods represented in the bulk cargo trades, it will be necessary to gather together several smaller flows of materials proceeding in the same direction, and to centralise their movements between large import and export ports in major regions, with the cargoes gathered together and distributed by sea and land. The adoption of a small number of specialised deep-water ports combined with feeder traffic not only enables advantage to be taken of the cost savings possible with large bulk carriers, but also enables investments to be concentrated on high-capacity cargo-handling and storage equipment which is relatively fully utilised. From here the import-dependent industries can be supplied either direct or by way of smaller feeder ports, and the export products can also be dispatched. It is a well-proven fact that specific handling costs drop as the quantities involved increase.

If the large number of different transport tasks that will govern the technical features of future transport systems

Fig. 156. Variation in the cost per ton transported with the size of ship.



'or bulk cargoes are analysed, they can be seen to fall into 'oughly the following groups:

- movements of bulk cargoes and specialised products which for various reasons are not likely to be long-term, which occur on all trade routes, and which can be handled by tramp shipping;
- movements of bulk cargoes between raw materials production areas and areas where there is a concentration of raw materials processors, both over transoceanic routes and in coastal trades, as well as materials recovered from the sea bed, based on long-term contracts;
- the distribution of the products of the initial processing stages that have bulk cargo characteristics, mainly – but not exclusively – in the coastal trades.

The maritime transport systems for dry bulk cargoes in each of these categories have in principle great similarity with those used for liquid cargoes. There are however a number of broad problems that are of importance to all forms of bulk shipping, no matter which of the above categories it falls into.

Tankers and bulk carriers are by far the largest ships to be used in ocean transport. This increase in size, which is an economic result of the reduction in the specific cost of transporting a unit of cargo when larger ships are employed, brings in its train a number of problems.

The larger tankers and bulk carriers have deep draughts, and considerable expense is incurred in providing suitable deep-water harbour approaches and berths. The alternative is to load and discharge the ships at sea, which up to the present has been achieved to any great extent only with tankers. But the large quantity of cargo carried in an individual ship also provides the port with headaches. The quantities of cargo for which intermediate storage is required rise, requiring larger storage areas and the recovery of the materials from the stockpiles becomes more complicated. The reduced freight costs are thus countered by higher cargo-handling and storage costs, and by higher cost providing and maintaining the port approaches (Fig. 156).

But even the pure sea transport costs do not decrease linearly with an increase in ship size. The increasing dangers to the environment in the event of a ship, and especially a tanker, becoming a casualty, induce the insurers to increase their rates continuously, and this has a noticeable effect on the operating costs. Since in addition there are natural limits to the growth in the size of conventional bulk carriers due to the draught limitations in channels and coastal waters it will in the distant future be necessary to find new solutions for this branch of shipping.

Tramping will Continue in the Future

In addition to the large quantities of a specific cargo that will need to be carried continuously there will continue to be an appreciable quantity of cargo that is available sporadically, is non-uniform in nature, and that has to be carried over various, ever-changing routes. As a result tramp shipping will continue to find a niche, although it will become relatively less important.

Here there is no question of specialisation on any one particular type of cargo, since the danger of a specialised ship failing to achieve adequate utilisation is far too high. This is the main field of operation for universal ships, and to an increasing extent also of combination ships. It is not merely the universality or combination as regards the cargoes they can carry that distinguishes these ships, but also the varied and constantly changing sea and port conditions that they can meet.

The universal tramp ship is the well-known multi-purpose cargo vessel with a single tweendeck, which is suitable for carrying a wide variety of cargoes. Admittedly it has the disadvantage common to all universal ships that its cargo-handling properties are much inferior to those of a specialised ship. This is particularly the case for dry bulk cargoes. In additon to multi-purpose cargo vessels there will therefore also be multi-purpose bulk carriers that find employment in the tramp trades. Because they are integrated into the mineral oil industry tankers no longer fall into this

category. For the carriage of the widest spectrum of the cargoes that are available the general or universal bulk carrier in its present form is already an important solution for the future.

It is only since the Second World War that the bulk carrier has been developed from the ore carrier and the collier, so that as a ship type it is still relatively new. Unlike the tanker, where the density of the various liquids varies only slightly, so that the amount of space occupied by a ton of cargo is almost constant, there are considerable differences in the densities of dry bulk cargoes, and hence in the cubic required. A light grain, for example, occupies about five times as much space as the same weight of chrome ore. To enable the widest possible range of bulk cargoes to be carried while taking full advantage of the deadweight capacity the ship must have as large a hold volume as possible. In order to carry ores in safety the holds must be filled to the top to avoid the possibility of the st y of the ship being endangered due to the cargo sl g. In other words it is necessary to have ships in which all the holds can be used when carrying light cargoes, but only alternate holds when carrying heavy cargoes. This is the basic principle underlying the design of universal bulk carriers at the present time and in the future.

will continue in future to have to serve conventional ports, so that there is a definite limit on the growth in size that can be accepted in ships designed for world-wide trading. Differences from the design of present-day bulk carriers, which are already integrated in long-term transport systems, will probably be found mainly in the cargo-handling gear provided for bulk carriers intended for tramp service. An effort will be made to make them as self-contained as possible, which means that they will have to be equipped with shipborne loading and discharging gear (Fig. 153).

A further universal solution would be a combination of a bulk-carrier and a general-cargo ship, which would be capable of carrying break-bulk cargoes from industrialised countries to the developing countries, and bulk cargoes in the reverse direction (see Fig. 112).

Ships designed for the carriage of different types of cargo that have approximately the same stowage factors have very good future prospects, since despite the universal nature of cargoes carried the ship's deadweights and cubic capacities are both utilised to the full, so that they can offer low freight rates. From this point of view it seems quite practicable to think in terms of ships for the carriage of light-weight break-bulk cargoes that are available in large quantities, such as wood, vehicles, or containers, in combination with light-weight bulk cargoes. A factor in favour of this category of vessel is that the proportion of standardised break-bulk cargoes is constantly increasing, and they are attaining the attributes of bulk cargoes, especially where wood, rolled steel products, and motor vehicles are concerned. Satisfactory design features for a combination of bulk cargoes and liquid cargoes are present in ore carriers. For tramping the ore-oil carrier is however too specialised. Far better opportunities for adaption to different types of cargo are offered by a ship that can carry oil, bulk cargoes of various types, and standardised piece goods in one and the same hold (Fig. 154). Because the building cost of such a ship is about 10 % higher they are not competitive with tankers or specialised bulk carriers, while the lower speeds resulting from the higher block coefficient place them at a disadvantage relative to the pure container ship or car carrier. Where they do score is in their very high flexibility, which will prove of major importance in the tramp trades of the future.

But what would a ship look like that would be capable of carrying light or heavy bulk cargoes, liquid cargoes, and unit cargoes in the form of containers, packages, motor vehicles, etc. all with the same high efficiency and at the same time provide for rapid loading and discharge? None of the ship types currently known can meet this specification, and it is possible to allow one's imagination free play in trying to solve this problem.

Perhaps such a ship could be a very broad single-hull ship of high stability that carries bulk and liquid cargoes beneath its fully closed main deck, and containers in guides on the main deck, or wheeled cargoes on vehicle decks

(Fig. 155). The liquid cargoes are loaded and discharged through piping systems permanently installed on board. Bulk cargoes are loaded by means of a large hopper located at the bow, with conveyor belts beneath the deck distributing the cargo to the individual holds. Discharging of bulk cargoes is by means of conveyor belts located on the tank top and a pivoting discharge boom at the bow. Containers are placed on the deck or removed from the ship either by land cranes or by the ship's own gear. Vehicles, trailers, and trolleys carrying packages or pallets move on and off the ship over the stern ramp, as do any heavy or bulky unit loads that are to be carried. A ship of this type could largely eliminate ballast voyages, since there is virtually bound to be a demand for capacity to carry one or other of these cargoes – only chemicals and liquefied gases are not catered for – everywhere. Whether this will prove to be one of the ships of the future will of course depend not only on its universal nature, but much more on its economic performance.

Ships without Ports

The most important task for the future is the reduction of the transport costs for mass cargoes. The main thrust here is directed at the maritime leg of the transport chain, that is to say the ships themselves. A comparison of the costs and time required for the handling and transport of break-bulk cargoes and oil shows this very clearly (Fig. 157). A condition that must first be met is that large quantities of similar goods will require to be transported continuously over long periods, but this will be the main feature of mass cargoes of the future.

Fixed relationships between the means of transport and industry, or integration of the transport of raw materials into the supply chain, is the main path to be followed by special-purpose shipping. This then provides the conditions under which the whole of the transport chain can be optimized. The first question to interest us will be what technical solutions for transoceanic trades can be derived from that. Since the costs of using large ships fall much more

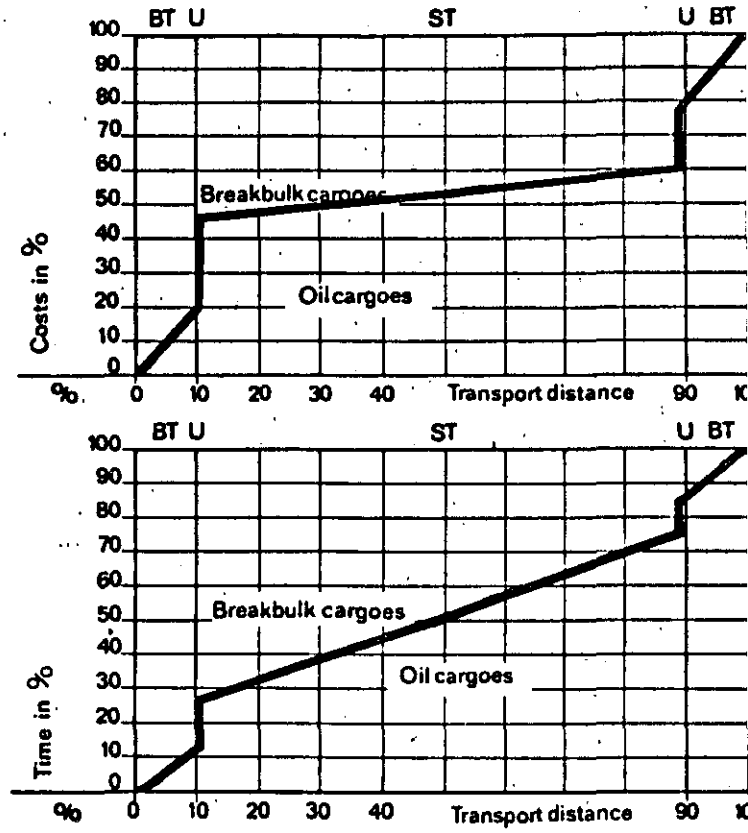


Fig. 157. Proportion of the total transport costs and the total transport time attributed to the individual links in the transport chain for oil and break-bulk cargoes.
BT Inland transport; *U* Cargo-handling in port; *ST* Sea transport

Fig. 158. Ratio of deadweight to displacement for tankers.

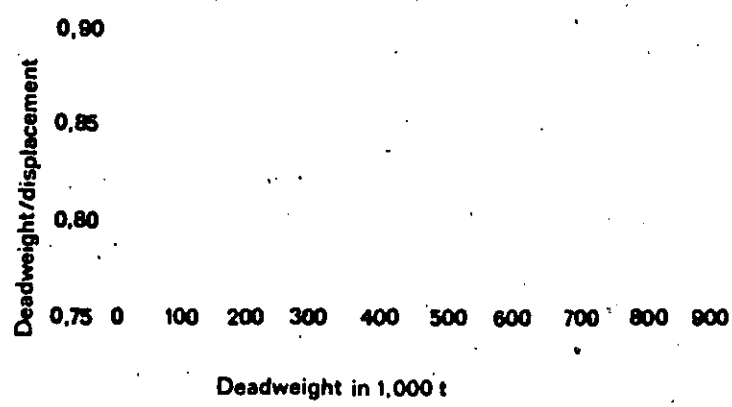


Fig. 164. Discharging a bulk carrier by means of a belt conveyor floated in underneath the ship's bottom.
Immersed buoyancy chamber with conveyor belt; *2* Gasket between buoyancy chamber and bottom of ship; *3* Inclined conveyor.

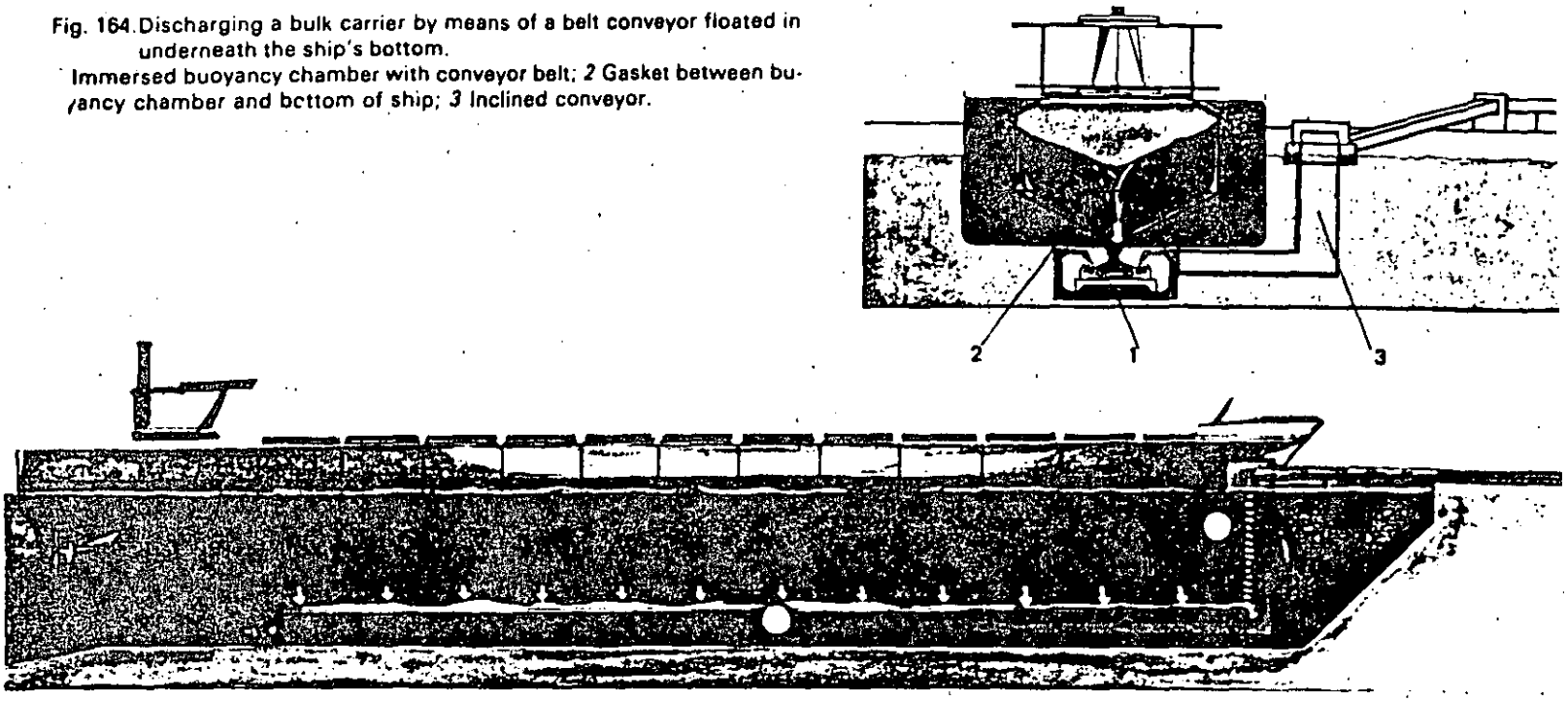
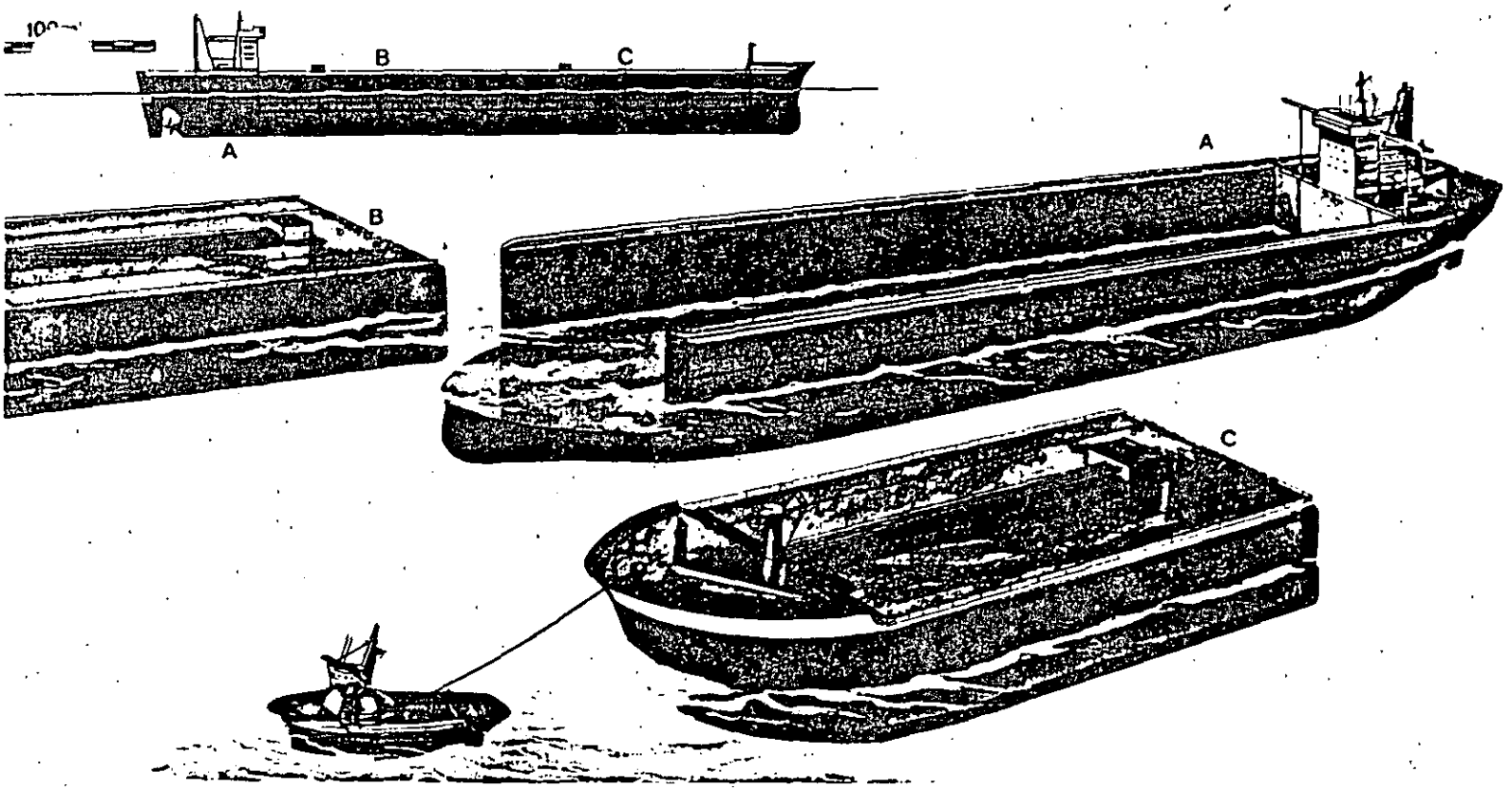
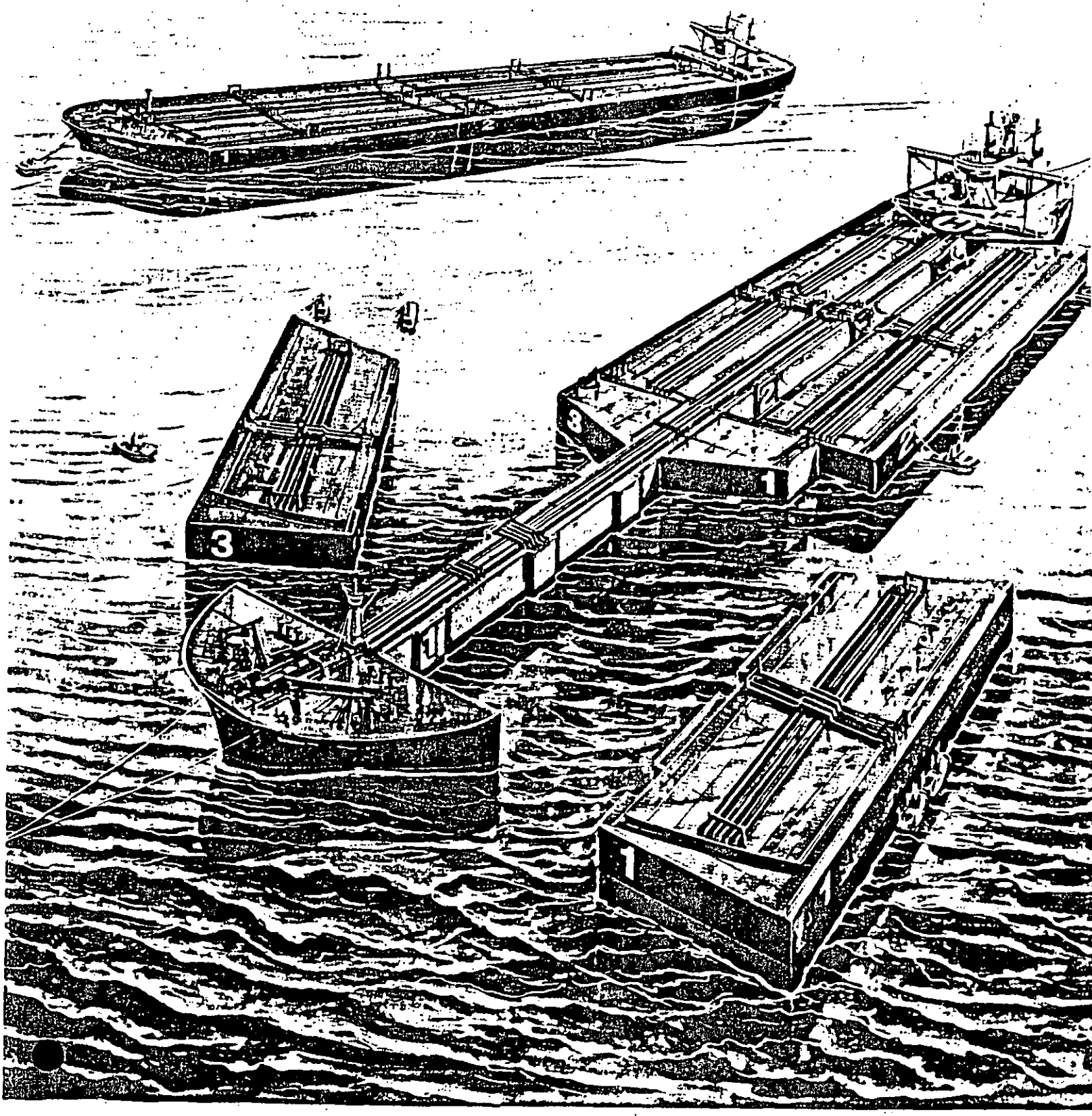


Fig. 165. Tanker with provision for horizontal separation.
A Propulsion and dock section; *B* Float-out central tank section; *C* Float-out forward tank section.




3
1
1
1

cialised ships has been the contribution of the shipping industry to this development.

A survey of the trends in the cargoes offered and of the tonnage made available to transport this indicates that the increasing proportion of bulk cargoes among the goods transported by sea will continue. In the long term, however, there are some tendencies that would go against this trend. In place of raw materials there are increasing quantities of products that have undergone the first processing stage, such as granulated ore concentrates, pig iron, and similar items, and even finished products that are being carried in large quantities.

A reduction in the delivery and transport costs is surely just as important for these cargoes as it is for bulk cargoes, but with the difference that the requirements that the shippers impose on the shipping and port industries are more variable and extensive than they are for the car e of the relatively uniform raw-material cargoes.

Th owing are the main features that will characterise the organisation of the transportation of bulk cargoes:

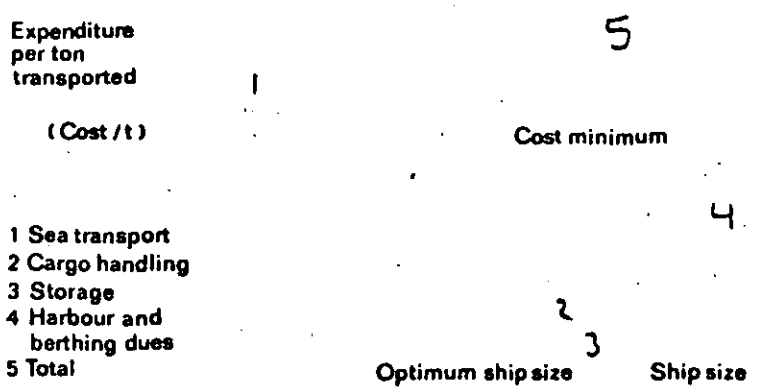
Because of their high degree of specialisation, the tankers and bulk carriers of the future will be integrated into the supply systems of the petrochemical and mining industries and so will be designed and operated from the technical and economic points of view as a link in the transport chain. The need to reduce transport costs can be fulfilled more effectively by a supranational concentration of the raw materials transport system. This would enable a rational organisation of the flow of goods to be achieved together with the employment of the largest ships possible for the trade, which would be specially designed for the task and would achieve a high degree of utilisation.

The concentration in the processing of raw materials, which requires the provision of facilities for the transport of bulk cargoes between the main raw-materials producing and raw-materials processing areas, in turn results in the need to distribute the products of the subsequent processing stages over wide areas, and this again makes it necessary to provide suitable means of transport. These distribution tasks are also a potential market for maritime transport, and especially for coastal shipping.

In order to enable the lower freight rates available with larger ships to be taken advantage of despite the wider variety of goods represented in the bulk cargo trades, it will be necessary to gather together several smaller flows of materials proceeding in the same direction, and to centralise their movements between large import and export ports in major regions, with the cargoes gathered together and distributed by sea and land. The adoption of a small number of specialised deep-water ports combined with feeder traffic not only enables advantage to be taken of the cost savings possible with large bulk carriers, but also enables investments to be concentrated on high-capacity cargo-handling and storage equipment which is relatively fully utilised. From here the import-dependent industries can be supplied either direct or by way of smaller feeder ports, and the export products can also be dispatched. It is a well-proven fact that specific handling costs drop as the quantities involved increase.

If the large number of different transport tasks that will govern the technical features of future transport systems

Fig. 156. Variation in the cost per ton transported with the size of ship.



BIBLIOGRAFIA EN TEMAS MARITIMOS Y PORTUARIOS

1.- "CURSO DE EXPLOTACION Y DIRECCION DE PUERTOS"

TOMO I - EL PUERTO Y SUS ACTIVIDADES

- Parte I - Las actividades Portuarias.
- Parte II - Las operaciones Portuarias.
- Parte III- Las Obras de Instalaciones.

TOMO II - LA PLANIFICACION Y ORGANIZACION DEL PUERTO

- Parte IV - La planificación y dimensionamiento.
- Parte V - La organización del Puerto.
- Parte VI - La Administración del Puerto.

DEL DR. ING. MODESTO VIGUERAS GONZALEZ.
Editado por: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos Madrid.

"CALCULOS DE EXPLOTACION AL ORGANIZAR LOS TRABAJOS DE CARGA Y DESCARGA EN LOS --- PUERTOS MARITIMOS"

DE: N.F. LAZAREV.
Editorial Mir, Moscu.

"DESARROLLO PORTUARIO"
MANUAL DE PLANIFICACION PARA LOS PAISES EN DESARROLLO

"CONFERENCIA DE LA NACIONES UNIDAS SOBRE COMERCIO Y DESARROLLO"

TD/B/C.4/175.

BIBLIOGRAFIA PARA HINCADO DE PILOTES Y TABLESTACAS

1. Pre jetting for long piles speeds driving; Construction Methods. Vol. 27 p.p. 80-82. Octubre de 1952.

2. Newmark N.- The effect of dynamic loads on offshore -- structures. Proceedings of the 8th., Texas Conference on offshore Technology. Houston, Texas, Septiembre 1956 paper No. 6

3. Chappelaar J.G..- Wave forces of groups of vertical piles, Journal of Geophysical Research, American Geophysical Union. Vol. 64, 1959.

4. Gantke F., Ihlefeldt J., Koch D. and Tappe W.- The Hoesch noice abatement tower, a contribution to silent sheet pile Driving Buildirg Rescarch Establishment hibrary Translation 1809, Department of the Enviroment, Jonuary 1974.

SOBRE DIQUES SECOS.

"DESIGN AND CONSTRUCTION OF DRY DOCHKS"

DE: B.K. MAZURKIEWICZ

TRANS TECH PUBLICATIONS.

"ESTUDIO DEL MOVIMIENTO DE MERCANCIA Y LAS OPERACIONES DE ESTIBACION"

DE: L.P. ANDRONOV.
Editorial Mir, Moscu.

"LOS PROBLEMAS PORTUARIOS EN LOS PAISES EN DESARROLLO"

DE: BOHDAN NAGOSSKI
Publicado por: Editorial Temas Marítimos (Gral León 10, México 18, D.F.
Tel. 516 84 47)

"INGENIERIA MARITIMA"

DE: ING. ROBERTO BUSTAMANTE Y OTROS AUTORES.

Tel.(584 66 90)

"OBRAS MARITIMAS"

R. IRIBARREN y C. NOGALES
Editoras Dossat, Madrid 1954.

"PORT ENGINEERING"

DE: PER BRUUN
Editado por: Gulf Publishing Company
Book Publishing División
Houston, Texas.

"MOVIMIENTOS DE MERCANCIAS EN LOS MUELLES"

UNCTAD 17/9/1973
TD/B/C. 4/109 Ginebra.

"PORT DESIGN AND CONSTRUCCTION"

THE AMERICAN ASSOCIATION OF PORTS AUTHORITIES 1964

"DESIGN AND CONSTRUCCTION OF PORTS AND MARINE STRUCTURES"

DE: ALONZO DE F. QUINN

MC. GRAW-HILL BOOK COMPANY INC.

BIBLIOGRAFIA PARA HINCA DE PILOTES Y TABLESTACAS

"PILE DESIGN AND CONSTRUCCTION PRACTICE"

DE: MJ. TOMLINSON.

A. VIEWPO INT PUBLICACTION.

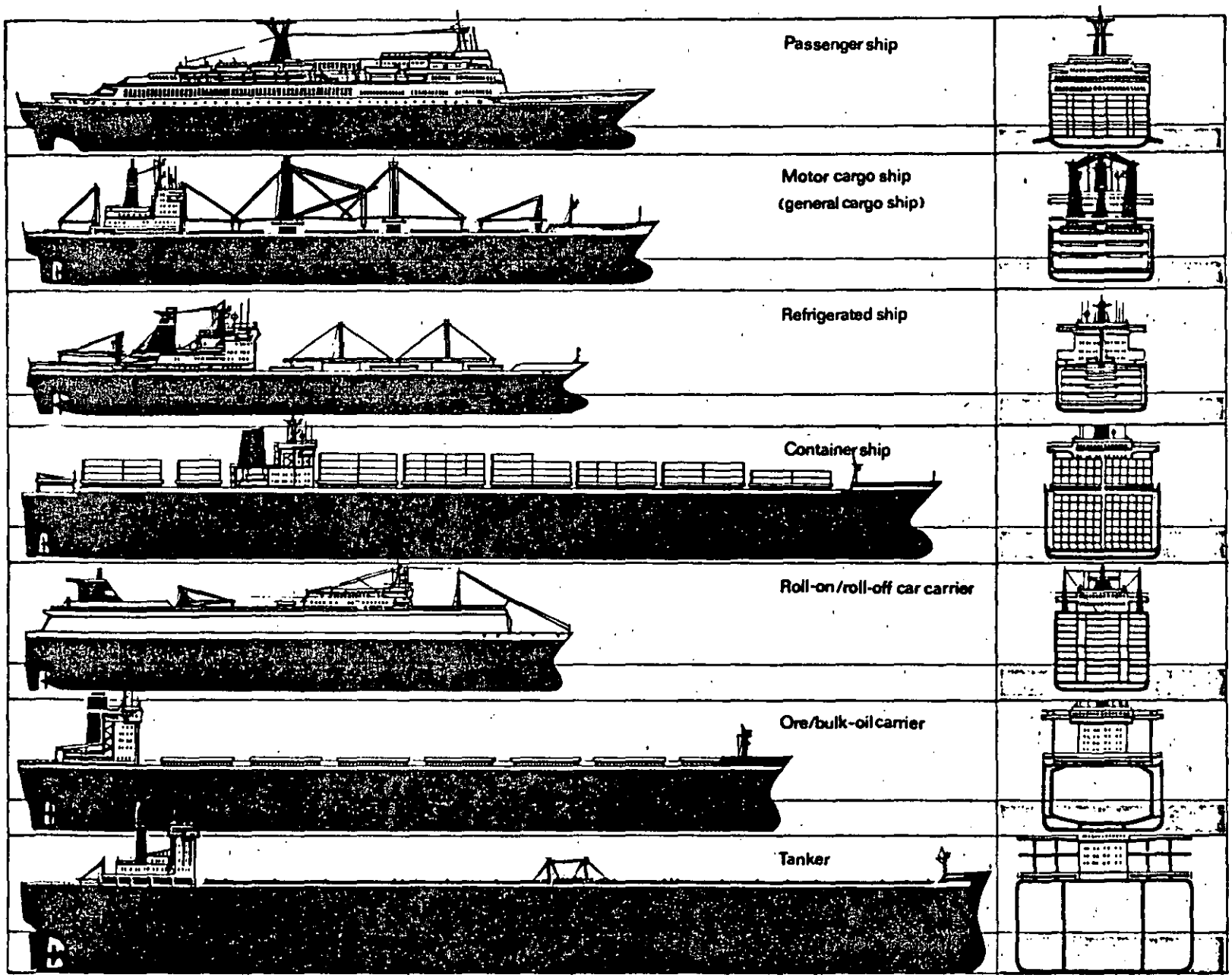


Fig 4 ie elevations of the principal types of merchant ship.

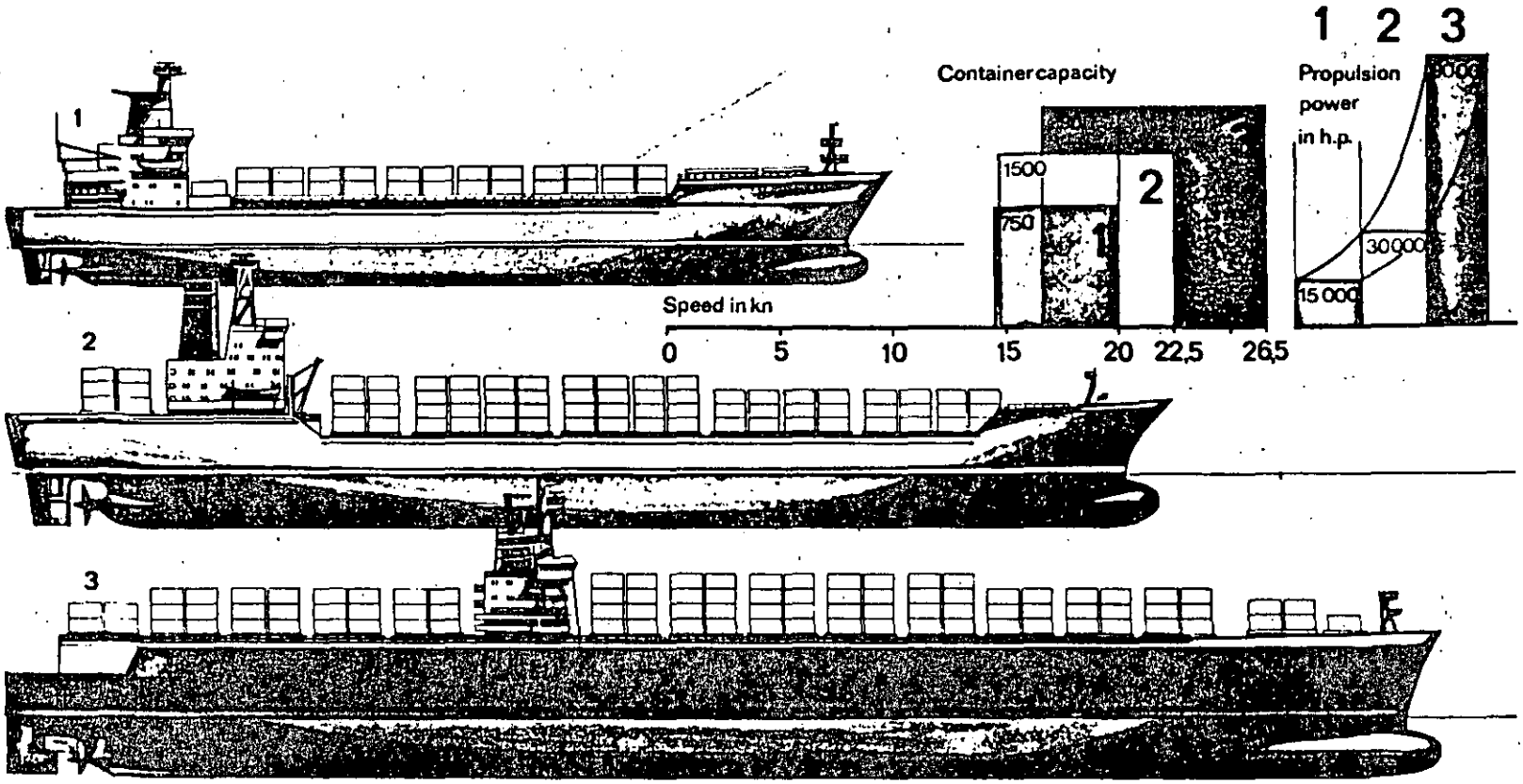


Fig. 1.00 Growth in size of container ships. 735.5 kW.

areas for research in the construction of large ships. The successes achieved in this work shift the optimum sizes of ships as determined by shipowner economic calculations to ever larger values.

It must, of course, not be forgotten that the construction of superships presents the shipbuilders with complex technological problems. In the past the demand for an increase in ship size has always grown more rapidly than the building capacity of the shipyards. Enormous building docks are needed for the construction of giant tankers and the cost of providing these is very high. It is indeed open to question whether it will still be possible to build ships by the conventional methods if there is any further increase in their dimensions.

Table 10.
Largest tankers at various times

Year	Name	Length	Breadth	Depth	Draught	Dead-weight	Power
		m	m	m	m	t	kW
1953	Tina Onassis	236.4	29.0	15.7	11.5	45,700	13,000
1963	Tokyo Maru	306	47.5	24.0	16.0	152,000	20,000
1966	Idemitsu Maru	342	49.8	23.2	17.3	205,000	23,500
1968	Universe Ireland	346	53.3	32.0	24.1	312,000	27,500
1971	Nisseki Maru	347	54.5	35.0	27.8	373,400	29,500
1973	Globtik Tokyo	379	62.0	36.0	28.2	483,660	33,000
1977	P. Guillaumat	414.2	63.0	35.9	28.6	554,600	47,800

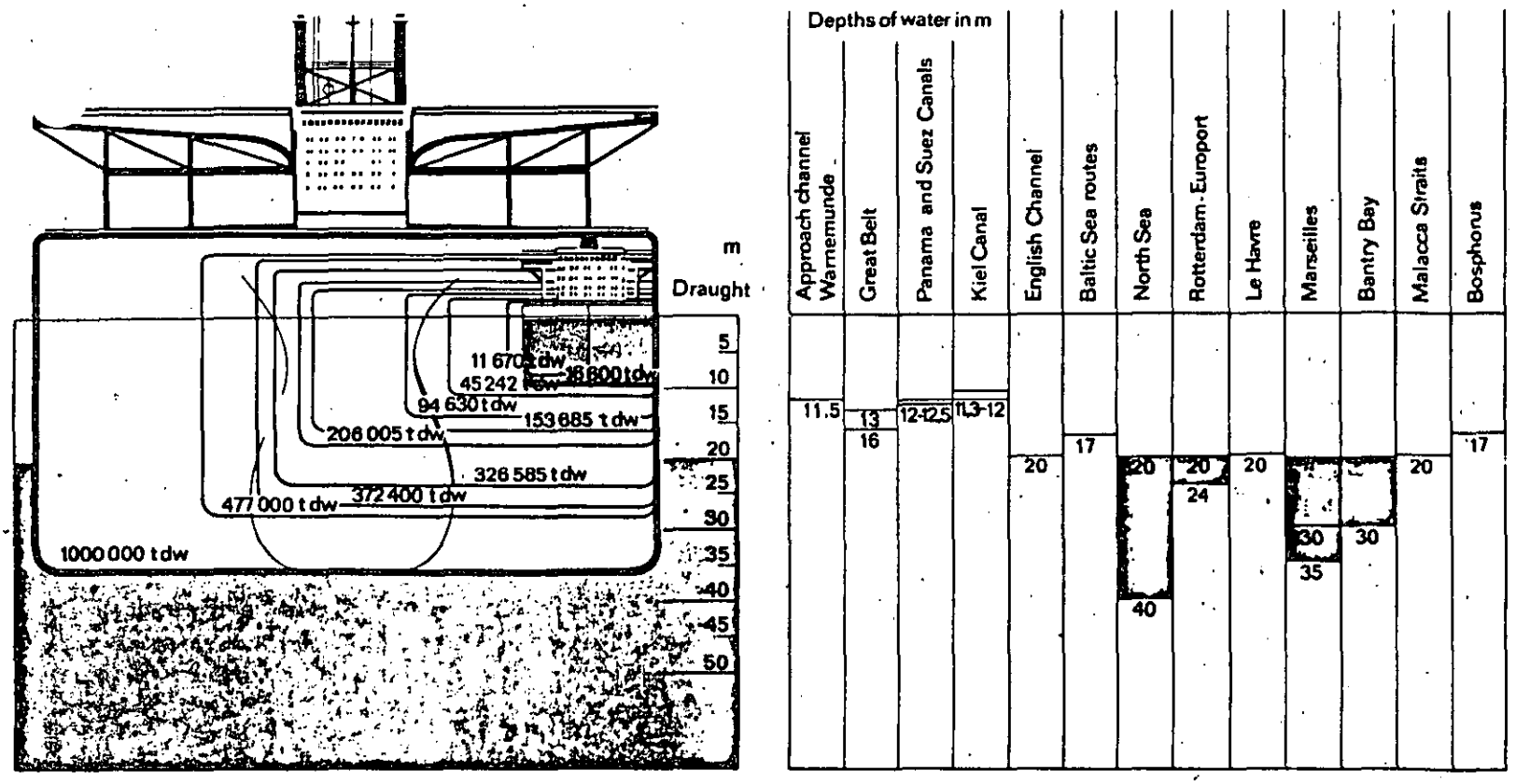
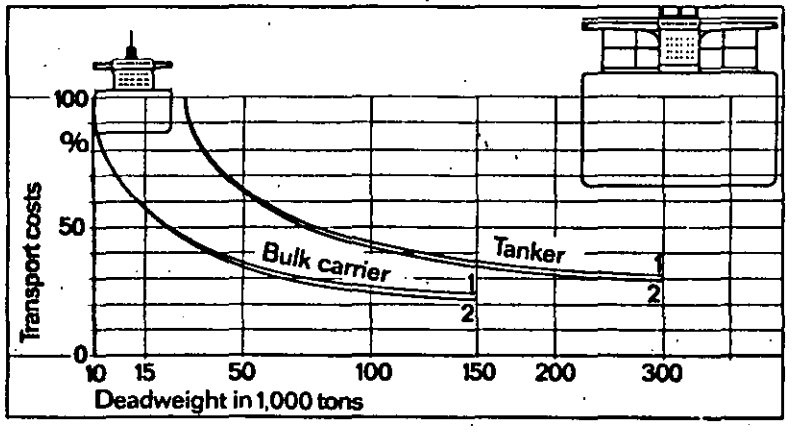


Fig. 57. Deadweight and draught of tankers; also the depths of water in some well-known shipping lanes.

Fig. 58. Transport costs per ton of cargo as a function of ship size. *1* 5,000 nm voyage; *2* 25,000 nm voyage.



hull increases roughly in proportion to the surface area – sides, bottom and deck – and this in turn governs the building cost for the ship. Similarly, in the case of large, slow ships moving at a constant speed, the resistance is approximately proportional to the immersed area of the hull. As a result the propulsion power will increase at most with the square of the proportional increment in ship dimensions, while the deadweight increases with the cube of this factor. Since the automation of the machinery costs virtually no more for a large ship than for a small one, and the crew numbers are thus independent of the size of the ship, a large ship has many economic advantages.

One major factor affecting the economics of superships arises from the progress that has been made in the design of the hull structure. The larger the ships become, the higher the proportion of the total building costs that is represented by the hull steelwork. For a 300,000-ton tanker, for example, about 60 % of the total costs are accounted for by the steel and its processing and fabrication into the hull. Reducing the weight of steel required, and increasing the efficiency of the fabrication processes, are thus major

◀ 47

purchase of bulk tonnage, recently acquiring—in conjunction with the Norwegian bank Kreditkasen—the 120,000dwt bulk carrier YU SING. Joint fleet plans with developing world interest have recently centred on Wilhelmsen's US$143m contract with Brazilian state owned mining company CVRD for two 300,000dwt combination carriers. Vessel completion is scheduled for 1986 when the two vessels will be chartered to CVRD's shipowning subsidiary Docenave for 15 years.

Jebsens is also involved in joint ventures with developing nations, with two 22,000dwt bulk carriers being acquired in conjunction with Jordan National Shipping Lines to handle a proportion of Jordan's phosphate rock exports. It is intended that the joint venture will ultimately operate a pool of seven bulkers of similar configuration.

Jebsens is also acquiring control of six 40,000dwt bulk carriers for its stake in the Gearbulk consortium, two vessels will be delivered from Samsung in 1985—these vessels differing from existing tonnage, incorporating 10 holds and 35t capacity deck cranes rather than five holds and 25t capacity cranes. Fellow consortia member Mowinckels of Oslo has ordered two similar units from Sanoyasu in Japan whilst Dreyfus has ordered an additional four units from Hyundai.

Apart from particular developments such as these, the difficulties of north European owners are underlined by Hapag Lloyd's decision to terminate bulker and tanker operations. In the face of declining profitability Hapag's fully owned bulk subsidiary Kosmos disposed of three bulkers last year—in effect a fleet reduction of some 40 per cent.

Van Ommeren of the Netherlands is continuing its policy of reducing exposure on the open bulk market by concentrating investment in multi-purpose bulk carriers, ordering three geared units of 42,000dwt similar to vessels delivered over 1978/79. Although similar in configuration to other recent handy size orders the Swedyard built tonnage will be chartered direct to the shipper for carriage of forest products and containers—thus securing employment in a sheltered market sector.

With current levels of overtonnaging all shipowners are suffering critically uneconomic freight rates, yet for the high cost European owner this has only hastened existing declines in pure bulk carrier fleets. These difficulties have been precipitated by comparatively high operating costs (see box story) that were counting in favour of low cost operations even prior to the current bulk shipping crisis.

Hong Kong: Market difficulties are not confined to the developed fleets of northern Europe, with the rapid, often speculative, expansion of major Hong Kong shipowners leading to prolonged profitability setbacks. The first casualty was Carrian who, as a result of collapses in the property

Bulk carrier operating costs

A background note prepared by Cargo Systems Research Consultants

Although capital costs fluctuate markedly in relation to newbuilding prices and fuel costs take up an increasing proportion of trading costs, the risks and advantages of these cost sectors are fairly evenly spread between owners. However, the increasing importance of low cost shipowners and the declining exposure of north European owned fleets on the open charter market is largely attributable to differences in operating costs. Included in this sector are crewing costs, repair and maintenance, insurance charges and other sundry fleet administration costs.

The wide range of average operating costs is illustrated in Table 2. Based on an annual questionnaire sent to leading independent shipowners worldwide average figures for handy size and Panamax vessels' operating costs have been derived. The average annual operating costs associated with West European flags in comparison with convenience—Liberian flagged—30,000dwt and 60,000dwt vessels were some 16 per cent and 20 per cent more expensive respectively in 1982. In absolute terms this can result in a cost premium for Panamax tonnage of some US$1100/d. Although comparison of 1981 and 1982 operating costs indicate that differentials are declining, this cost gap illustrates the disadvantages faced by European flagged bulk tonnage on the current trip charter market. By far the greater part of cost differentials is attributable to higher manning costs, with West European flagged vessels frequently incurring a daily wages bill which is greater than convenience tonnage by a factor of three. Although other cost sectors such as insurance charges may be less for European flagged vessels it is the crew element that is of central importance. Given these considerations the new lower manning levels agreed with Norwegian owners, for example, can be seen as essential moves to preserve competitivity of West European flagged bulk fleets. □

Table 2: Annual operating costs for handy-size and Panamax bulk carriers (million US$)

Flag	30,000dwt 1981	30,000dwt 1982	60,000dwt 1981	60,000dwt 1982
West Europe	1.89	1.91	2.00	2.10
Liberia	1.55	1.65	1.64	1.75
India	1.62	1.69	1.73	1.82

Source: CSR CONSULTANTS

Having acquired Grand Marine Holdings from P S Li it now seems that the former owner has regained control of some 20 bulkers. Following the guaranteed expansion of the 1970s Hong Kong owners have turned to European interests, but many contracts of affreightment secured at a time of market upturn proved less untouchable than had been thought.

The depth of the recession has resulted in declining results for Wheelock Maritime who ordered 15 new vessels at the height of the market—including seven Burmeister and Wain fuel-efficient Panamax bulkers at a unit price of $23m. With losses also resulting from its 50 per cent owned subsidiary Pacnorse (operated in conjunction with Jebsens), Wheelock has been forced into selling tonnage to generate revenue.

The outlook for major Hong Kong owners must remain problematic, although further development of ties with European bulker pools and development of handy-size fleets are likely short term developments.

Very large bulk carriers? Despite these difficulties recent months have seen a revival in interest in vessels in the 150,000dwt range largely on the strength of thermal existing fleet of combination tonnage and ore carriers rapidly ages. In the past two years more than 50×130,000dwt+ bulkers have been constructed, and of late Yamashita-Shinnihon and Kawasaki Kisen have both approached yards for larger bulkers.

However, for these economically viable units to be developed shipowners stress the requirement for long term charter commitments from shippers, and in the absence of period time charters independent owners are unlikely to invest in larger or specialised tonnage.

Ultimately, the development of optimum vessel types providing most efficient unit transport costs, will rest on improved demand—greater trade volumes in turn only being guaranteed by sustained economic growth. Although some recovery is under way the extent of recent vessel ordering will delay freight rate recovery. In the interim improved unit efficiency will become secondary to a defensive investment strategy for the independent owner, and the boom in handy-sized ordering can only be seen as a manifestation of this. □

ANDREW PENFOLD

Low freights take their toll

The impact of low freight rates since 1981 has been illustrated by the poor financial performances of several shipowners

SHIPPING

If anyone still requires evidence of the devastation to shipowners' profitability caused by the prevailing low freight rates, the recently revealed financial results of several major bulk shipowners must fit the bill. Over half a dozen large-scale bulk shipowners revealed sharply reduced revenue for the first six months of this year, with company profitability being determined by the extent of earnings in other fields.

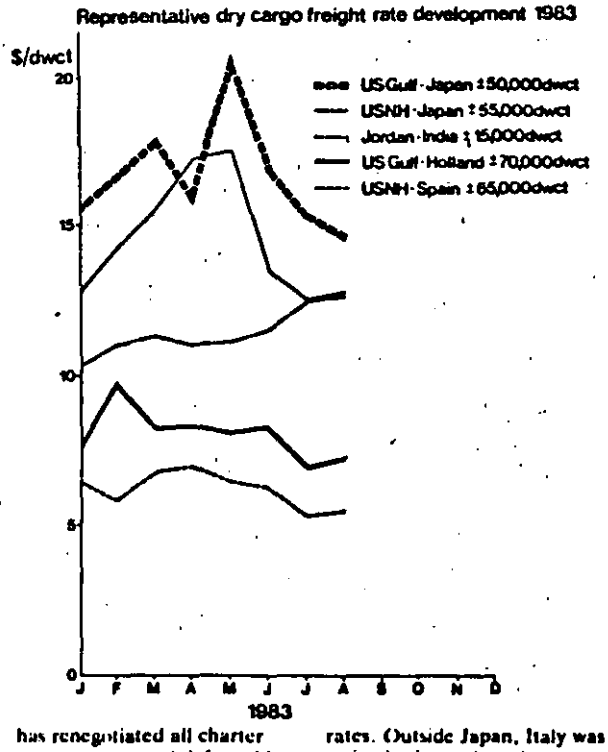
The Nedlloyd group announced a loss of Dfl 72.9m—a figure far in excess of any pessimistic forecast. Whilst container operations must take the lion's share of the blame for this performance, low freight rates in the bulk market continue to be a major problem. Indeed, the picture is somewhat similar for another Dutch company, Van Ommeren, where poor performance in the dry bulk sector halved last year's profits to Dfl 10.5m. Despite ridding itself of two of its three Panamax vessels for good prices in 1981, its continued presence in the bulk sector has seriously deflated profits, a situation repeated in the unrevealed, but likely, performance by Denmark's J Lauritzen group.

Whilst significantly reduced, profits earned by Overseas Shipholding Group (US$25.2m—down 35 per cent) and Ogden Corporation (US$28.1m—down 21 per cent) still look relatively healthy, although the fact that many of the lucrative period time charters covering much of the two fleets are due to expire soon, must imply increasing difficulties in the future.

One European shipowner making tremendous efforts to diversify its interest through a multitude of joint ventures is Norway's Wilh. Wilhelmsen. With income reduced by 36 per cent to Nkr75m in the first half of this year, the company has taken on new commitments throughout its wide range of activities, including purely speculative bulker purchasing and involvement in the construction of two massive 300,000dwt oil/ore carriers.

In the UK, the harsh reality of extensive spot market exposure is illustrated only too well in the dire financial straits facing Reardon Smith where pre-tax losses reached £8.8m in the last financial year, compared to £0.1m 12 months earlier. The recent history of the company provides an object lesson in the perils of unfortunately timed decisions in the shipping market—a lesson learned in varying degrees by all bulk shipowners. Thus, on the eve of the 1981 market collapse the company chartered in tonnage at rates not since attained, preferring to operate its own vessels on the single voyage market which subsequently all but collapsed. Nevertheless, with rapidly increasing coal demand in prospect, the company took on more vessels, this time of the Panamax size class—the vessel hailed by many market analysts as the optimum size for future trading. With the deepening of world economic recession, coal demand growth declining, and a flood of new (mainly Panamax) vessel deliveries, the company once again found itself particularly badly hit. The company currently owns four handy-sized bulkers exposed to the harsh realities of current spot market trading conditions, with five other handy-sized and one Panamax vessel chartered in. The partly owned/chartered 1981 Panamax CELTIC YANA is also a drain on resources—unable to even cover daily operating costs of $4500/5000.

With practically no hope of



has renegotiated all charter commitments and deferred loan repayments. Nevertheless the company is still very much dependent on a large scale upturn in dry bulk activity over the next two/three years—an extremely alarming dependency considering recent evidence.

Freight rates exhibited some encouraging signs in August with recent declines generally halted and contracts for coming months fixed at higher rates. Indeed, the most obvious sign of optimism in the market was the fixing of two 52,000t cargoes for October and November on the US Gulf-Japan route at US$16.4, almost $1.5 higher than current rates. Although average rates on this trade appear at first sight to have declined during August, closer examination reveals larger than average cargoes, thus involving scale economies. Thus, the increases noted on the USNH-Japan (up US$0.3 to $12.8) and USG-Netherlands rates. Outside Japan, Italy was active in the coal market, chartering three Panamax and two larger sized cargoes from the US, Poland and Australia. Coal trading was again generally subdued, however, reflecting the continuance of severely depressed steel production levels.

Activity in phosphates was again dominated by Indian Government chartering, fixing cargoes from Morocco, Jordan and Senegal. Sugar chartering was best described as sporadic, with a 15,000t cargo from Australia to China at US$17.5, and a 10,500t cargo from Argentina to the US at $26 being the most significant features.

In the larger vessel sector, iron ore trading provided cargoes of 100,000t on the Mauritania-Belgium route and 120,000t on the Brazil-Japan trade, although at markedly depressed levels. The Liberia-Netherlands iron ore trade

This month's edition of Market Intelligence has been prepared exclusively for BULK SYSTEMS INTERNATIONAL *by Caron Systems Research*

80,000 at $3.75. Such cargoes have become relatively scarce in recent times as ore demand has suffered sharp decline, as shown by the reduction of the rate for the larger size haul, with $4.62 paid in May of this year for an equal size cargo.

Despite the signs of optimism expressed in the market, period time-chartering activity—possibly the best gauge of market medium-term expectations—remained sparse. Confirmed deals included the fixing of the eight-year-old 72,059dwt NAIAD for one year at US$4500/d and of another Panamax vessel, only two years old, for one year's trading at $3500/d for the first two months and $4650/d thereafter. Vessels in the medium size range of bulkers attained slightly lower rates, with an eight-year old 27,499dwt vessel fixed for two years at $4250/day.

Comparative August freight rates 1981/83

(US$/dwct)

Commodity	Route	Cargo Size	1983	1982	1981
Grain	US Gulf—Japan	50,000dwct	14.6	12.7	20.5
	US Gulf—Netherlands	70,000dwct	7.3	6.0	9.6
Coal	USNH—Japan	55,000dwct	12.7	11.0	18.7
	USNH—Spain	65,000dwct	5.5	6.4	8.1
Iron Ore	Brazil—Netherlands	150,000dwct	—	—	5.0
Fertilisers	Jordan—India	15,000dwct	12.7	11.0	15.2

Source: CSR CONSULTANTS LTD

BULK COMMODITY NEWS

Iron ore: As with last month, little encouragement exists in the iron ore market, with no evidence of any sort of economic recovery. With Japan accounting for almost half of world seaborne iron ore imports, the news that Japanese imports in July showed further signs of decline over last year is far from encouraging. With 8.96mt imported in July (9.1 per cent below the figure for 1982) Japanese demand totals 61.86mt so far this year, some 60mt short of the total 1982 level. With OECD estimates on Japanese growth this year at 3 per cent—a level envied by many Western economies but considerably below par for Japan—steel production and hence ore demand is likely to fall short, albeit marginally, of the 1982 level.

The extent of weakening ore demand in Japan is further evidenced by the price reductions agreed on the major ore supply contracts for fiscal 1983. Australian ore—totalling 76.6mt—is priced around 12.7 per cent less than last year, whilst the 40mt contracted with Brazilian producers involve price reductions of between 11 and 24 per cent.

Steel exports have also been reduced this year, with the January-July total of 17.5mt representing a 2.5 per cent decline from 1982. Imports, however, have increased continuously over the last half of these imports—which amount to around 2mt/a or 10 per cent of domestic demand—come from South Korea where, significantly, Japanese steel technology will be made available in the Pohang Iron and Steel integrated steel mill, which is scheduled to come on-stream in 1988. Output will initially total 2.7mt/a, eventually rising to 12mt/a. The significance of the project, and indeed of the Japanese involvement, is perhaps indicative of the need to look at places other than Japan for significant steel industry growth in the future.

In the US, although steel production totals look likely to exceed the severely depressed 1982 level of 66.4mt, little evidence of sustained growth has been witnessed over the last two months, with capacity utilisation remaining around the 50/55 per cent level attained in spring. Cheap imports remain a major problem to domestic producers, with steel from developing nations—notably Brazil—claiming an even larger share of the US market.

In Europe, the major producers are experiencing similar problems, with Hoogovens, the leading Dutch producer, announcing a loss of Dfl 93.7m (US$31m) for the first six months of the year. Meanwhile in Belgium, Cockerill Sambre is said to require a BFr2bn cash injection for survival, with losses from its Liege and Charleroi plants likely to have exceeded BFr1.5bn over July and August. As part of the EEC steel reduction plan, the state-owned steel giant must shed 3.1mt of capacity by end-1985.

In Australia RTZ-owned Hammersley Holdings boosted first half profits by 56 per cent to A$39.7m (US$34.7m) in 1983. The rise must be seen in however, as well as the severely reduced ore prices negotiated on ore traded since April. Second half-year figures therefore are expected to exhibit a more realistic picture.

BHP of Australia announced a 34 per cent reduction in profits to US$213m in 1982/83, largely as a result of massive losses incurred in its steel production division. Still in the throes of the largest take-over in Australian history—that of Utah International—the country's largest company has itself been the subject of a A$4.13bn take-over bid, perhaps at least partially inspired by potential share price rises following the Government's steel industry rescue plan in January 1984.

Indian ore exports through the chief port of Mormugao totalled 6.25mt in the first seven months of this year, representing a 34 per cent decline from the same period last year. At Paradip the decline has been more marked, with ore exports totalling 1.82mt in 1980/81 and only 0.98mt during 1982/83.

In the Philippines, plans to construct an integrated steel complex at Iligan on the southern island of Mindanao have been confirmed. The mainly Japanese-financed project includes six 0.2mt/a direct reduction plants.

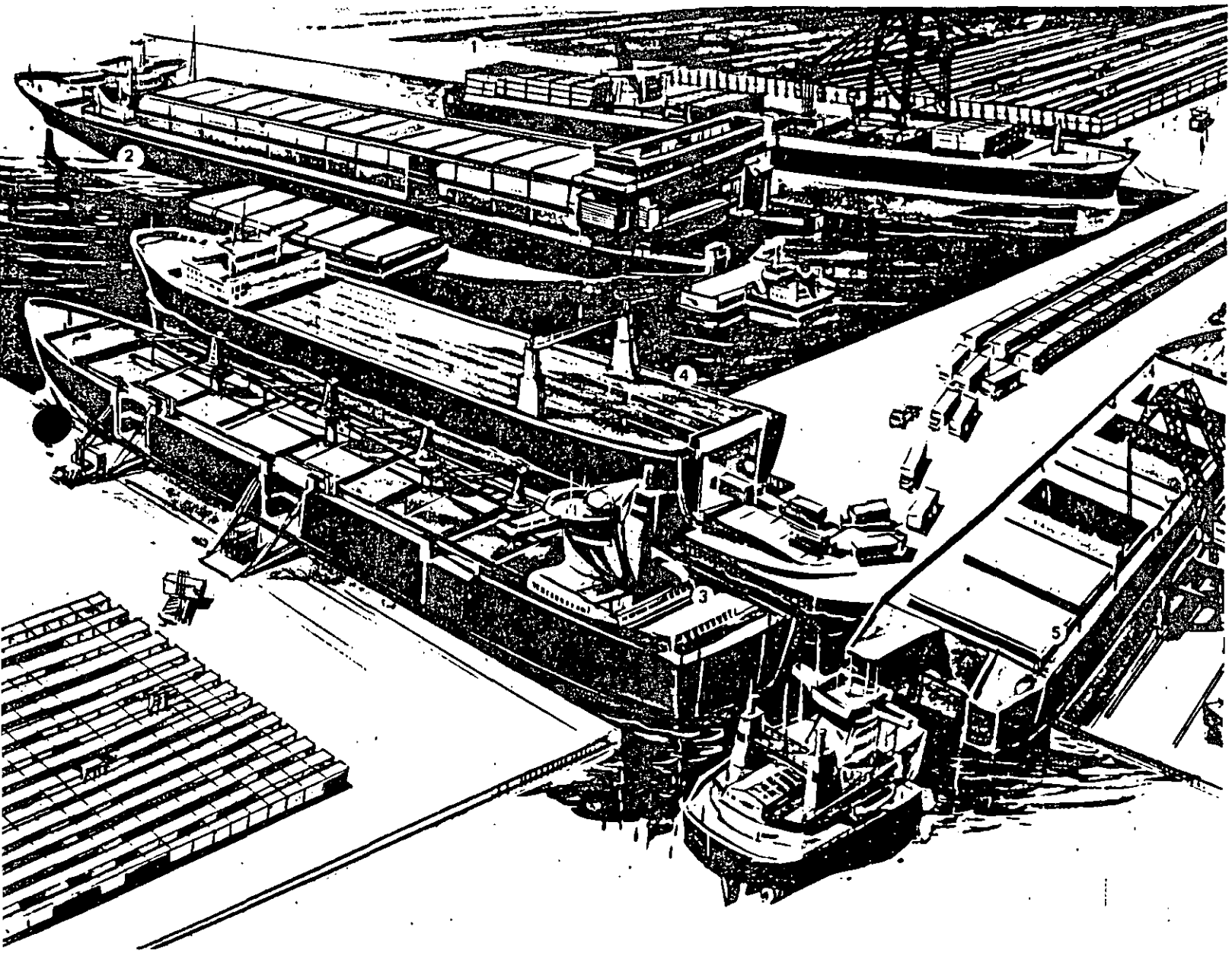
A new iron ore terminal at El Dikheila in Egypt is to be built to serve the nearby steel plant. The terminal will handle 1.5mt/a ore and will be financed by a US$84m World Bank Loan.

Coal: In the US, what was to be the largest slurry project in the country has now been abandoned in favour of rail transport. The 2000km pipeline was to run between Wyoming and Arkansas, but the highly competitive freight rates [illegible] preference. Eight other slurry pipeline projects are being planned, with the 440km Arizona-Nevada pipeline the only one actually in existence.

Current MITI estimates on Japanese coking coal imports for the first half of fiscal 1983 are 27.3mt. Meanwhile forecasts on Japanese coal demand in 1990 have been significantly down-rated from the level of 140mt to 92mt, of which 25mt is of thermal grades. Falling real oil prices and severely depressed levels of future steel production (only 105mt in 1985) have dictated this downward revision by Japanese analysts. Further in the future, sharply contrasting forecasts on 1995 coal demand from the Japanese power industry have been released by MITI and the Petroleum Association of Japan. With 1982 demand at 14.8mt, MITI predicts levels of 30mt and 42mt in 1990 and 1995, whilst the PAJ forecasts are of 24.2mt and 27.2mt. In the first six months of this year Japan imported 37.2mt, a reduction of 10 per cent from last year's level. Coking coal was, predictably, worst hit with imports of 30.0mt representing a 14 per cent decline.

In Japan's main coal source, Australia, recent research by the National Energy Advisory Committee states that current and planned port facilities will be sufficient to handle at least 80mt/a by 1985. Australian exports in 1982 totalled less than 49mt. Its largest coal exporter, Utah Development, has announced profits of A$68.6m in the first half of this year—A$3.8m below the level of the previous year. Shipments actually increased from 8.6mt to 8.8mt, emphasising the significant decline in export prices.

In France, the nuclear power programme has been reduced in line with downgraded



. 10b. . ossible future methods for the carriage of break-bulk cargoes.
'ull container ship; *2* Barge carrier; *3* Unit load ship for pallets, packages, and similar; *4* Roll-on/roll-off ship; *5* Sea-going push tow

Cor ers are no longer stacked on a concreted container pai t are placed directly on the frame, correctly sorted, and can be moved off by the Tugmaster at any time (Fig. 116). If large bin-type platforms are used for bulk cargoes the versatility of the roll-on/roll-off ships can be further increased.

The most important factor in the future development of roll-on/roll-off traffic is, however, the *roll-on/roll-off ship* itself. Along what lines will they develop?

Roll-on/roll-off ships employed in the coastal trades will have their holds primarily arranged to enable them to deal with the increasing numbers of road trailers and containers. Large holds free from obstructions are essential for rapid and efficient cargo handling, so that the machinery exhaust ducts and ventilation ducts will be arranged as close to the ship's side as possible. On small roll-on/roll-off ships up to about 6,000 tdw simple and robust lift platforms or elevators or hinged ramps will in the main be used for moving items from one deck to another (Fig. 117). The latest roll-on/roll-off ships for coastal services have already reached such a high state of development that future efforts will be primarily directed towards reducing the cost of constructing and operating the ships. Single-deck ships such as have already been proposed for the exclusive riage of containers using the LUF System are another possibility (see Fig. 116).

For the deep-sea trades the trend in roll-on/roll-off ships will be towards even higher deadweight capacities. Ships with four, five, or even six cargo decks will gradually displace the conventional general-cargo ship from those trades in which it is still active. The major problem here, however, is that on roll-on/roll-off ships it is much more difficult to stow goods from say five to eight loading ports which are to be delivered to an equal number of discharge ports separately from each other in such a way that each parcel can be discharged without the need to re-stow other cargoes. Large general-cargo ships have five holds and one or two tweendecks, with sufficient further capacity in the main holds, so that there is adequate provision for the separate stowage of parcels of goods.

A roll-on/roll-off ship usually has only one stern door, through which all the cargo has to be moved. Distributing and stowing the cargo on board a large roll-on/roll-off ship has to accord with materials-flow principles, which present the shipping industry with completely new problems.

This, together with the efficient use of the hold capacity, will also affect the future development of methods of providin ccess from one deck to another. Because they

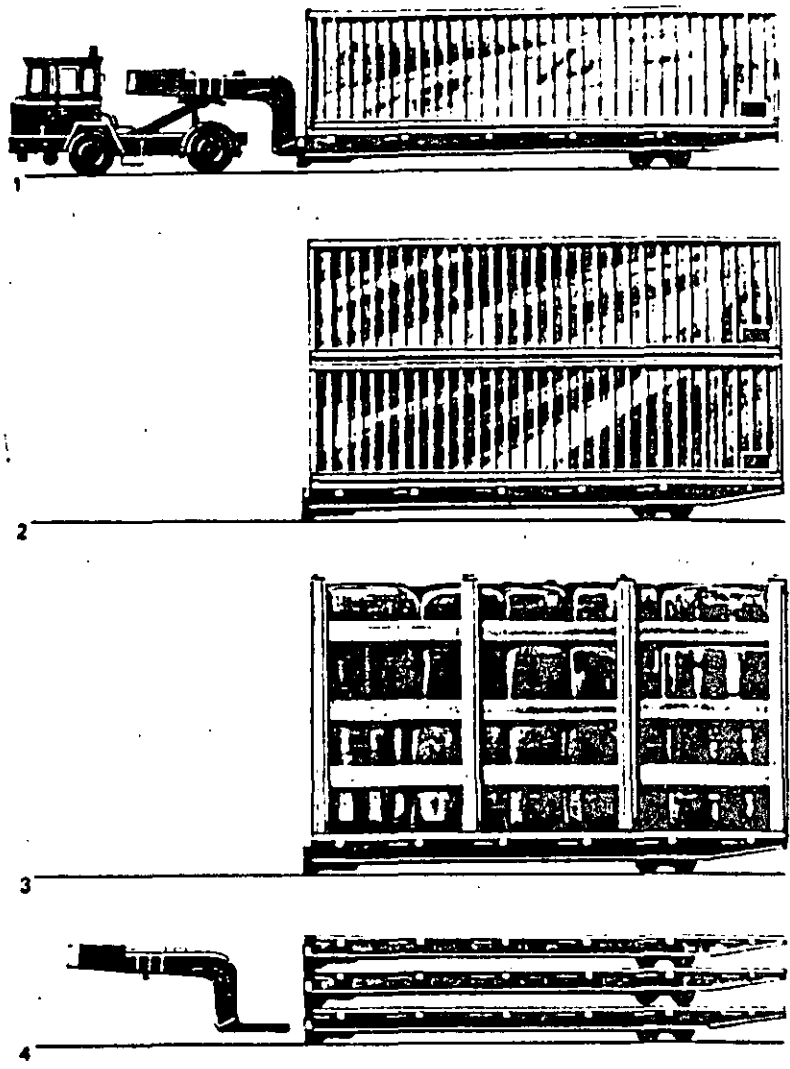


Fig. 114. Rolltrailers pulled by Tugmasters.
1 Carrying a single container; *2* Carrying stacked containers; *3* Loaded with break-bulk cargo; *4* Stacked empty Rolltrailers.

have sufficient space available, the use of fixed ramps as the connection between the individual decks seems to have gained acceptance for the immediate future on large ships (Fig. 118) even though the loss of useful storage space in the ship that results from this is quite considerable. In addition there is an appreciable loss of stowage on each of the cargo decks, since it is not possible to stack cargoes to the full height available. It may also be necessary to leave certain passages free for moving cargoes. These drawbacks have made it necessary to seek new

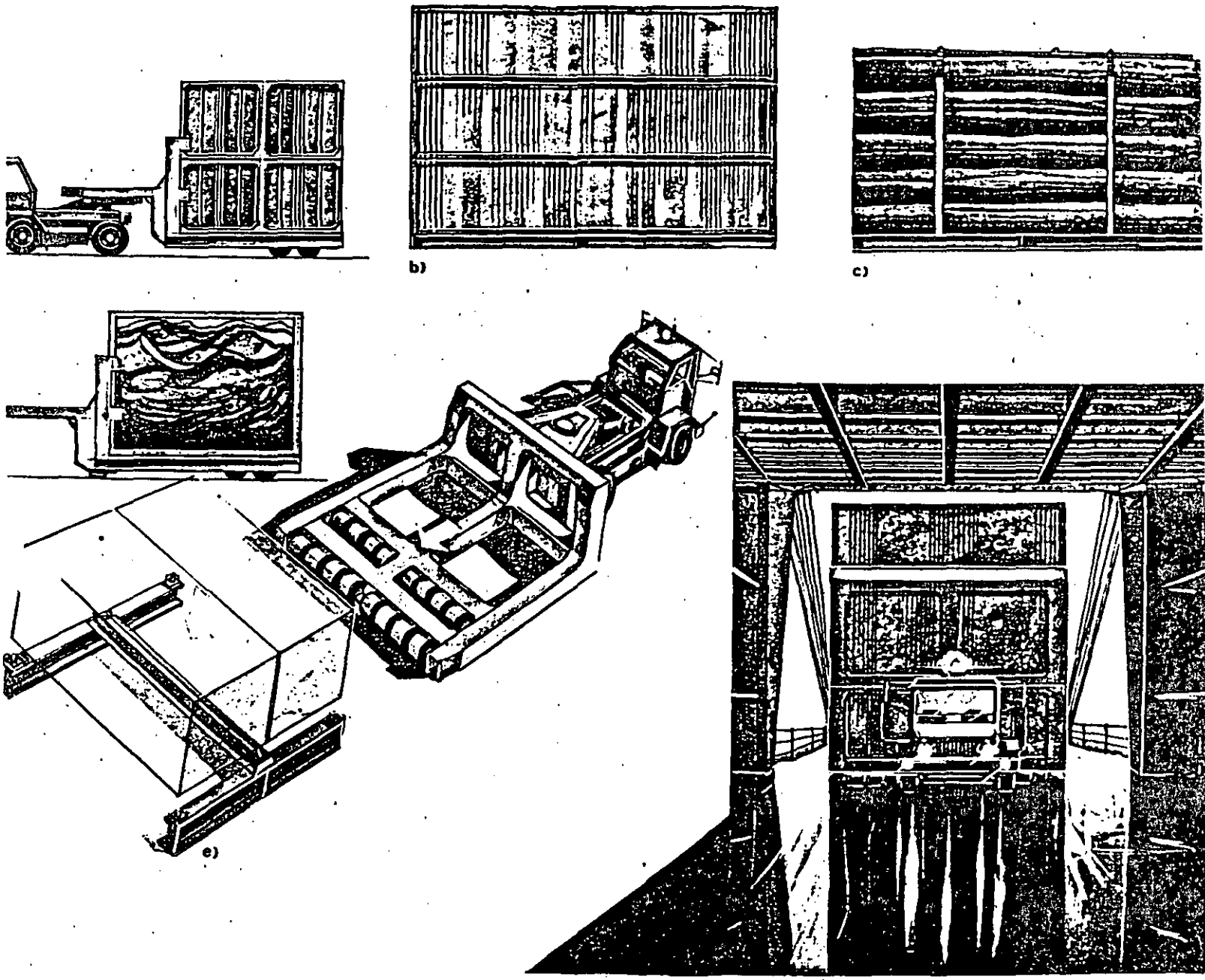


Fig. Various forms of a handling system using lifting platforms for the carriage of containers and other items; developed in Sweden this is known as the LUF (Lift Unit Frame) system.
a) LUF system for four 20-ft containers; b) LUF system for six 40-ft containers; c) LUF system for stacked break-bulk cargo e.g. logs; d) LUF system for bulk materials; e) Tugmaster and lift frame.

Fig. 140. Proposals for novel container handling systems for use in ports
1 Use of container flats running on rails and portal cranes (TAKRAF);
2 Use of overhead travelling cranes (Krupp).

Fig. 141. Container ship berth with high-rise storage racks.

Super-Ships Require Super-Ports

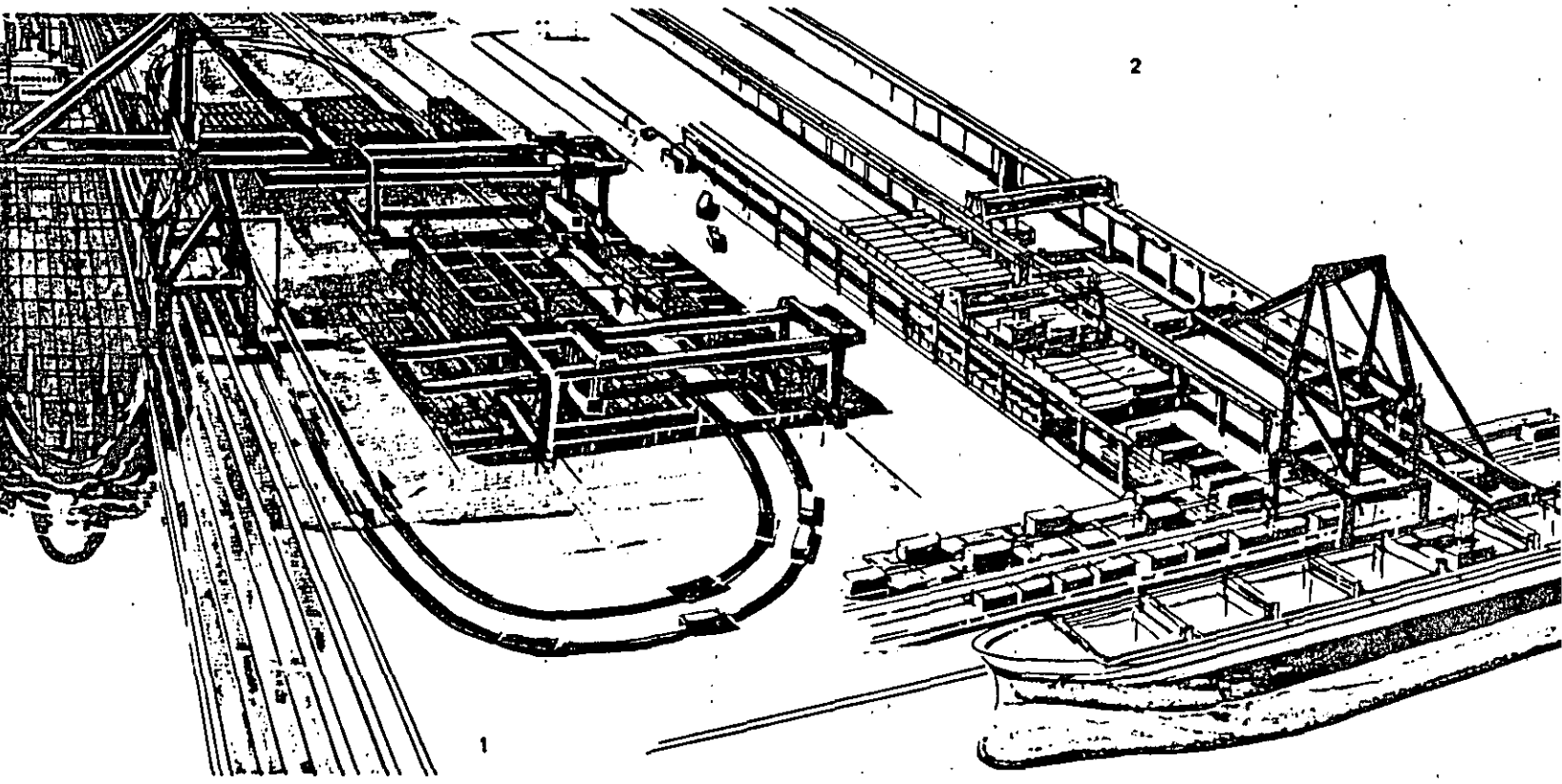
Up to the present, large container storage areas have been preferred (Fig. 139). The integrated, the free-flow, and the semi-integrated systems are known. For the most part, however, the free-flow system is employed in which a short container bridge works in conjunction with a number of road vehicles to serve the storage area. This enables the ship loading and discharging times to be reduced relative to the other two systems, in which there are container bridges with large portal widths and long overhead crane travel movements, but because the containers cannot be stacked as high and wide aisles are needed, much larger areas are required. For 5,000 containers it would, for example, be necessary to provide a surface of 150,000 to 250,000 m². A quay of width about 400 to 600 metres would be necessary at the container handling berths. In addition th would have to be berths for the feeder ships and stora pace for their containers. Ground space is, however, becoming ever scarcer, and it is just no longer possible to provide the areas needed for container terminals for super container ships in the ports.

Another problem arises from the requirement that it should be possible to load and discharge the ships in about 24 hours. The *container bridges* that are now in service have been brought to a high technical standard. As the size of the ships increases their performance will, however, deteriorate, since as the ship size increases the holds become deeper and wider, and the crane cycle times therefore increase. Under the conditions envisaged, a container bridge would be unable to handle more than 20 containers per hour. Even with completely uninterrupted operation – which cannot be achieved in practice – a container bridge would thus need about 20 days to load and unload 5,000 containers in each direction. Even if several container bridges were to be provided it would not be possible to turn round a super container ship within one day using the current cargo-handling techniques.

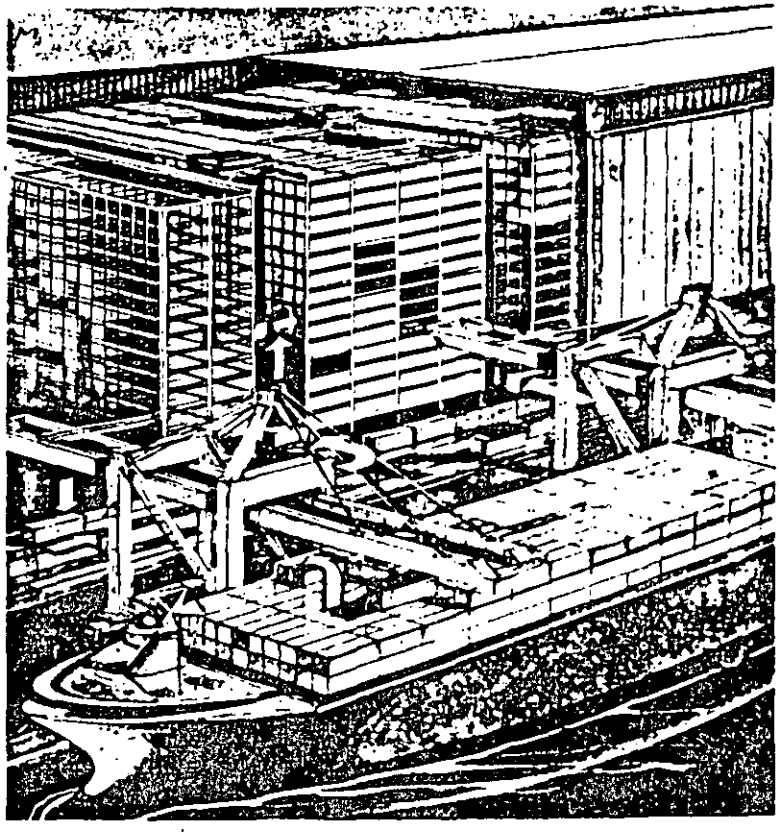
A problem that is of at least equal importance is that of *collecting and distributing the containers*. This involves the use of railways, road transport, and possibly also coastal and inland waterways shipping. Presumably special cargo-handling areas will have to be assigned to these means of transport in future, equipped with automated internal transport equipment of high capacity, such as conveyor belts, wheeled chassis, or overhead conveyors, in order to move the containers to the main terminal.

Because the large number of containers makes it impossible to keep track of them by simple observation, means must be provided for *identifying* each container, so that it can be found when it is needed, and also to ensure that it is moved to the place where it is wanted. These requirements can be met only by automated and inter-coupled information and cargo-handling systems. No further argument is necessary to show that the capacity of the technical concepts currently employed for the maritime transport of containers is subject to limits. Future requirements will need now solutions. It is an objektive necessity to reduce the *ground area* occupied by a container terminal. One means of achieving this is by stacking the containers closer together and especially higher. If wide-span portal cranes or special overhead cranes are used in place of the straddle carriers and stackers currently employed the containers can be stacked in closely-spaced and high stacks (Fig. 140). The blocks of containers are assembled and dispersed in accordance with a fixed programme. Conveyor belts or rail-guided vehicles move the containers to the edge of the quay where they can be loaded on board the ship.

A disadvantage of these systems is the difficulty of obtaining access to individual containers. It is not possible to retrieve any specific container from a stack, but only the one that is on top. For ease of access combined with efficient use of ground area, rack-type container silos are to be preferred (Fig. 141). Each container is placed in a shelf space and is retrieved from this. A computer records and controls the whole process. Unlike the free-standing stacks of containers, which can be stacked 6-high as a maximum for strength reasons, a rack can accommodate 10 to 20 containers above each other. The ground area required is less.



Each container is accurately identified by its location in the rack by means of a three-dimensional coordinate system, and can be moved out of the rack without disturbing any other containers. Unfortunately this technically attractive solution is both expensive and has a high materials requirement. The solutions mentioned provide a means of reducing the ground area required in future container terminals. They will do little to increase the container handling performance however. There are two basic ways by which the latter aim can be achieved: By increasing the weight handled per hoist or by changing over to a continuous flow of containers in a horizontal direction (Fig. 142). Increasing the weight handled per lift will require the use of very powerful lifting equipment and imposes completely new requirements on the handling and storage facilities. A considerable increase in the handling rate can be achieved if the spreaders lift not just one container but several at one time. In the "Twin Twenty Method" two 20-ft containers are lifted simultaneously. But why not more? If the containers are stacked two-high, and are joined at their corners by coupling pieces, and if the spreader can extend over four containers, it would be possible to lift eight containers at a time. The problem is not so much the lifting capacity



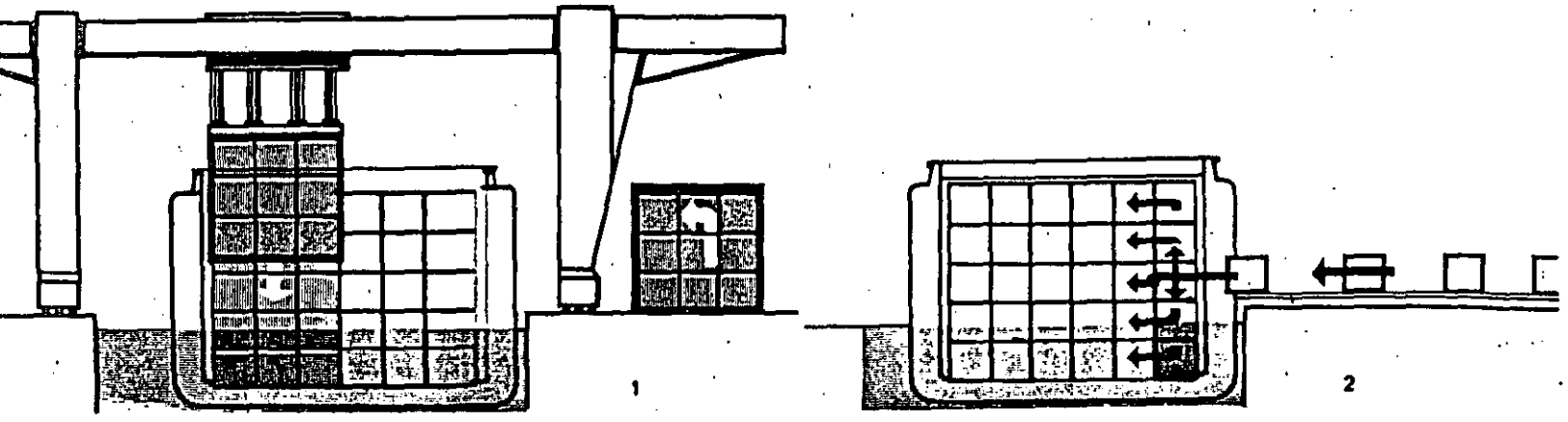
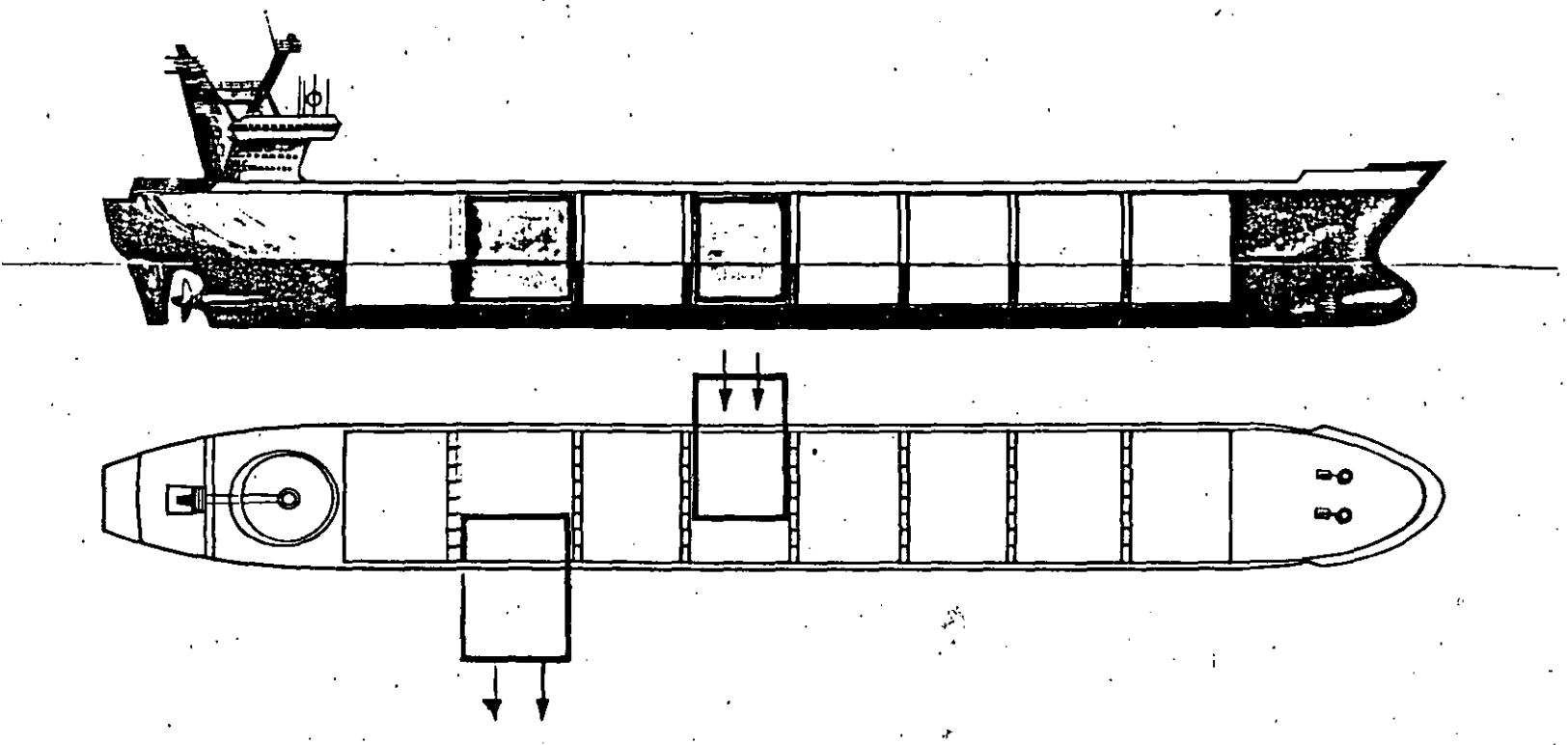


Fig. 142. Two basic means of increasing the container handling rate:
1 Increase in the weights lifted; *2* Continuous-flow movement of single containers.



g. 143. Container ship in the form of a skeleton structure with large hold-type containers that are floated into place.

of the crane, which would have to be about 200 tons, but rather the movement of the containers to and from the quay.

The LUF-System, which has already been described in the "Cargo Wheeled on Board" section, illustrates one possible solution to the problem. Portal cranes having lifting capacities of 1,000 tons are already in service in large shipyards. They have spans of 100 metres and the heights of the portals are 60 to 80 metres. Within a few years portal cranes with lifting capacities of 2,000 tons will be available. Using these it would be possible to lift about 100 containers complete with their guides and stowage frames out of and into the ship. A handling rate of 400 to 600 containers per hour should be attainable, so that a 5,000-container ship would be able to leave port again after 10 to 15 hours. The containers deposited on the quay are then transferred to the inland transport equipment for distribution by means of small cranes. Equally the export containers are stacked on the frames in accordance with the stowage plan while on the quay. No special container parks will be required. On the other hand the additional stowage fr[illegible] the enormous portal crane, and the quay space itse[illegible]uired for this solution are themselves very costly. If some of the technical solutions that have been touched on seem a little unlikely it must be remembered that they are only suggestions for the way in which the container trade may develop in the next century. As mankind develops in peace to an even higher standard of living there will be a gigantic transport requirement which can only be met by the adoption of bold solutions. The main objective must be to load and discharge cargoes as rapidly and simply as possible. The ideal answer would be to move the whole cargo at once, in one piece. Changing the buoyancy of a floating vessel, or altering the surrounding water level, open up new possibilities for achieving this. It is possible to envisage a container ship consisting solely of the bottom, deck, and a framework located between them. The cargo is contained in container-type cargo units that slot sideways into the hull (Fig. 143). These large containers are themselves capable of floating, and the ship can be brought to the correct draught by controlling the ballast. The large containers can then be floated in and out of the hull framework by tugs. This concept brings us back to a version of the barge carrier idea.

The Cargo Hold is Dropped Off

Another proposal envisages the use of a *three-part ship*. The containers are carried in an inner tube, open at the top, which can float. The outer double section, which forms the actual hull, can be separated at about mid-length and can be withdrawn forwards and to the rear (Fig. 144). The draught and trim differences are compensated for by filling and emptying the ballast tanks so as to ensure that the various sections remain correctly aligned. Since the inner tube with the containers presumably will not have adequate stability it has to be provided with some stability aids when floating. For loading and unloading it is best dry-docked. The same basic principle is used in another concept. Here the outer double hull (top section) of a container ship is similar to an upsidedown floating dock. The inner hull complete with double bottom (cargo section) can be separated from this. If the bow is hinged or forms part of the cargo section it is possible to back the upper section of the hull clear (Fig. 145).

In these two concepts the outer hull protects the cargo, as in any normal ship. It must have sufficient strength and stability. This hull, the propulsion plant, and the navigation equipment represents the actual ship. The rapid turnround in port, which takes only a few hours, enables a very high utilisation of this extremely expensive ship to be achieved.

A ship is, when all is said and done, a vehicle, and so should move rather than lie still. It will naturally hardly ever prove possible to load and unload the cargo while the ship is actually on the move, but this can be done very rapidly, as indicated by the above suggestions. The complete separation of the cargo and the ship in a negligible time will increasingly become the objective of all proposals for the rationalisation of the shipping process.

Some of the future developments described for *multi-hull ships* offer opportunities to pursue this line of thought. Multi-hull ships, such as the "Trisec" offer cargo-handling opportunities and high speeds that would enable them to meet all future requirements for container traffic. A "Trisec" could, for example, be equipped with an inter-changeable superstructure. This is set down on a finger pier that is straddled by the "Trisec". The cargo can then be dealt with in "peace and quiet", while the remainder of the hull with the propulsion plant picks up another cargo section and starts the next voyage. This proposal can be regarded as the sea-going equivalent of the semi-trailer (Fig. 146).

Because of the high stability of a multi-hull ship it can

cialised ships has been the contribution of the shipping industry to this development.

A survey of the trends in the cargoes offered and of the tonnage made available to transport this indicates that the increasing proportion of bulk cargoes among the goods transported by sea will continue. In the long term, however, there are some tendencies that would go against this trend. In place of raw materials there are increasing quantities of products that have undergone the first processing stage, such as granulated ore concentrates, pig iron, and similar items, and even finished products that are being carried in large quantities.

A reduction in the delivery and transport costs is surely just as important for these cargoes as it is for bulk cargoes, but with the difference that the requirements that the shippers impose on the shipping and port industries are more variable and extensive than they are for the carriage of the relatively uniform raw-material cargoes.

Th lowing are the main features that will characterise th ganisation of the transportation of bulk cargoes:

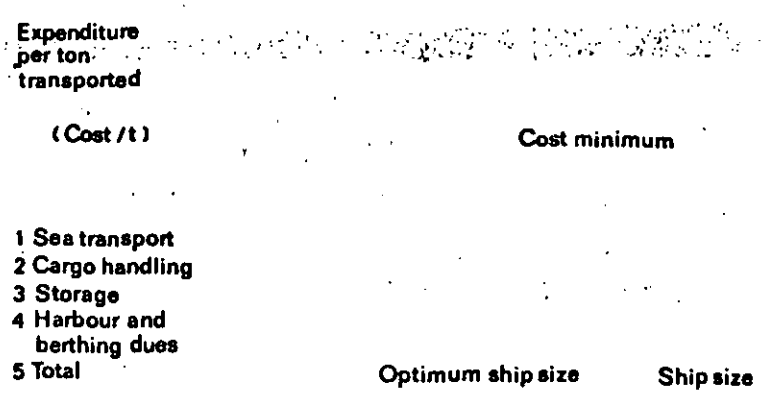
Because of their high degree of specialisation, the tankers and bulk carriers of the future will be integrated into the supply systems of the petrochemical and mining industries and so will be designed and operated from the technical and economic points of view as a link in the transport chain. The need to reduce transport costs can be fulfilled more effectively by a supranational concentration of the raw materials transport system. This would enable a rational organisation of the flow of goods to be achieved together with the employment of the largest ships possible for the trade, which would be specially designed for the task and would achieve a high degree of utilisation.

The concentration in the processing of raw materials, which requires the provision of facilities for the transport of bulk cargoes between the main raw-materials producing and raw-materials processing areas, in turn results in the need to distribute the products of the subsequent processing stages over wide areas, and this again makes it necessary to provide suitable means of transport. These distribution tasks are also a potential market for maritime transport, and especially for coastal shipping.

In order to enable the lower freight rates available with larger ships to be taken advantage of despite the wider variety of goods represented in the bulk cargo trades, it will be necessary to gather together several smaller flows of materials proceeding in the same direction, and to centralise their movements between large import and export ports in major regions, with the cargoes gathered together and distributed by sea and land. The adoption of a small number of specialised deep-water ports combined with feeder traffic not only enables advantage to be taken of the cost savings possible with large bulk carriers, but also enables investments to be concentrated on high-capacity cargo-handling and storage equipment which is relatively fully utilised. From here the import-dependent industries can be supplied either direct or by way of smaller feeder ports, and the export products can also be dispatched. It is a well-proven fact that specific handling costs drop as the quantities involved increase.

If the large number of different transport tasks that will govern the technical features of future transport systems

Fig. 156. Variation in the cost per ton transported with the size of ship.



'or bulk cargoes are analysed, they can be seen to fall into 'oughly the following groups:

- movements of bulk cargoes and specialised products which for various reasons are not likely to be long-term, which occur on all trade routes, and which can be handled by tramp shipping;
- movements of bulk cargoes between raw materials production areas and areas where there is a concentration of raw materials processors, both over transoceanic routes and in coastal trades, as well as materials recovered from the sea bed, based on long-term contracts;
- the distribution of the products of the initial processing stages that have bulk cargo characteristics, mainly – but n' 'xclusively – in the coastal trades.

'h ritime transport systems for dry bulk cargoes in ach of these categories have in principle great similarity with those used for liquid cargoes. There are however a umber of broad problems that are of importance to all 'orms of bulk shipping, no matter which of the above categories it falls into.

'ankers and bulk carriers are by far the largest ships to be used in ocean transport. This increase in size, which is an economic result of the reduction in the specific cost of transporting a unit of cargo when larger ships are employed, brings in its train a number of problems.

'he larger tankers and bulk carriers have deep draughts, and considerable expense is incurred in providing suitable deep-water harbour approaches and berths. The alternative is to load and discharge the ships at sea, which up to he present has been achieved to any great extent only with tankers. But the large quantity of cargo carried in an ndividual ship also provides the port with headaches. The quantities of cargo for which intermediate storage is required rise, requiring larger storage areas and the recovery of the materials from the stockpiles becomes more complicated. The reduced freight costs are thus countered by ighe' 'argo-handling and storage costs, and by higher ost providing and maintaining the port approaches Fig. 1 6).

lut even the pure sea transport costs do not decrease linearly with an increase in ship size. The increasing dangers to the environment in the event of a ship, and especially a tanker, becoming a casualty, induce the insurers to increase their rates continuously, and this has a noticeable effect on the operating costs. Since in addition there are natural limits to the growth in the size of conventional bulk carriers due to the draught limitations in channels and coastal waters it will in the distant future be necessary to find new solutions for this branch of shipping.

Tramping will Continue in the Future

In addition to the large quantities of a specific cargo that will need to be carried continuously there will continue to be an appreciable quantity of cargo that is available sporadically, is non-uniform in nature, and that has to be carried over various, ever-changing routes. As a result tramp shipping will continue to find a niche, although it will become relatively less important.

Here there is no question of specialisation on any one particular type of cargo, since the danger of a specialised ship failing to achieve adequate utilisation is far too high. This is the main field of operation for universal ships, and to an increasing extent also of combination ships. It is not merely the universality or combination as regards the cargoes they can carry that distinguishes these ships, but also the varied and constantly changing sea and port conditions that they can meet.

The universal tramp ship is the well-known multi-purpose cargo vessel with a single tweendeck, which is suitable for carrying a wide variety of cargoes. Admittedly it has the disadvantage common to all universal ships that its cargo-handling properties are much inferior to those of a specialised ship. This is particularly the case for dry bulk cargoes. In additon to multi-purpose cargo vessels there will therefore also be multi-purpose bulk carriers that find employment in the tramp trades. Because they are integrated into the mineral oil industry tankers no longer fall into this

category. For the carriage of the widest spectrum of the cargoes that are available the general or universal bulk carrier in its present form is already an important solution for the future.

It is only since the Second World War that the bulk carrier has been developed from the ore carrier and the collier, so that as a ship type it is still relatively new. Unlike the tanker, where the density of the various liquids varies only slightly, so that the amount of space occupied by a ton of cargo is almost constant, there are considerable differences in the densities of dry bulk cargoes, and hence in the cubic required. A light grain, for example, occupies about five times as much space as the same weight of chrome ore. To enable the widest possible range of bulk cargoes to be carried while taking full advantage of the deadweight capacity the ship must have as large a hold volume as possible. In order to carry ores in safety the holds must be filled to the top to avoid the possibility of the st[illegible]y of the ship being endangered due to the cargo sh[illegible]g. In other words it is necessary to have ships in which all the holds can be used when carrying light cargoes, but only alternate holds when carrying heavy cargoes. This is the basic principle underlying the design of universal bulk carriers at the present time and in the future.

will continue in future to have to serve conventional ports, so that there is a definite limit on the growth in size that can be accepted in ships designed for world-wide trading. Differences from the design of present-day bulk carriers, which are already integrated in long-term transport systems, will probably be found mainly in the cargo-handling gear provided for bulk carriers intended for tramp service. An effort will be made to make them as self-contained as possible, which means that they will have to be equipped with shipborne loading and discharging gear (Fig. 153).

A further universal solution would be a combination of a bulk-carrier and a general-cargo ship, which would be capable of carrying break-bulk cargoes from industrialised countries to the developing countries, and bulk cargoes in the reverse direction (see Fig. 112).

Ships designed for the carriage of different types of cargo that have approximately the same stowage factors have very good future prospects, since despite the universal nature of cargoes carried the ship's deadweights and cubic capacities are both utilised to the full, so that they can offer low freight rates. From this point of view it seems quite practicable to think in terms of ships for the carriage of light-weight break-bulk cargoes that are available in large quantities, such as wood, vehicles, or containers, in combination with light-weight bulk cargoes. A factor in favour of this category of vessel is that the proportion of standardised break-bulk cargoes is constantly increasing, and they are attaining the attributes of bulk cargoes, especially where wood, rolled steel products, and motor vehicles are concerned. Satisfactory design features for a combination of bulk cargoes and liquid cargoes are present in ore carriers. For tramping the ore-oil carrier is however too specialised. Far better opportunities for adaption to different types of cargo are offered by a ship that can carry oil, bulk cargoes of various types, and standardised piece goods in one and the same hold (Fig. 154). Because the building cost of such a ship is about 10 % higher they are not competitive with tankers or specialised bulk carriers, while the lower speeds resulting from the higher block coefficient place them at a disadvantage relative to the pure container ship or car carrier. Where they do score is in their very high flexibility, which will prove of major importance in the tramp trades of the future.

But what would a ship look like that would be capable of carrying light or heavy bulk cargoes, liquid cargoes, and unit cargoes in the form of containers, packages, motor vehicles, etc. all with the same high efficiency and at the same time provide for rapid loading and discharge? None of the ship types currently known can meet this specification, and it is possible to allow one's imagination free play in trying to solve this problem.

Perhaps such a ship could be a very broad single-hull ship of high stability that carries bulk and liquid cargoes beneath its fully closed main deck, and containers in guides on the main deck, or wheeled cargoes on vehicle decks

(Fig. 155). The liquid cargoes are loaded and discharged through piping systems permanently installed on board. Bulk cargoes are loaded by means of a large hopper located at the bow, with conveyor belts beneath the deck distributing the cargo to the individual holds. Discharging of bulk cargoes is by means of conveyor belts located on the tank top and a pivoting discharge boom at the bow. Containers are placed on the deck or removed from the ship either by land cranes or by the ship's own gear. Vehicles, trailers, and trolleys carrying packages or pallets move on and off the ship over the stern ramp, as do any heavy or bulky unit loads that are to be carried. A ship of this type could largely eliminate ballast voyages, since there is virtually bound to be a demand for capacity to c[illegible] one or other of these cargoes – only chemicals and li[illegible]ied gases are not catered for – everywhere. Whether this will prove to be one of the ships of the future will of course depend not only on its universal nature, but much more on its economic performance.

Ships without Ports

The most important task for the future is the reduction of the transport costs for mass cargoes. The main thrust here is directed at the maritime leg of the transport chain, that is to say the ships themselves. A comparison of the costs and time required for the handling and transport of break-bulk cargoes and oil shows this very clearly (Fig. 157). A condition that must first be met is that large quantities of similar goods will require to be transported continuously over long periods, but this will be the main feature of mass cargoes of the future.

Fixed relationships between the means of transport and industry, or integration of the transport of raw materials into the supply chain, is the main path to be followed by special-purpose shipping. This then provides the conditions under which the whole of the transport chain can be opti-m[illegible]. The first question to interest us will be what techni-ca[illegible]lutions for transoceanic trades can be derived from that. Since the costs of using large ships fall much more

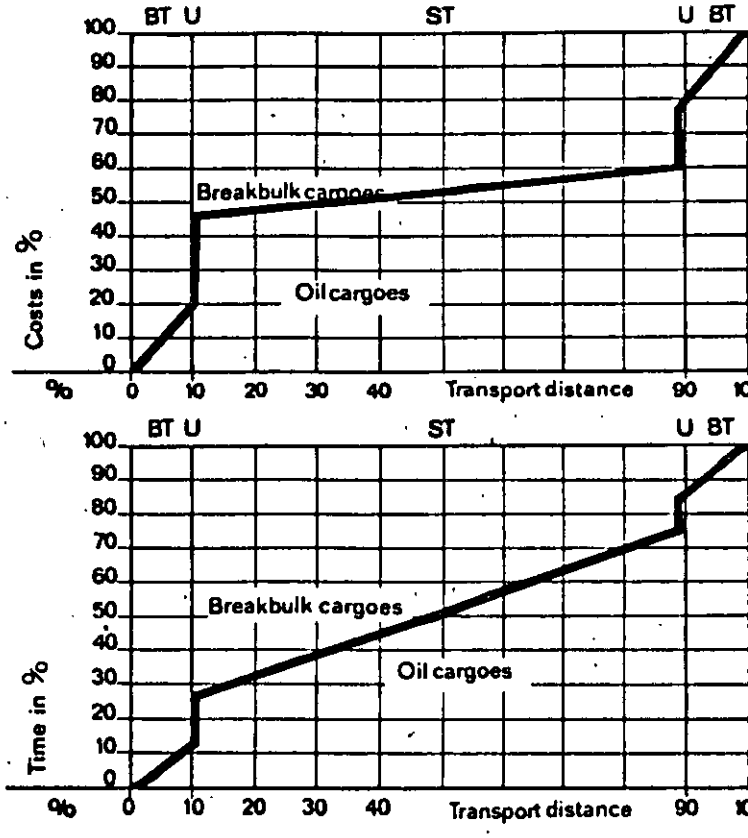
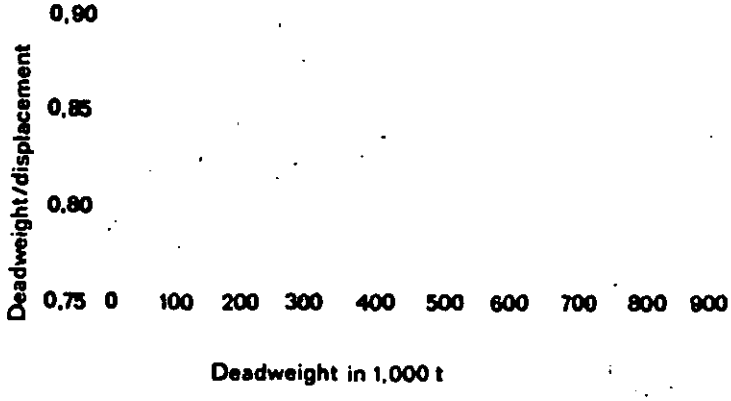
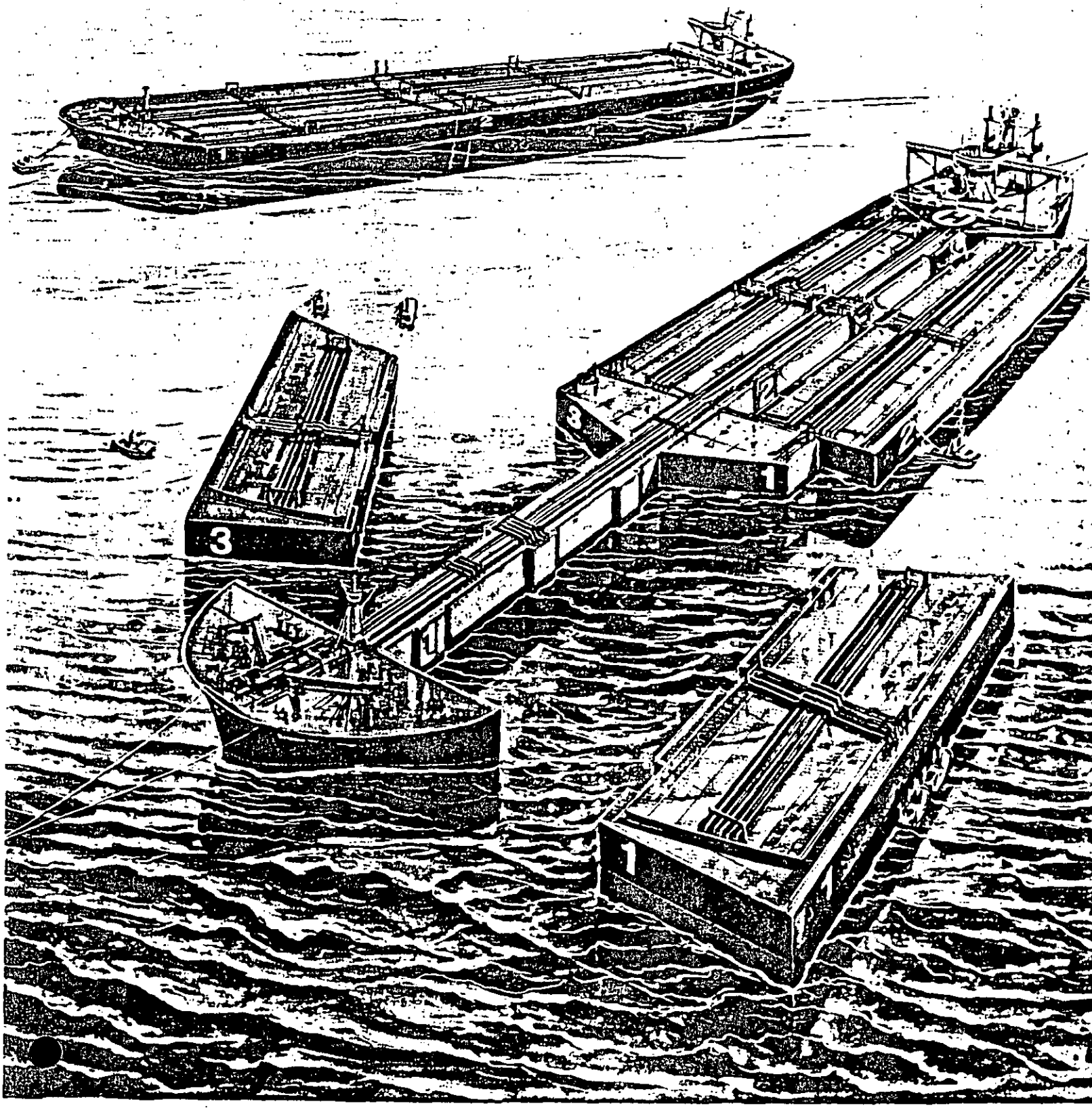


Fig. 157. Proportion of the total transport costs and the total transpor[illegible] time attributed to the individual links in the transport chain for o[illegible] and break-bulk cargoes.
BT Inland transport; *U* Cargo-handling in port; *ST* Sea transport

Fig. 158. Ratio of deadweight to displacement for tankers.




3
1
1
1

cialised ships has been the contribution of the shipping industry to this development.

A survey of the trends in the cargoes offered and of the tonnage made available to transport this indicates that the increasing proportion of bulk cargoes among the goods transported by sea will continue. In the long term, however, there are some tendencies that would go against this trend: In place of raw materials there are increasing quantities of products that have undergone the first processing stage, such as granulated ore concentrates, pig iron, and similar items, and even finished products that are being carried in large quantities.

A reduction in the delivery and transport costs is surely just as important for these cargoes as it is for bulk cargoes, but with the difference that the requirements that the shippers impose on the shipping and port industries are more variable and extensive than they are for the car ge of the relatively uniform raw-material cargoes.

Th llowing are the main features that will characterise the organisation of the transportation of bulk cargoes:

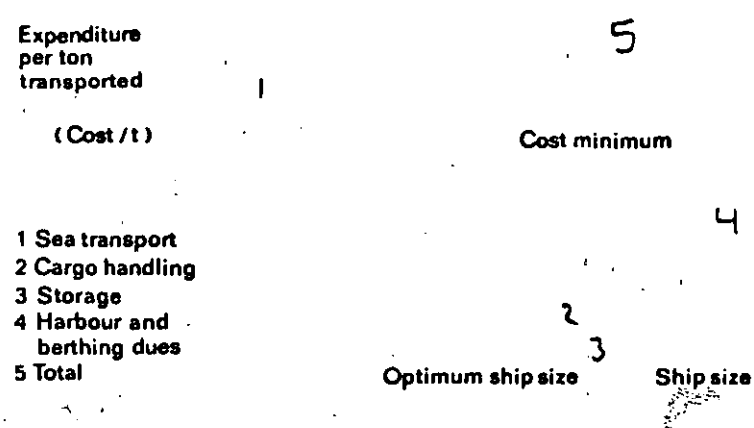
Because of their high degree of specialisation, the tankers and bulk carriers of the future will be integrated into the supply systems of the petrochemical and mining industries and so will be designed and operated from the technical and economic points of view as a link in the transport chain. The need to reduce transport costs can be fulfilled more effectively by a supranational concentration of the raw materials transport system. This would enable a rational organisation of the flow of goods to be achieved together with the employment of the largest ships possible for the trade, which would be specially designed for the task and would achieve a high degree of utilisation.

The concentration in the processing of raw materials, which requires the provision of facilities for the transport of bulk cargoes between the main raw-materials producing and raw-materials processing areas, in turn results in the need to distribute the products of the subsequent processing stages over wide areas, and this again makes it necessary to provide suitable means of transport. These distribution tasks are also a potential market for maritime transport, and especially for coastal shipping.

In order to enable the lower freight rates available with larger ships to be taken advantage of despite the wider variety of goods represented in the bulk cargo trades, it will be necessary to gather together several smaller flows of materials proceeding in the same direction, and to centralise their movements between large import and export ports in major regions, with the cargoes gathered together and distributed by sea and land. The adoption of a small number of specialised deep-water ports combined with feeder traffic not only enables advantage to be taken of the cost savings possible with large bulk carriers, but also enables investments to be concentrated on high-capacity cargo-handling and storage equipment which is relatively fully utilised. From here the import-dependent industries can be supplied either direct or by way of smaller feeder ports, and the export products can also be dispatched. It is a well-proven fact that specific handling costs drop as the quantities involved increase.

If the large number of different transport tasks that will govern the technical features of future transport systems

Fig. 156. Variation in the cost per ton transported with the size of ship.



DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

DIMENSIONAMIENTO

OBRAS INTERIORES

ANEXO I

TERMINALES MARITIMAS PARA EL MANEJO DE GRANEL MINERAL

ING. JULIO PINDTER VEGA

SEPTIEMBRE, 1984

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA, FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

CURSO: Proyecto y Construccion de Obras Marítimas.
10 al 21 de septiembre de 1984.

TEMAS: Dimensionamiento .
Obras Interiores .
13 y 14 de septiembre de 1984.

ANEXO I: Terminales Marítimas para el Manejo de Granel Mineral.

ING. JULIO PINDTER VEGA

2

Chapter Eight

Bulk Cargo Shipping Terminals

8.1 Introduction

For the handling of general cargo, as described in Chap. 7, a typical shipping terminal must be equipped to load and unload many different kinds of goods. A bulk cargo terminal, on the other hand, is usually designed for a single function, such as loading grain or unloading ore. A transfer station has both loading and unloading facilities; for example at many European ports, imported coal is unloaded from ships and reloaded on river barges for inland delivery; frequently ore is brought down to a port by river boats for transfer to ocean-going vessels. Sometimes, at an isolated bulk shipping terminal, facilities must be provided for bringing in supplies and equipment to carry on the operation.

8.2 Storage Facilities

Adequate storage capacity is a basic requirement in any bulk cargo terminal, but the definition of adequate varies widely, and must be determined individually for each terminal. The minimum requirement is

surge capacity to take up the slack between the rate of shiploading or unloading and the rate of inland transportation. More and more emphasis is being placed on the rapid loading and unloading of ore carriers and tankers in order to cut down turn-around time. As these vessels have increased in size, it has become necessary to provide larger bulk-storage facilities and equipment capable of handling the materials at rapid rates; for example, the loading of iron ore at 15,000 tons per hour or the unloading of a mammoth tanker at the rate of 66,000 bbl per hr, rates unheard of a few years ago. Larger capacities are made necessary by seasonal restrictions on the production or use of the material being shipped, or by a limited shipping season. The shipping season for Lake Superior iron ore is only seven months a year; the receiving ports must therefore be equipped to unload and store enough ore to keep the mills operating the other five months. Agricultural products like grain and sugar must be stored between harvests for year-round use; if the product is destined for water shipment, the shipping terminal is an efficient place to store it. The type of storage facilities varies according to the shipping requirements and the nature of the material. They may take the form of extensive railroad yards for storing loaded cars, tanks for liquids, silos or warehouses for material requiring protection from weather, or open ground storage for nonperishable materials, like crushed stone, ore, and coal.

8.3 Material-handling Equipment

Liquids, of course, are pumped and some lightweight powdered or fine granular materials, like cement and grain, can be transported pneumatically. However, most bulk materials are handled by conveyors or buckets and frequently by a combination of the two.

Conveyors. The materials-handling industry has developed an almost countless variety of conveyors for special functions in industry. Among these, the types most useful in the operation of a cargo terminal are, first and foremost, belt conveyors; second, bucket elevators; and, less frequently, apron or pan conveyors, oscillating or vibrating conveyors, flight conveyors, and screw conveyors. For rapid movement of a wide variety of powdered, granular, and lumpy materials, belt conveyors are the most versatile. They can carry large quantities for long distances, horizontally or up and down slopes of 15° to 20°. With appropriate auxiliary equipment, they can be loaded or discharged at their terminals or at intermediate points. They are used to move material into and out of storage and into the ship's holds. The material can be stock-piled in open storage by a traveling stacker having an inclined boom conveyor which sometimes is designed to be able to rotate 360°, enabling the mate-

rial to be stored in piles along both sides of the conveyor; or it may be elevated by inclined conveyor to a distributing conveyor above the storage pile, which may be supported on a trestle or from the roof of the storage shed or silo. Reclaiming the material may be done by means of a reclaiming conveyor in a tunnel underneath the storage, or it may be loaded into hoppers which feed a conveyor above ground. The conveyor from storage to shipside may be served by a stationary or traveling tower on the wharf, which may have a hinged or retractable boom conveyor supporting a chute at its end through which the material will drop into the hold of the ship. Figure 8.1 shows a traveling shiploader handling blended limestone at the rate of 4,500 tons per hour. Bucket elevators, usually of lower capacity than belts, convey material vertically or up steep inclines. They are used for operations like filling silos, and, when mounted on a "marine leg," can be lowered into the ship's hold for unloading, as shown in Fig. 8.2. The other types of conveyors mentioned are usually found in a port operation as auxiliary equipment, such as feeders, in a belt conveyor system.

Buckets. The clamshell bucket is the most used piece of equipment for high-speed unloading of bulk cargo. One type of bucket is designed for handling by ship's gear, another by revolving cranes, but the greatest capacity is attained by a bucket working from a traveling trolley on the boom of an unloading tower on the wharf. The tower may be stationary

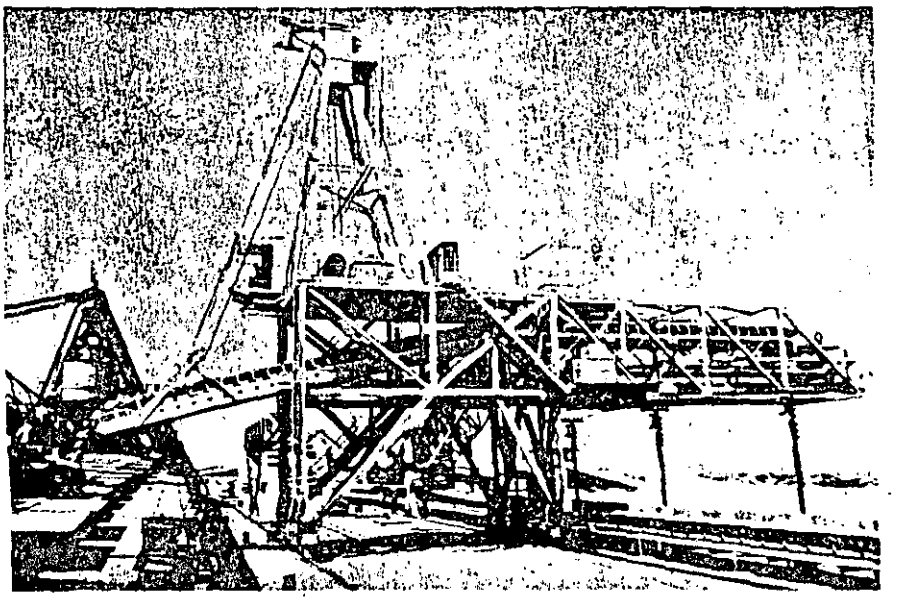
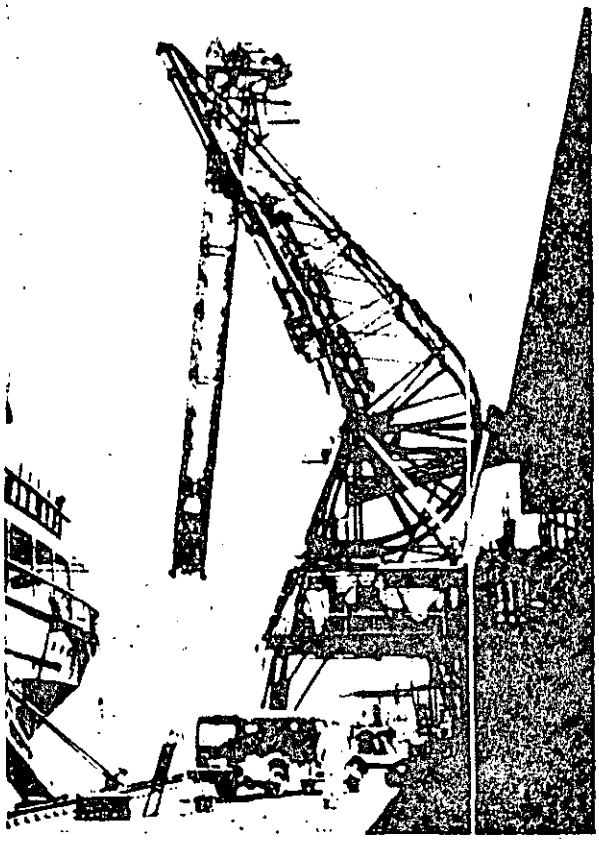


Fig. 8.1 4,500-ton-per-hour traveling shiploader handling blended limestone on Lake Huron. *(Courtesy of the McDowell-Wellman Engineering Co.)*



5

Fig. 8.2 Bucket elevator with marine leg. *(Courtesy of the Stephens-Adamson Manufacturing Co.)*

or traveling; the traveling type is a timesaver because it can be moved from hatch to hatch faster than the ship can be moved to a new position in front of a fixed tower. In order to obtain higher unloading speeds, two or more traveling towers can operate on one ship. Figure 8.3 shows two 10-ton traveling bauxite-unloading towers with special twister-type bucket trolley designed to rotate on a gantry base to work either side of a finger pier. These towers are generally equipped with hoppers into which the buckets may dump, and which in turn feed the material into railroad cars or trucks or to a belt conveyor system for transfer to storage. Sometimes the towers take the form of bridges extending back over inshore storage areas, as shown in Fig. 8.4. In these cases, the same bucket can be used for reclaiming the stored material. Such buckets can be made in capacities up to about 25 tons of ore per bite.

Drag-scraper buckets are useful for storing and reclaiming bulk ma-

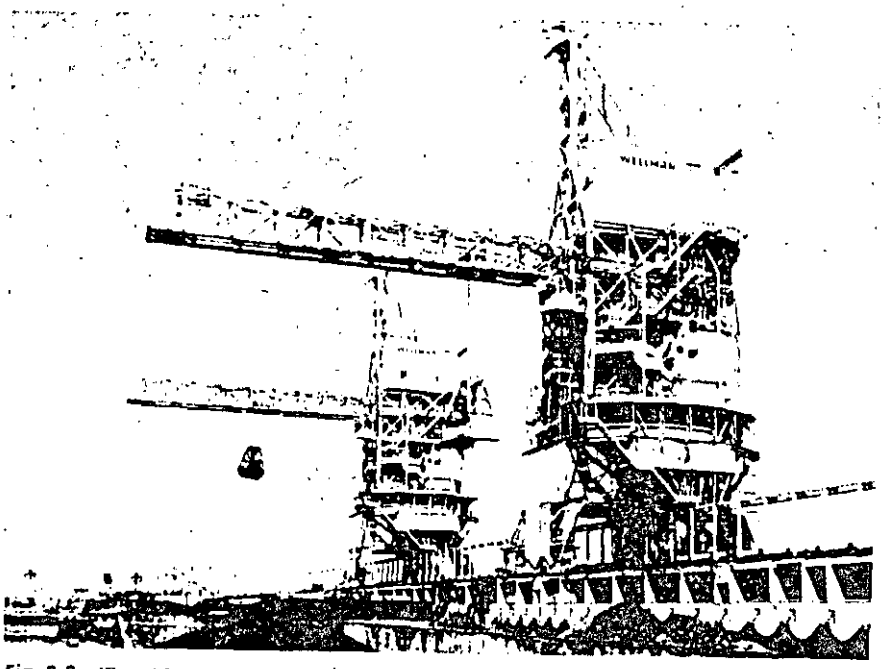


Fig. 8.3 Two 10-ton traveling bauxite-unloading towers at Point Comfort, Texas. (*Courtesy of the McDowell-Wellman Engineering Co.*)

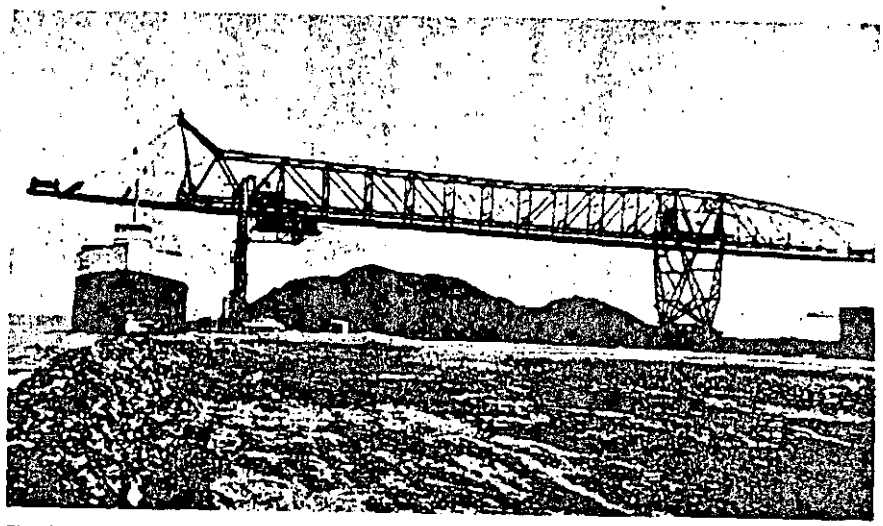


Fig. 8.4 17-ton man trolley unloading, stocking, and reclaiming bridge for the Steel Company of Canada at Hamilton, Ontario. (*Courtesy of the Mead Morrison Division, McKiernan-Terry Corp.*)

7

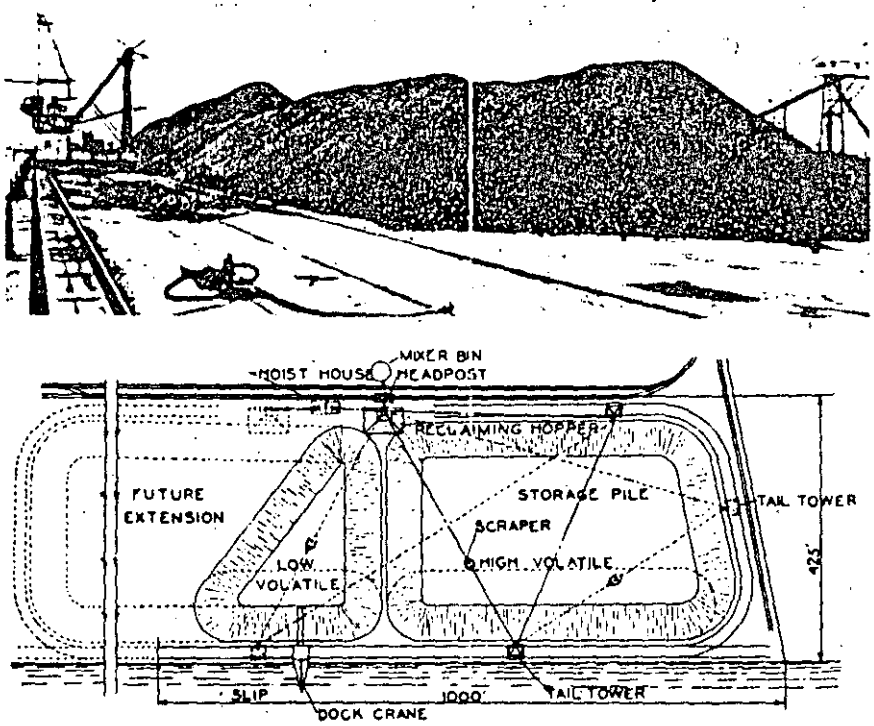


Fig. 8.5 A 7-cu-yd drag-scraper system for storing and reclaiming coal. (*Courtesy of Sauerman Bros., Inc.*)

terials. In Fig. 8.5, coal is unloaded from barges by a grab bucket on the traveling unloading tower in the left background. The boom on the shore side of this tower carries a belt conveyor, which stacks coal in a long ridge behind the wharf apron. This ridge is distributed over the storage area by a drag scraper, whose traveling tail tower is seen in the left foreground. The scraper bucket also reclaims the coal for use, delivering it to a hopper at the foot of the inclined conveyor gallery shown on the right.

The Hulett-type unloader is used extensively for unloading ore at the Great Lakes ports, and is shown in Fig. 8.6.

Aerial Ropeways. Belt conveyors are in a class by themselves for really large-scale movement of bulk materials. However, for economical long-distance transportation of moderate quantities of such materials, aerial ropeways have certain advantages. A ropeway is capable of delivering up to about 400 tons per hour over several miles of terrain impassable by other means. An appropriate application of a ropeway to marine purposes is to load ships that are forced to anchor a long distance from shore because of shallow water. This is illustrated in Fig. 8.7.

8

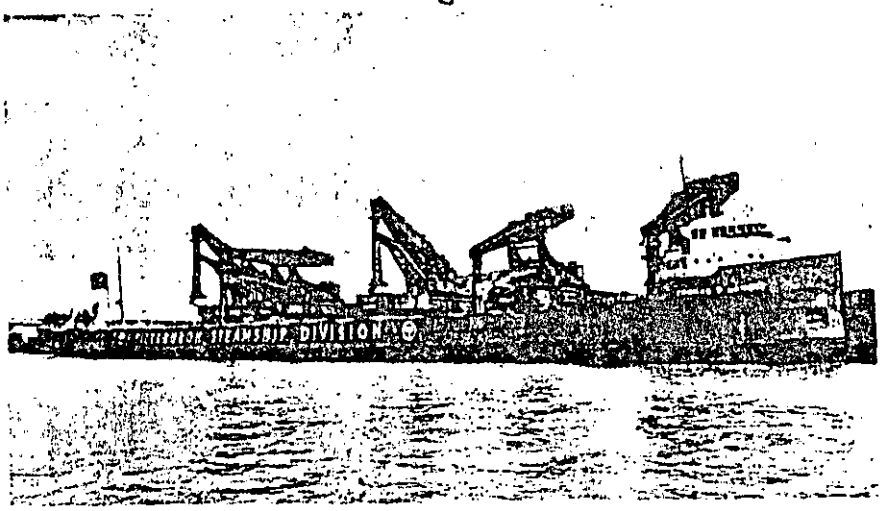


Fig. 8.6 Wellman Hulett ore unloaders at a Great Lakes dock. (*Courtesy of the McDowell Co., Inc.*)

An example of such a facility is one that has been designed for a Caribbean location where salt is produced by the natural evaporation of sea water. In this design, a ropeway runs 3½ miles out to sea to reach water deep enough for large ships. The support towers are 950 ft apart and rise 72 ft above water level. The owner's requirements are for the

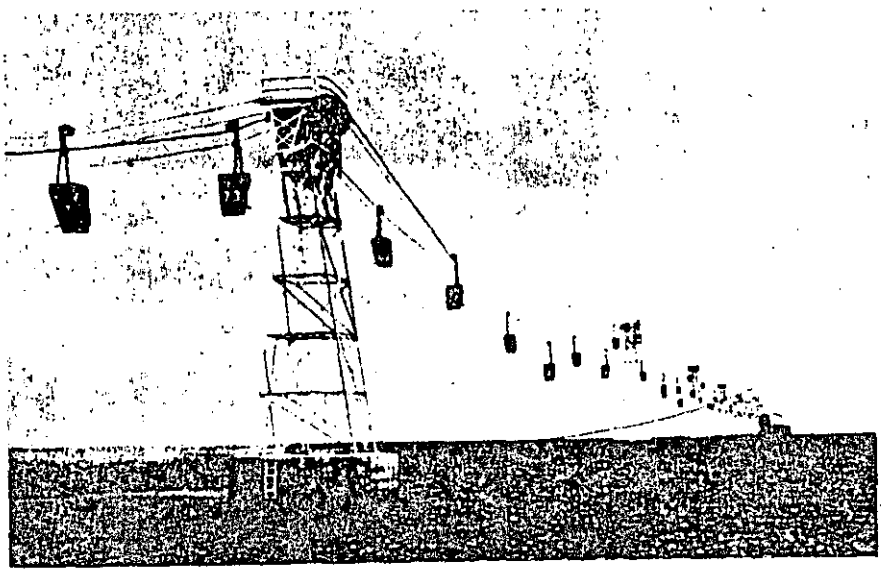


Fig. 8.7 Tramway used to load ships docked more than one mile offshore. (*Courtesy of the American Steel and Wire Division of the United States Steel Corp.*)

export of a million tons of salt a year, and the loading of a ship of 10,000 tons capacity in not more than 48 hours. To meet these requirements, the ropeway is designed for a capacity of 250 tons per hour.

Car Dumpers. Material brought to a port by rail is frequently unloaded by car dumpers which roll the cars over and pour out their contents. The material is usually received in a depressed hopper, from which it is transferred to storage by conveyors. One type of machine lifts the cars before dumping and delivers the material directly to the ship by means of an apron converging into a trimming chute.

8.4 Self-unloading Ships

There are many ships carrying crushed stone and coal on the Great Lakes which are loaded by conventional means, but which carry their own built-in unloading equipment. These ships have V-bottom hoppers built into their holds, with a series of bottom gates which feed material to two longitudinal pan or belt conveyors or drag scrapers operating in tunnels at the bottom of the ship. The material is transferred at one end of the ship to bucket elevators which in turn deliver it to a belt conveyor on a hinged boom capable of swinging out over either side of the ship. The boom conveyor can discharge directly to a storage pile, to a hopper feeding a conveyor system, or to barges. One of the largest ships of this type, and the first designed for ocean service, is the collier *Consolidation Coal*, which was built in 1958 (see Fig. 8.8). This ship has three parallel 42-in. belt conveyors under the holds, and a boom 250 ft long, carrying a 60-in. belt. The discharge rate is 3,600 tons per hour; the total capacity 24,000 tons.

Another form of self-unloading vessel is the cement barge, which is widely used for river traffic. In these barges, drag scrapers bring the cement to one end, from which it is discharged by cement pumps.

8.5 Terminal Facilities

Bulk cargo terminals vary widely; each one must be designed individually to meet the requirements of a number of variable conditions. Some of the major variables are:

Site conditions: the usual ones encountered in the location of cargo terminals, with somewhat less emphasis on quiet water and permanency of construction. Private ownership predominates.

Function: import or export of bulk material or both, with or without the handling of supplies and equipment.

Type of material to be handled: dry or liquid, powdered, granulated or lumpy, free flowing or sticky, perishable or durable.

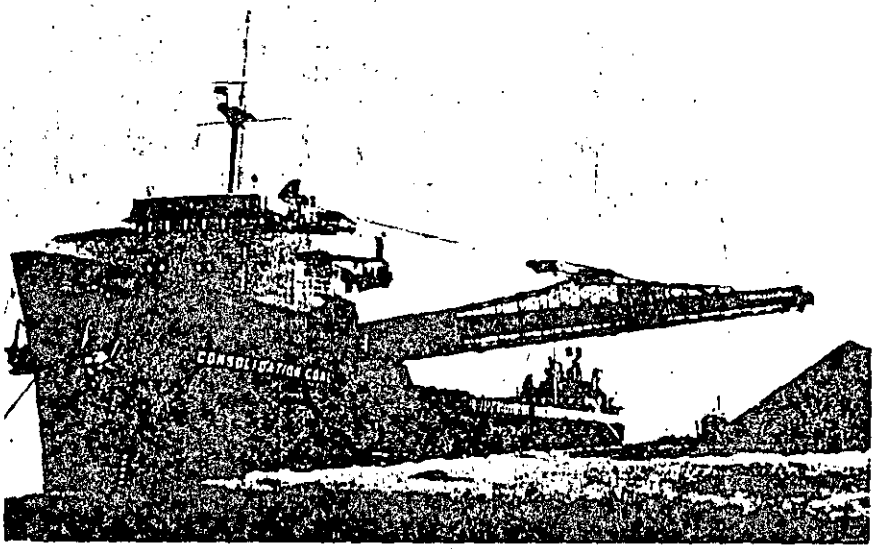


Fig. 8.8 Self-unloading ocean-going collier *Consolidation Coal.* (*Courtesy of the Stephens-Adamson Manufacturing Co.*)

Quantity requirements: annual, seasonal, or daily. Storage and shipping capacities are both interrelated with seasonal variations in use or production, and with the size and frequency of ships.

Available inland transportation: railroad, highway trucks, river craft, or conveyors.

Some bulk cargo terminals are built without a wharf or pier in the usual sense. In such a terminal the ships are moored offshore to dolphins or to fixed anchors, and served by a conveyor, a pipeline, or a ropeway. In another terminal, the ships may be moored to a wharf having a broad, heavily constructed apron capable of carrying railroad tracks and trucks as well as traveling loading or unloading towers. One common and efficient method of loading ships is by gravity chutes connected to high-level silos or bins. Grain silos are usually filled by pneumatic or bucket elevators, ore and coal bins by dumping from elevated railroad trestles.

Modern oil terminals of today are a specialized installation. They are discussed more fully in the following Sec. 8.6.

Minerals are being mined in more and more remote parts of the world. This sometimes leads to the establishment of shipping terminals in places so isolated that it is necessary to create self-sufficient communities for the housing of the operating personnel. In such a case the port designer is called on to lay out a complete town with streets, landscaping,

power and water supply, sewers, homes, stores, and public buildings, such as an administration building, a town hall, a school, and a hospital.

8.6 Oil Terminals

In general, docking facilities or shore installations for tankers will consist of wharves, piers, or fixed mooring berths with mooring appurtenances and equipment for handling cargo hose to connect the ship's manifold to the pipelines on the dock, which will transport the products to and from the ship. However, the increase in size of tankers to where their draft now exceeds the depth of many of the navigable waters imposes a limitation on the use of such shore installations. In such cases, the tanker must anchor in deep water and discharge its load by underwater pipeline, or transfer its load into smaller tankers, or carry a reduced load which will keep its draft less than the depth of channel to be navigated to reach the dock. For instance, the tanker *Universe Leader* has a loaded draft of 46 ft 3 in. compared to an established minimum channel depth of 40 ft 0 in. in the Delaware River, 41 ft 0 in. in the Panama Canal, and 34 ft 0 in. in the Suez Canal. The Gulf Oil Corporation's mammoth tankers of the 326,000-DWT class, with a loaded draft of 81 ft 5 in., berth and discharge their cargo at a special deep-water terminal in Bantry Bay, Ireland; and smaller tankers of the 80,000- and 100,000-DWT category reload the oil and distribute it to Gulf's refineries at Milford Haven, Gulfhaven, Europort, and ultimately to Huelva.

The rate of loading and unloading has kept pace with the increase in size of tankers. The tanker's pumps are usually sized to enable it to be unloaded in about 16 hours. The pumping rate may vary from 10,000 bbl per hr for the T-2 tanker, to 25,000 bbl per hr for a 45,000-DWT supertanker, to 66,000 bbl per hr for the 326,000-DWT *Universe Ireland*. The aim is to increase this to an hourly rate equivalent to 10 per cent of the ship's capacity, which for the *Universe Ireland* would mean an unloading rate of 240,000 bbl per hr.

Oil docks, in general, are of lighter construction than general cargo-handling docks as they usually do not require warehouses or extensive cargo-handling equipment. Since their main products are usually unloaded at a fixed point and transported by pipelines, the required area of solid dock is very much reduced, as are the width and length of the dock if supplemented by dolphins to take the bow and stern lines. For this reason, a full-length pier is not usually economical or essential, but if used it will usually be of skeleton construction, with the deck slab omitted at the pipeway.

The trend in recent years to the use of larger and deeper-draft tankers has resulted in the adoption of the fixed mooring berth, with its relatively

12

small and light hose-handling platform, which is protected by breasting dolphins against which the tanker moors and is provided with separate dolphins to take the ship's mooring lines. The hose-handling platform may be connected to shore by a trestle which will support the pipelines, or, where the berth is a considerable distance offshore, the trestle may be omitted and the pipelines run out on the sea bottom.

In general, it may be said that oil-shipping terminals can be operated in less-protected water than would be required for general cargo-handling terminals. Installations have been found workable, although not recommended if it can be avoided, where the swells have been as high as 10 ft. In such unprotected waters the tanker is moored headed into the swells and is held 15 to 20 ft off the loading platform by mooring lines to dolphins or mooring buoys. The flexibility in the hose-handling structure permits a considerable amount of movement to take place without damaging either the ship or platform.

Other methods of berthing and transferring liquid cargo in unprotected waters are the offshore anchorage and the single-point or bow mooring, which have been described in Sec. 5.11. These methods are now used extensively for berthing the very large super- and mammoth tankers, where there is not sufficient water within the harbor or alongside the dock for them to operate safely when fully loaded. The oil is transferred to or from shore by pumping through a submarine pipeline, the offshore end of which may be in water as deep as 100 ft and is connected with one or more hoses to the ship's manifold. This can be accomplished in the following manner:

1. The more conventional method is to have the hose lie on the sea bottom, the end being attached by chain to a hose-marker buoy (usually a small spherical or nun buoy). The end of the submarine line is also marked with a spar or nun buoy. The tanker, after mooring, then picks up the hose-marker buoy, using its own tackle, and the hose is hauled on board and is made fast to the manifold. The procedure is repeated in reverse order when the tanker is ready to cast off. This method has been used extensively and has worked well where the bottom is not too soft, and for tankers up to 150,000 DWT. Derrick capacity of large tankers varies between 10 and 15 tons, which generally limits the size of the end length of hose to be taken on board to 16 in. The remainder of the hose may be of larger size, up to 24 in., and will be of the integral-float type.

2. A special type of equipment for use where the bottom is soft, and which will enable a high unloading rate to be obtained, was developed by the late Clifford Hartley, a renowned engineer in London, England, who patented a submergible type of hose-handling structure known as the Hartley hoister. This piece of equipment, after undergoing exten-

13

sive model testing, was first installed at Kuwait, a terminal in the Persian Gulf, but did not undergo any extensive use. A second installation was made in the Philippines for unloading an 87,000-DWT supertanker at the rate of 50,000 bbl per hr. Figure 8.9 illustrates this installation. Briefly, the hoister is a welded-pipe tower, the lower end of which is anchored by chain to a foundation in the sea bottom, which by means of air-controlled buoyancy tanks built into the structure can be made to lie on the sea bottom or to assume a nearly upright position with its top projecting some 40 ft above the water. The 18-in. pipes forming one side of the tower act as conduits for carrying the oil, the lower ends being connected by short pieces of hose to the manifold at the end of the submarine line and the upper ends being provided with sufficient length of hose to reach the ship's manifold.

3. Still another method may be used when the tanker is moored to a single-point mooring such as that described in Sec. 5.11. Most single-point moorings are now using 24-in. integral-float hose for the major portion, and usually have at least one length (30 ft) of 16-in. hose on the end that is taken aboard the tanker.

To load or unload a tanker alongside a dock, it is necessary to make a temporary flexible connection between the ship's manifold at the pumps to the pipelines or their manifold on the dock. This is accomplished by means of cargo hose or by aluminum pipe with swivel joints known as Chiksan loading arms. The ship's manifold is usually located about midship and in the case of the very large supertankers there may be two manifolds located about 200 ft apart.

Until about 25 years ago, the usual method of handling cargo hose was to store individual lengths on racks on the dock or hang them from frames. When required for unloading a tanker, these lengths would be removed from the rack, coupled together on the deck, and the line lifted into position by a light hose-handling frame or derrick where it could be reached by the ship's cargo boom. This resulted in a considerable amount of spillage and drip on the deck.

With the advent of the larger supertankers requiring the use of larger and longer hose and as many as eight lines at one time, it became necessary to install hose-handling structures which would make it unnecessary to dismantle and store each length of hose. Several different types of structures have been developed to meet this need.

Figure 8.10 shows an installation for use where tankers berth only on one side of the dock. Each separate cargo hose line is of sufficient length to reach the tanker's manifold when the ship is in either a light or loaded condition and is connected to the manifold on the dock. The hose is held in a hanging position, when not in use, by means of a saddle which can be raised and lowered by an air hoist. The open end of the line

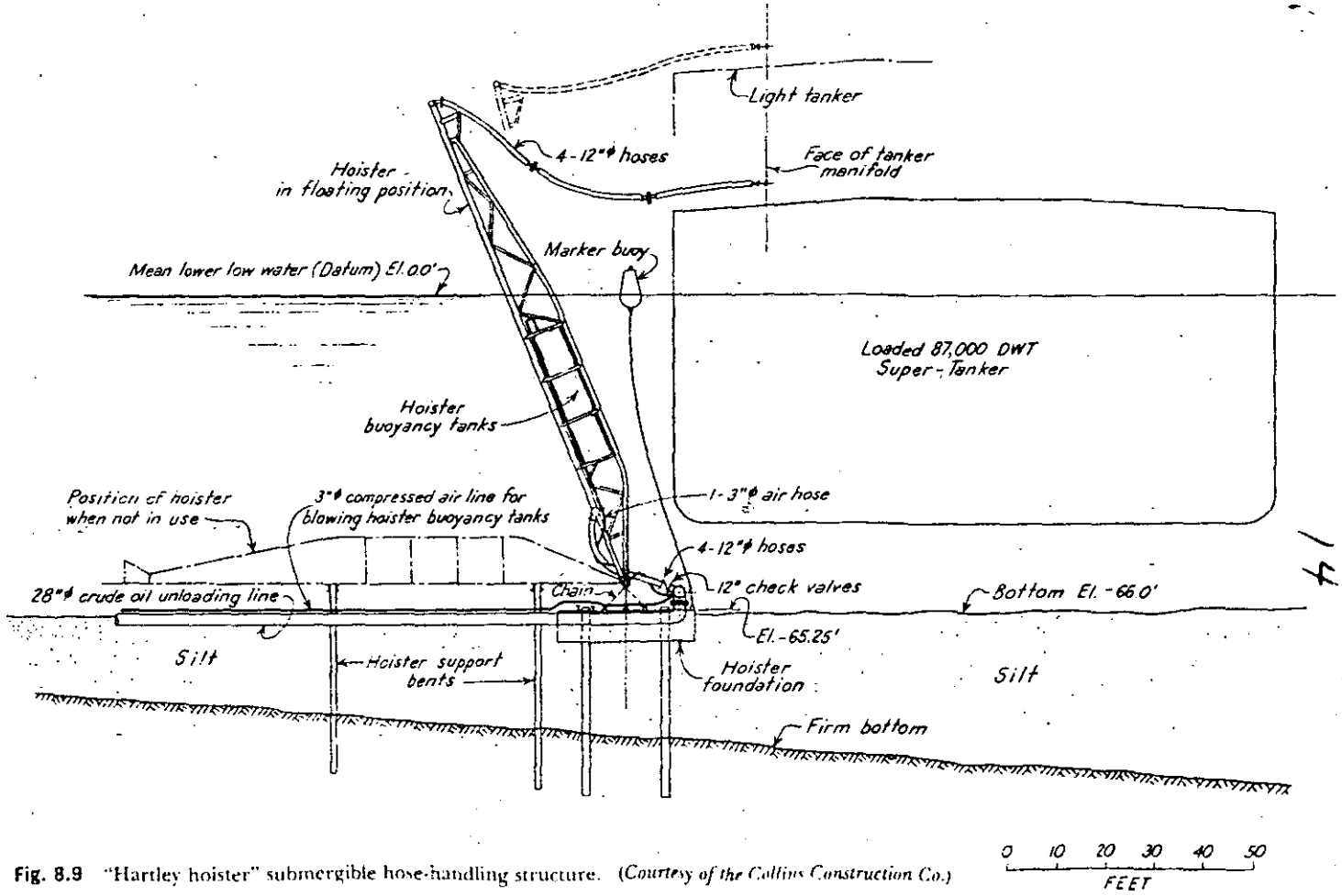


Fig. 8.9 "Hartley hoister" submergible hose-handling structure. (*Courtesy of the Collins Construction Co.*)

15

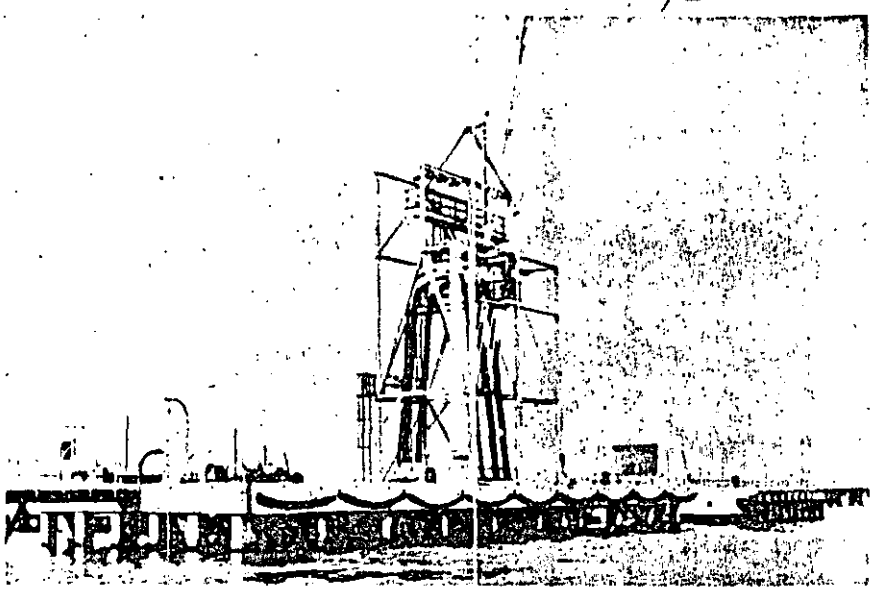


Fig. 8.10 Hose-handling frame at the marine terminal of the Tidewater Oil Refinery at Delaware City, Delaware. (*Courtesy of the Tidewater Oil Co.*)

hangs in a vertical position and drains into a drip trough. Each hose has its own individual hoist which is controlled from a central panel board. In addition, the frame supports a derrick, with air-operated hoist, for lifting the end of the hose so that it can be connected to the ship's manifold.

Figure 8.11 illustrates a somewhat similar installation to that shown in Fig. 8.10, but differing mainly in the way the hose is supported and handled. This structure is on a pier with tanker berths on both sides and consists of a tower with projecting arms for supporting the ends of the hose, which can be raised and lowered by means of air-operated hoists, the purpose being to raise the hose to a position in back of the face of the pier until after the ship has docked, when it can then be lowered to project out over the ship at the location of its manifold. The end of the hose can also be raised and lowered by means of air hoists so that the hose can be connected to the ship's manifold. The entire operation is controlled from a central panel board located just above the deck level. Hoists may also be operated by electric motors.

Another development in loading and unloading equipment is the Chiksan flexible arm, which is shown in Fig. 8.12 and is comprised of hydraulically controlled arms of aluminum pipe, with swivel joints which permit movement in any direction and thereby enable it to be attached to the tanker's manifold even though the ship is undergoing motion

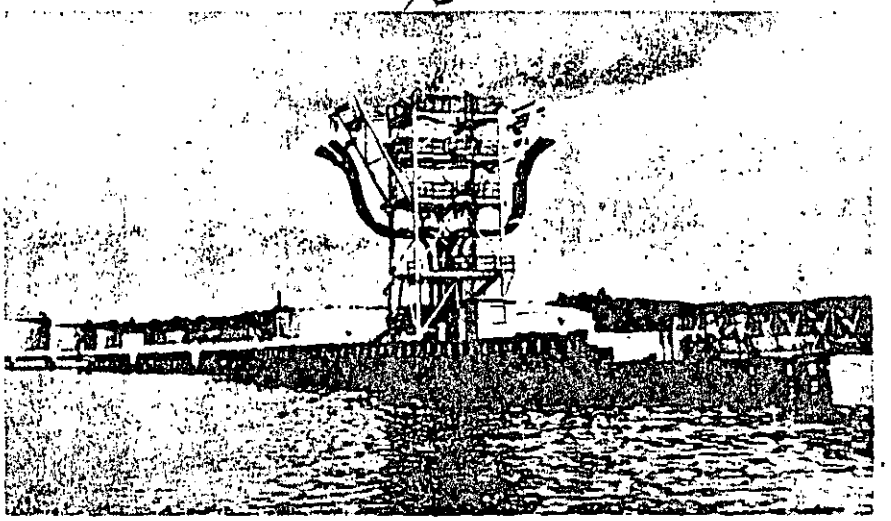


Fig. 8.11 Hose-handling frame at the Esso marine terminal, Havana, Cuba. (*Courtesy of Esso Standard Oil, South America.*)

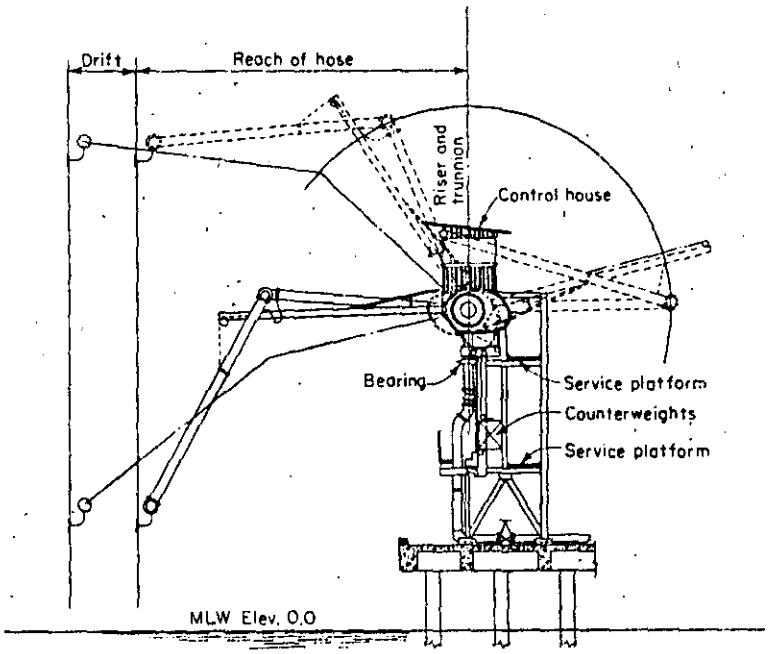


Fig. 8.12 Installation using "Chiksan" hydraulically controlled marine loading arm. (*Courtesy of the Chiksan Co.*)

alongside the dock from the tide, wind, and waves. One or more arms may be used and they are supported on a platform about 15 ft above the deck and 8 ft in back of the face of the dock. A unit consisting of five 8-in.-diameter arms occupies 10 by 24 ft of dock space at the base. An electric motor, driving a pump, delivers hydraulic pressure at 750 lb per sq in. to power whichever arm is selected by the operator. The arms are counterweighted. Arms varying in size up to 12 in. in diameter have been installed, but 16-in.-diameter and larger sizes are contemplated.

8.7 Some Modern Bulk Cargo Terminals

The following are some of the modern installations for handling such commodities as beneficiated iron ore, lump iron ore, nitrates, bauxite, sugar, and oil.

A Beneficiated-iron-ore Shipping Terminal. Located at Taconite Harbor, Minnesota, this is a special-purpose harbor, built for the sole use of the Erie Mining Company in loading out taconite pellets from their mine and beneficiating plant 75 miles inland. The Sault Sainte Marie canal and locks are icebound for five months of the year, leaving only a seven-month shipping season in Lake Superior, while the mine and plant operate the year round. Since a whole year's production, which is eventually expected to reach 20 million long tons, must be handled in seven months, the material-handling equipment was designed for maximum practical speed. A special requirement, due to the nature of the material, is careful lateral trimming of the cargo in each hold. This is because the processed taconite is in the form of hard, round pellets from ½ to ⅝ in. in diameter. This forms a free-flowing cargo which could shift dangerously if it were left peaked amidship.

Pellets are brought to the harbor by a privately owned, standard-gauge railroad, equipped with powerful diesel-electric locomotives and bottom-dump cars of 100 tons capacity. One 94-car train making a round trip each eight hours, around the clock, during the shipping season can deliver the entire initial annual production of over five million long tons. At the harbor, the trains pass over a high-level trestle through which the pellets are dumped into a continuous row of concrete storage bins parallel with and immediately behind the dock face. The trains then pass around a return loop to the main line, having unloaded and returned without uncoupling. Berths are provided for three 600-ft ore vessels, but the bins behind one berth were omitted in the initial construction. The capacity of the bins as now built is 150,000 long tons. This is all live storage, as the bins are built with sloping bottoms.

Under the bins, at 48-ft spacing, are discharge openings over dual reciprocating feeders, which deliver pellets to 42-in. retractable shuttle-belt conveyors. At maximum extension these conveyors reach 50 ft be-

18

yond the dock face, and when retracted they are entirely under the shelter of the bins and protected from the weather by power-operated overhead doors. Since all Great Lakes ore vessels have a standard hatch spacing of 24 ft, the 48-ft spacing of conveyors is capable of loading alternate hatches simultaneously, and will completely load and trim all hatches with only one 24-ft movement of the vessel. Each conveyor, with its belt operating at 500 ft per min, will deliver 1,500 long tons per hour, and can be operated at half speed and half capacity for trimming. Only one of the two feeders is operated when the belt is run at half speed. Each belt is equipped with a weightometer which records weight on instruments located in the control towers. There are 25 of these conveyors for the 1,200-ft bin or a maximum of 13 for one vessel. The system is designed to load a 15,000-ton vessel in little more than one hour. Figure 5.59 is a cross section through the storage bin and dock and shows the shuttle conveyor extended in position to load the ship.

When a vessel is being loaded, the mate patrols the deck carrying a portable telephone by means of which he gives instructions to an operator in a control tower high up on the dock face over the center of the vessel. There is one control tower for each berth, and each tower contains a push-button console, controlling all the functions of the conveyors serving its berth. Also in each tower are indicating devices to show the operator the position of each belt, its state of operation, and the tonnage it has delivered. A typical cycle of operations in loading a vessel would be:

1. Operator opens all necessary shuttle-well doors while the vessel is being moored.
2. The mate reports to the operator that the vessel is ready for loading.
3. The operator presets a scale-timing device for each belt to the tonnage requested by the mate.
4. The operator positions the required shuttles as directed by the mate.
5. The operator starts belts and feeders and loading begins.
6. Loading operations continue as shuttle positions and belt speeds are adjusted for trimming as directed by the mate.
7. When each hatch is loaded, on signal from the mate, the operator stops the feeder, empties the belt, and retracts the shuttle.
8. The vessel is then shifted 24 ft to load intermediate hatches, repeating the cycle of operations 2 to 7.
9. After the vessel is completely loaded and trimmed, the mate signals the operator, who clears all conveyors, shuts them down, retracts the shuttle, and closes all the shuttle-well doors.
10. The operator records, by means of an automatic ticket printer, the total tonnage delivered by each conveyor.

With this rapid discharge of material into the hold of the ship, all

19

under the control of one man, the vital importance of automatic safety controls is obvious. To eliminate as far as possible the chance of human error, interlocking controls are provided which automatically prevent:

1. Extending a shuttle before its door is open, or closing the door on an extended shuttle.
2. Operating a belt when the shuttle is not sufficiently extended to clear the dock.
3. Operating feeders when a belt is not operating.
4. Operating feeders at a higher capacity than that at which belts are operating.
5. Overloading a hatch. This is accomplished through the scale presetting device mentioned above, which, when the preset tonnage has been delivered, turns on a light on the dock face and another in the control tower, and stops the conveyor.

To supply power and light for the operations at the harbor and inland at the plant, a power plant was constructed adjacent to the dock so as to obtain the most economical supply of coal. To provide for unloading the coal, without interfering with the loading of ore, one end of the wharf was extended 500 ft to provide room for colliers to tie up and be unloaded. To accomplish the rapid unloading of the coal, a traveling unloading tower with 14-ton grab bucket, with an unloading rate of 1,500 tons per hour, was provided. The bucket dumps the coal in a hopper which in turn feeds a conveyor belt leading to the storage area in back of the power plant. Figure 8.13 shows a view of the coal-unloading equipment.

An Iron-ore Shipping Terminal at San Juan Bay, Peru. This terminal started operation in 1959. Figure 8.14 shows a plan of the shipping terminal and a section through the pier.

Crushed ore is delivered from the mine in 40-ton bottom-dump trucks. Under the receiving hopper is a vibrating feeder loading a transfer belt, which in turn feeds a conveyor 966 ft long running through the ground storage area. Straddling this conveyor, on a pair of rails 24 ft apart, is a traveling stacker with a long tripper-trailer. The stacker has a boom conveyor on one side which discharges 50 ft above the ground and 75 ft away from the center line of the stacking conveyor. All the belts in this system are 36 in. wide. Storage is provided for 180,000 long tons of ore, with provision for doubling this capacity in the future by adding another boom on the other side of the stacker. Ore is graded at the mine into three size classifications, having maximum lumps of 1, 5, and 8 in., respectively. The three sizes are kept segregated in the storage pile. The receiving and storing system operates at 660 tons per hour in the initial installation. When the operation is expanded, this can be increased to 880 tons per hour by adding a second receiving hopper and

20

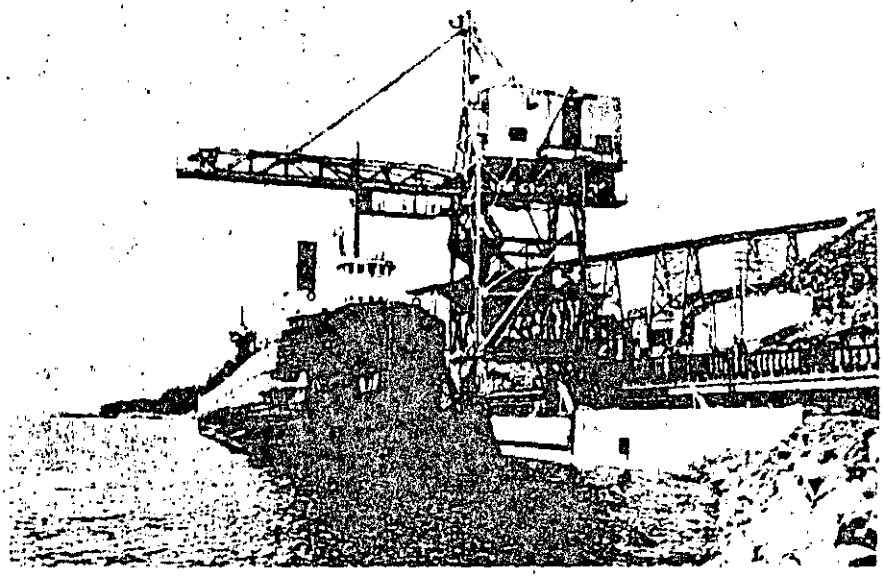


Fig. 8.13 14-ton traveling coal-unloading tower at Taconite Harbor, Lake Superior (*Courtesy of the McDowell-Wellman Engineering Co.*)

feeder. When this has been done, the two feeders can be operated jointly at 440 tons per hour each, or singly at 660 tons per hour.

Reclaiming from storage is by a belt conveyor in a tunnel under the storage pile. The tunnel roof is flush with the ground, and is provided with openings at 30-ft spacing. A vibrating feeder of 550-ton-per-hour capacity is suspended under each opening. Up to four of these feeders are operated at once, regulating the total output to the belt capacity of 2,000 tons per hour by adjusting the variable speed control which is provided on three of the feeders. The reclaiming conveyor transfers the ore to another conveyor which runs out over a short rock mole and a trestle to the beginning of the pier, where it in turn loads a conveyor running the length of the pier. Straddling this conveyor is a shiploading tower with another tripper-trailer, which feeds a belt on a boom extending out over the ship. The boom can be raised to clear the ship's superstructure, and, when in operating position, can be retracted for trimming. The tower has a travel of 490 ft. At the outshore end of the trestle, a weightometer automatically records the weight of ore delivered to each ship. The whole reclaiming and shiploading system operates at 2,000 tons per hour; all belts are 42 in. wide.

The pier and the trestle are supported on steel H piles, and have steel superstructures with concrete decks. They are designed to accommodate H-20 trucks, which handle imported supplies. For the import of

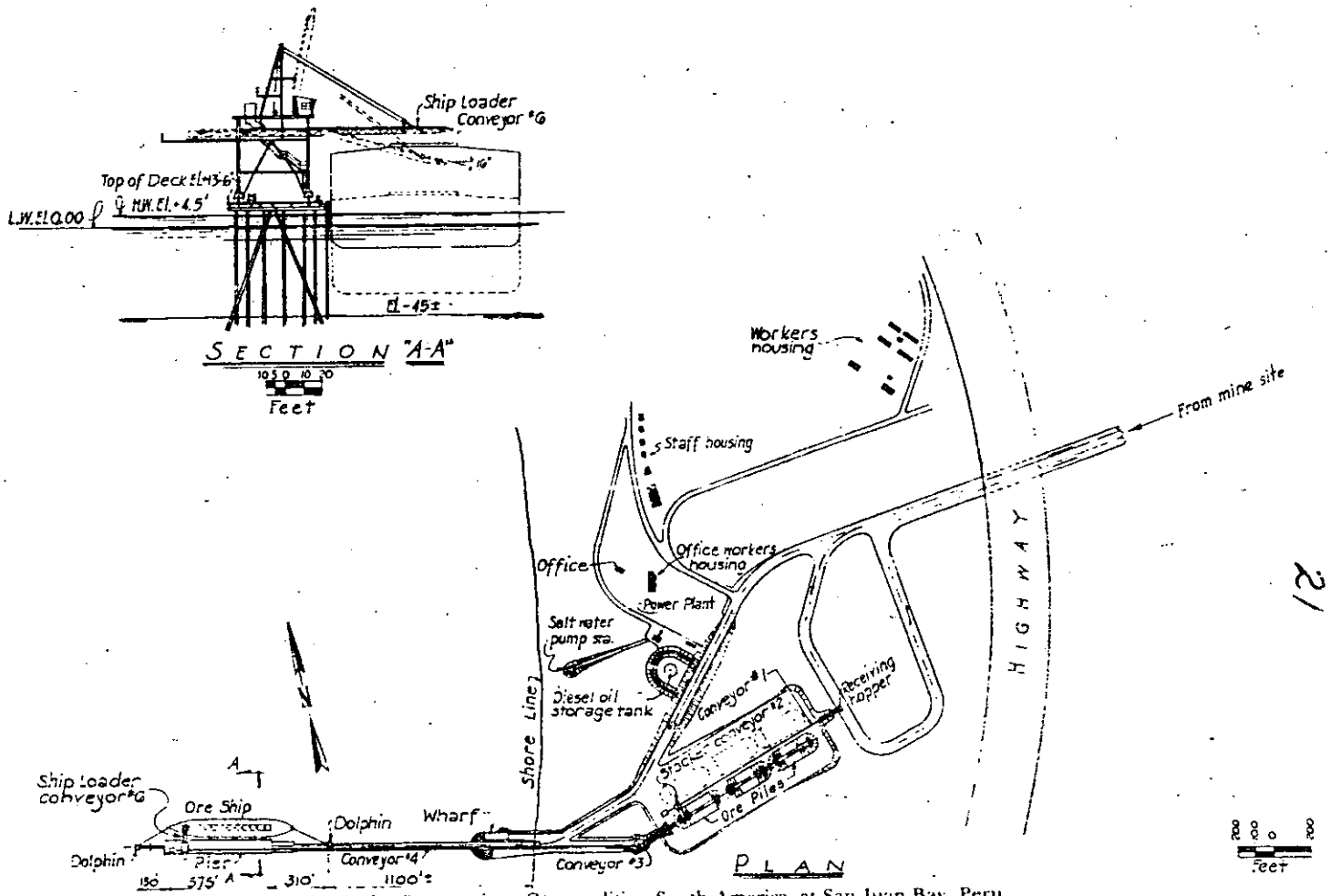


Fig. 8.14 Iron-ore shipping terminal for Panamerican Commodities, South America, at San Juan Bay, Peru.

21

very heavy equipment, a barge landing is provided alongside the mole. The terminal has its own power plant, and housing for administration, personnel, and workmen. The site is arid; fresh water must be brought in by tank trucks. Cooling water for the diesel-operated power plant is obtained from a large well dug on the sandy beach near the shore line.

Loading-out Nitrate by One of the World's Largest Revolving Conveyor Booms. Figure 8.15 shows a plan of the storage and loading-out facilities and an elevation of the conveyor boom for a nitrate loading-out facility at Tocopilla, Chile. This is an unprotected site, fully exposed to the Pacific swells. The shore is rocky and rugged, with many small islands and underwater rock pinnacles near shore. For many years, nitrate ships have been anchored well offshore and loaded by lighters operating from a small pier. There are many days when the swell is too heavy for lighters to operate. A more efficient port has long been needed, but the sea is too rough to permit mooring ocean vessels against a pier without breakwater protection, which would be quite costly. The loading facility consists of a high-level revolving boom reaching out over a ship moored offshore. A belt conveyor on a shuttle truss at the end of the main boom operates within the range of 232 to 306 ft from the pivot point, and can reach all the holds without moving the ship being loaded. The shuttle belt is 62 ft above mean sea level. The inshore end of the structure is counterweighted and supported by motor-driven trucks operating on a curved track at a radius of 125 ft from the pivot point. Both the track and the pivot pier are built on a partially submerged rock island near the shore.

The product being handled is processed natural nitrate of soda in the form of hollow beads less than ⅛ in. in diameter. The material is free-flowing, with a weight of 81 lb per cu ft and an angle of repose of 26°. The beads are sufficiently fragile to create considerable quantities of dust when the material is dropped any great distance.

Nitrate is received at the terminal in narrow-gauge gondola cars, which are overturned by a car dumper into a transfer hopper. The material is carried by inclined belt conveyors to a traveling tripper operating in a gallery over a row of six storage silos into any of which the tripper may dump at the option of the operator. Each silo has a capacity of 11,000 tons, or about a shipload. A reclaiming tunnel runs under the silos, with five roof openings under each silo. To load the reclaiming belt in the tunnel, five traveling belt feeders are provided, of which three operate at a time to load the belt to capacity. Reclaimed material is conveyed by inclined belts to a transfer chute at the top of the shiploader boom, directly over the pivot point. This chute rotates with the boom, feeding a conveyor on the main boom, which in turn loads a conveyor on the shuttle truss extending out over the ship being loaded.

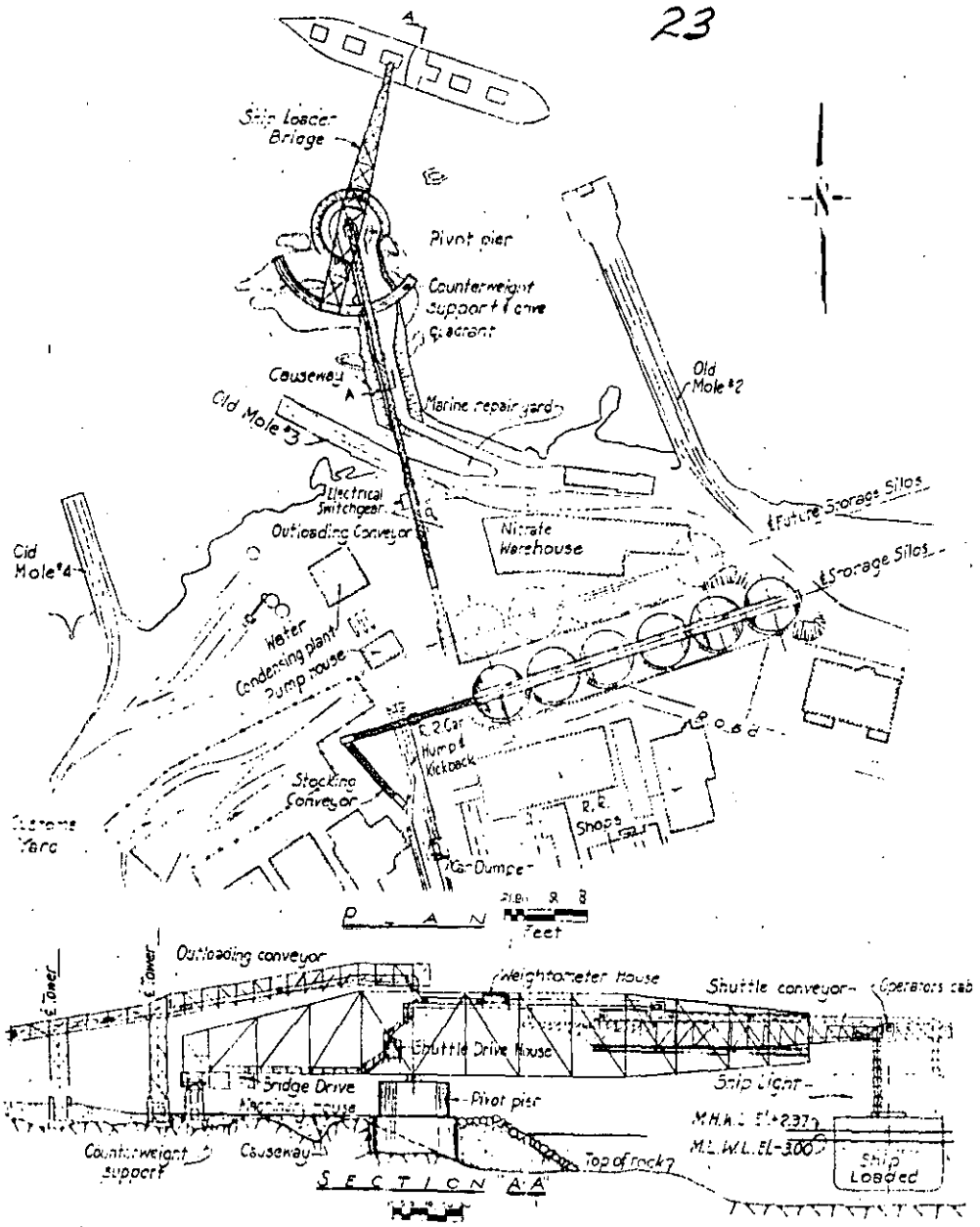


Fig. 8.15 Nitrate shipping terminal for Anglo-Lautaro Nitrate Corporation at Tocopilla, Chile.

The material drops into the holds, through a retractable telescopic chute, to aid in trimming the cargo as well as to minimize degradation. The belts in the receiving and storing system are 36 in. wide and are designed for a rate of 660 tons per hour. The reclaiming and shiploading belts are 48 in. wide and carry 1,400 tons per hour. There is provision in the design for increasing the live-storage capacity of the terminal from 66,000 to 121,000 tons by the future addition of five more silos.

Dust-collection systems, each with a cyclone separator, are installed at the car dumper and in the tripper-conveyor gallery. For cleanup purposes, all the galleries and tunnels housing the various conveyors are provided with vacuum outlets at frequent intervals. Five sets of vacuum-cleaning tools are kept in cabinets conveniently located throughout the system.

A Transfer Station at Chaguaramas Bay, Trinidad. This station has been operating for nearly thirty years to transfer bauxite from river boats to ocean vessels. It illustrates a typical transfer facility involving ship-unloading, covered storage, reclaiming, and shiploading facilities for bulk material, using belt conveyors. Figure 8.16*a* shows the general layout and Fig. 8.16*b* typical sections of the loading and unloading facilities.

Separate berths are provided for loading and unloading ships. The unloading berth is equipped with two traveling unloading towers, each with a 4-ton grab bucket. Each bucket is suspended from a trolley traveling on a boom extending out over the ship and dumps into a hopper in the tower. Under the hopper is a belt feeder delivering the bauxite to a belt conveyor running along the back of the wharf. The capacity of this belt is adequate to permit simultaneous operation of the two towers.

The incoming bauxite is transferred, through an intermediate conveyor, to a conveyor suspended under the ridge of the storage building. A traveling tripper operates on this belt, distributing the material the whole length of the building. Reclaiming is through manually operated gates in the roof of a tunnel under the storage-building floor. A traveling feeder, which can be set under any desired gate, delivers material to a reclaiming belt in the tunnel.

The reclaimed material is carried, behind, and parallel to, the shiploading wharf, on an elevated conveyor equipped with a traveling tripper. This tripper is linked to a traveling loading tower, to which it delivers. The tower carries a belt conveyor on a hinged boom which reaches out over the ship being loaded. An adjustable telescopic chute, suspended from the end of the boom, delivers bauxite into the hold of the ship.

The bauxite is destined for an aluminum plant on the Saguenay River

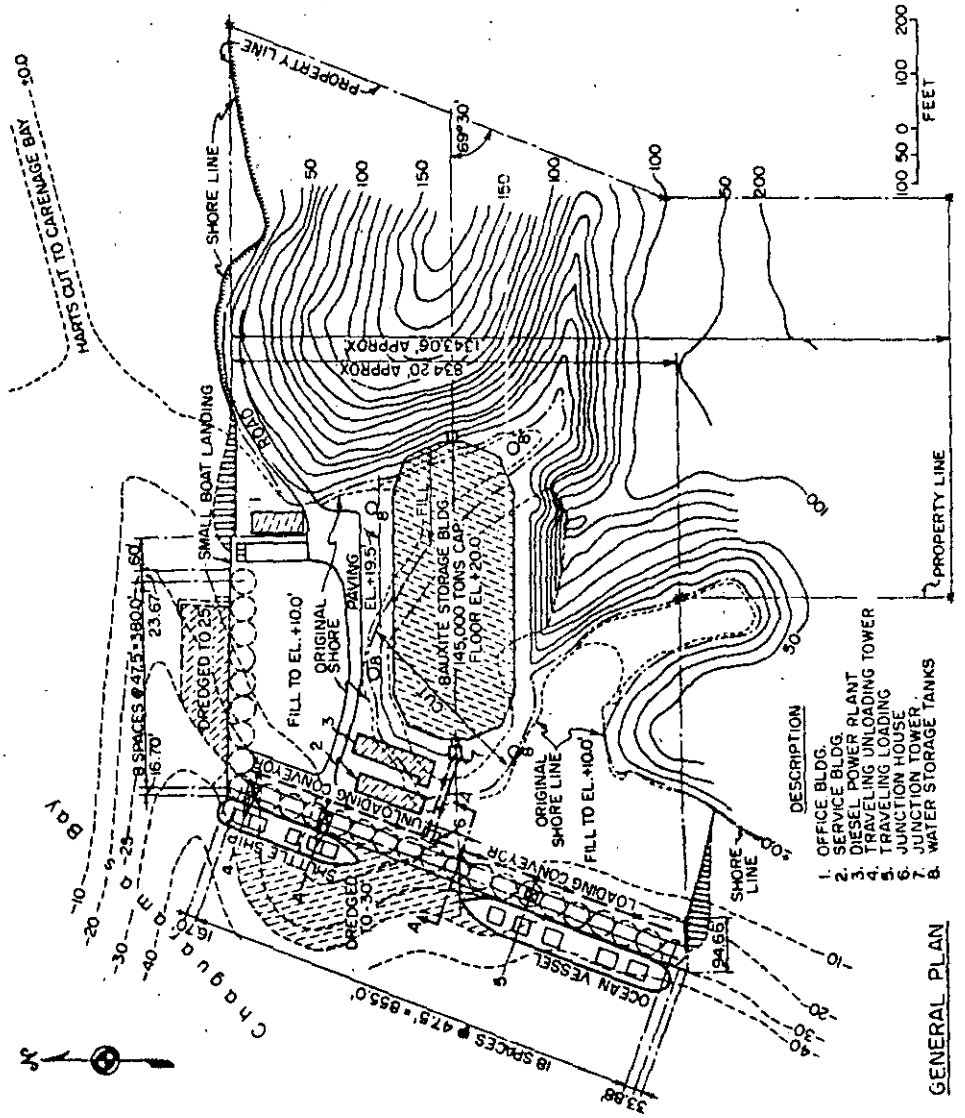


Fig. 8.16 (*a*) General layout of bauxite transfer station for Aluminum Company of Canada at Chaguaramas Bay, Trinidad, British West Indies.

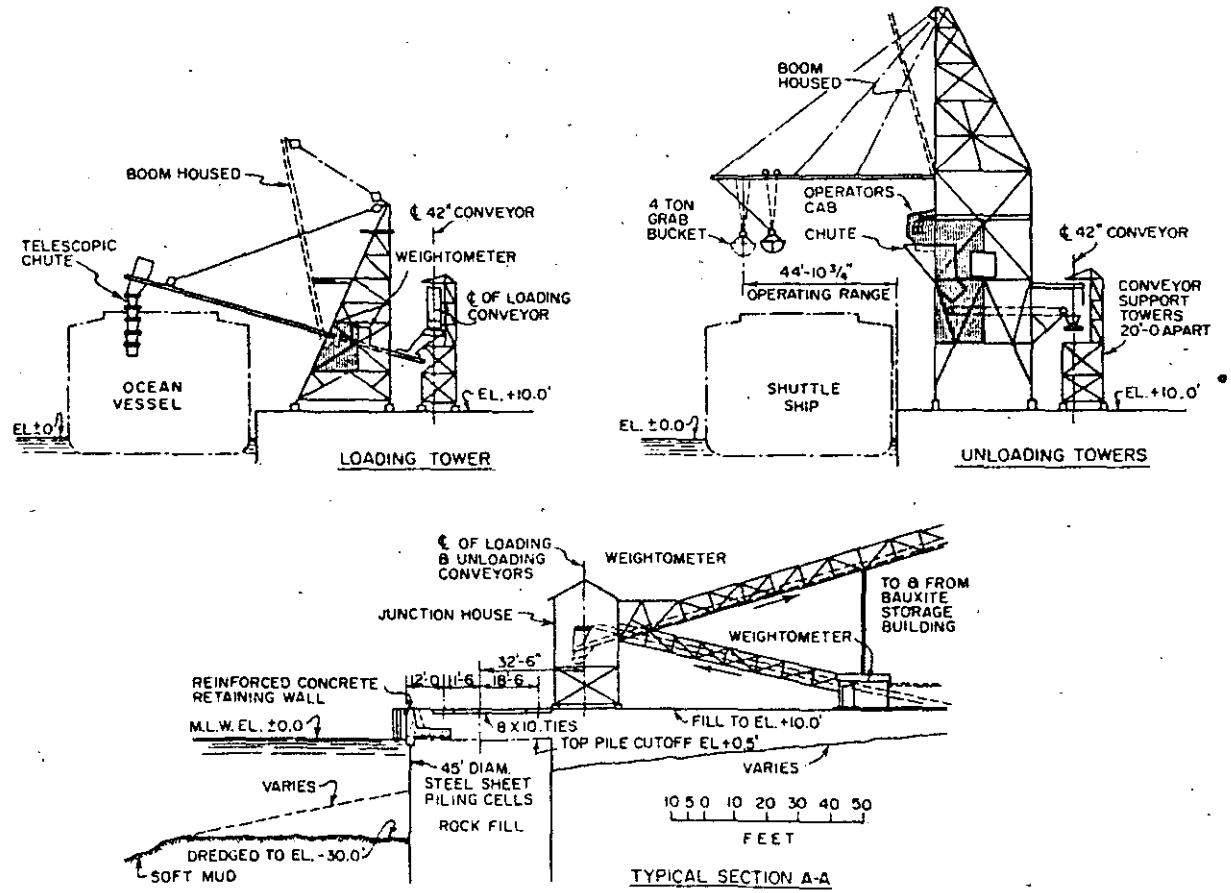


Fig. 8.16 (*b*) Typical sections of loading and unloading facilities at bauxite transfer station, Chaguaramas Bay, Trinidad, British West Indies.

22

in Canada. Since this river is icebound for several months each winter, the transfer station must provide storage for all the bauxite produced while the ocean vessels are not operating. The storage building will accommodate 145,000 tons.

All the main conveyor belts, for both incoming and outgoing material, are 42 in. wide, and are capable of carrying 1,400 tons per hour.

A Modern Shiploading Sugar Terminal. At such a terminal, located at Aguadilla, Puerto Rico, sugar is delivered in 10-ton side-dump containers, three of which are carried on one flat-bed trailer truck. The containers are dumped by overhead hoists into a hopper, from which the sugar is transported by a system of belts to a tripper conveyor under the peak of the roof in the storage building. Reclaiming is accomplished by a belt conveyor in a tunnel under the center of a warehouse floor, fed by gravity through a series of floor openings. Cleanup of the sugar not withdrawn by gravity is accomplished by scoop trucks. The reclaiming conveyor feeds a belt system which passes the sugar through a weigh house and over a trestle to an offshore loading tower, having a hinged boom carrying a belt conveyor which delivers to the ship. Delivery is through a retractable telescopic chute, at the lower end of which is a trimming device designed to cast the material to the farthest corners of the hold. The boom can be swiveled to load through two adjacent hatches without moving the ship. The ship is moored clear of the tower base by four permanent anchors attached to Navy-type mooring buoys.

The receiving and storing system has a capacity of 400 tons per hour; the reclaiming and shiploading system operates at the rate of 700 tons per hour and can load 10,000 tons in about 18 hours, including time lost in respotting the ship. The warehouse capacity is 40,000 tons.

Accurate records are kept of sugar received and shipped. Each incoming truck is weighed on a 50-ton platform scale and reweighed empty as it leaves. The weigh house contains an automatic batch-type scale, which measures the tonnage delivered to the ship. Both scales have automatic recording and ticket-printing mechanisms.

In Fig. 8.17, the tall structure at the shore end of the trestle is the weigh house. To its right and farther inshore is the warehouse, with the transfer tower for incoming sugar at its left end. The truck-receiving building is hidden behind the warehouse.

The Tidewater Oil Refinery at Delaware City. Situated on the Delaware River, about 15 miles below Wilmington, this refinery was completed in the fall of 1956, with a refining capacity of 100,000 bbl. It has a marine terminal which was designed to accommodate barges and tankers ranging in size from a T-2 to a 50,000-DWT supertanker. These tankers are handled at three separate T-head piers, with approach trestles from

28

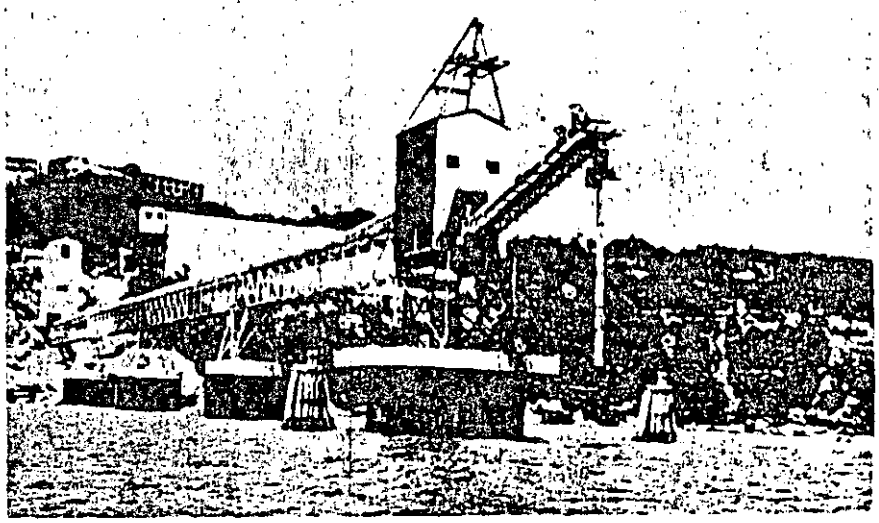


Fig. 8.17 Sugar shipping terminal for Central Coloso, Inc. at Aguadilla, Puerto Rico. (*Courtesy of the Stephens-Adamson Manufacturing Co.*)

shore, and with breasting and mooring dolphins for docking the ships. Figure 8.18 shows the general layout of this terminal. Berth 1 is for the large supertankers of 50,000 tons; berth 2 handles T-2 and supertankers; and berth 3 is for T-2 tankers and smaller ships.

The structures are supported on H piles driven to predetermined tip elevations in the underlying silty clay. The piles in the dolphins were designed for a load of 50 tons in compression and 75 per cent of this in tension.

The breasting dolphins are provided with fenders (similar to Fig. 5.40) consisting of wood piles bearing against a steel waler which is backed up

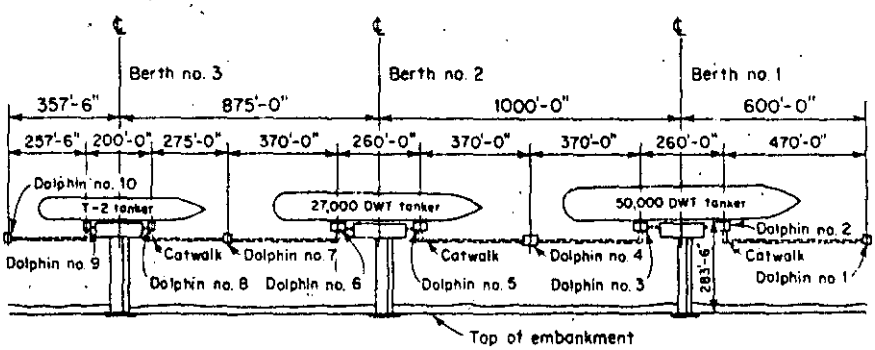


Fig. 8.18 Marine terminal for Tidewater Oil Company at Delaware City, Delaware.

29

with a 15-in. cylindrical rubber fender supported in a recess in the face of the concrete cap of the dolphin.

The loading dock or platform for the supertanker berth is a concrete structure 45 ft wide by 135 ft long, set back 10 ft from the face of the breasting dolphins so that it will not be hit by the ship when mooring. It supports a hose-handling frame of the type shown in Fig. 8.10.

The trestle out from shore to the platform provides a roadway and pipeway.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS

DIMENSIONAMIENTO

OBRAS INTERIORES

ANEXO I

TEORIA DE COLAS Y MODELOS DE SIMULACION

ING. JULIO PINDTER VEGA

SEPTIEMBRE, 1984

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. Tel.: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA, FACULTAD DE INGENIERIA
UNAM

CURSO: Proyecto y Construccion de Obras Marítimas.
10 al 21 de septiembre de 1984.

TEMAS: Dimensionamiento .
Obras Interiores .
13 y 14 de septiembre de 1984.

ANEXO I: Teoria de Colas y Modelos de - Simulación.

Notas del tomo II "Planificación y organización del Puerto.- Editado por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos - Madrid.

ING. JULIO PINDTER VEGA

Explotación y conservación (incluido limpieza)

- Carreteras --- 41%
- Ferrocarril --- 26%
- Alumbrado --- 14%
- Administración --- 19%

3.5. METODOS MATEMATICOS. METODOS ANALITICOS

3.5.1. Antecedentes

3.5.1.1. Necesidad de nuevos métodos de dimensionamiento

En los métodos empíricos se supone que el tráfico es uniforme a lo largo del año y las cifras de rendimiento se obtienen basándose en una utilización contínua de las instalaciones prescindiendo de posibles alteraciones en la llegada de los barcos y de que existan períodos donde se producen coincidencia de más unidades en operaciones que instalaciones disponibles, con la consiguiente aparición de esperas y estadías superiores a las calculadas creándose congestiones que alteran y encarecen la operación portuaria; como contrapartida en otros periodos no habrá barcos en puerto y las instalaciones sin utilizar gravarán el coste final de las operaciones.

Tampoco se contemplan las posibles alternativas de valoración de los distintos elementos que intervienen en el rendimiento de la operación y por tanto en el dimensionamiento y coste de las instalaciones.

En cada caso sería necesario estudiar ventajas e inconvenientes de cada alternativa para poder elegir la solución óptima desde los diferentes puntos de vista que deben tenerse en cuenta al planificar la instalación, cosa que en el método empírico no es posible hacerlo, pues cada variante supondría un estudio diferente lo que prácticamente hace imposible la busca de esta optimización y lo único factible es realizar una simplificación total a base de elegir la solución que por experiencia se estima la mejor.

Lo mismo se podría decir de otra serie de aspectos no considerados en el método empírico que corroboran que este método no es ideal ni suficiente siquiera en muchos casos pudiendo inducir a errores básicos y que haya necesidad de recurrir a otros procedimientos.

Esto no significa ni mucho menos, que se pueda afirmar rotundamente como hacen algunos autores que el método empírico no sea útil, o que es un grave error utilizarlo, sino que al revés, podemos decir que es el adecuado en ciertos casos y básico e in-

dispensable en la creación del esquema general que sirve de base a cualquier planificación del puerto; pero que debe ser complementado en algunos planeamientos y en otros estudios comenzando por él y siguiendo por otros medios. Lo que sucede es que se confunde Planificación con Dimensionamiento.

3.5.1.2. Los métodos matemáticos

A) El proceso de la operación portuaria se caracteriza por la existencia de una serie de actos que se producen de forma aleatoria -llegada de barcos, etc.-que influyen sobre las sucesivas operaciones, así como de otra serie de condicionantes físicos y de alternativas de medios y equipos e instalaciones que originan una serie de posibles elecciones entre las soluciones que deban compararse entre ellas para escoger la óptima tanto desde el punto de vista económico como de cualquier otro aspecto.

Se puede concretar el problema de la planificación y dimensionamiento como un problema de decisión.

Para este tipo de cuestiones la Investigación Operativa abre unas inmensas posibilidades que permiten plantear el problema en su conjunto y mediante el establecimiento de un modelo matemático que representa el proceso portuario y donde intervienen las diferentes variables que determinan la operación, fijar las magnitudes de los elementos que forman el sistema de manera que se logre el óptimo deseado.

Concretándonos al problema portuario y prescindiendo de entrar en el estudio de la aplicación de la Investigación Operativa se puede ver que la operación portuaria es un proceso de tipo aleatorio que puede encuadrarse como un problema de espera; en estos casos las variables son aleatorias y su cumplimiento es independiente de una determinación previa.

B) Este tipo de problemas puede resolverse mediante un modelo de tipo "probabilístico" y por"teoría de colas" podemos calcular el número de barcos simultáneos en puertos pidiendo atraque -o en espera por falta de muelles, cuando se puede determinar previamente la ley de llegada y servicios. Lo mismo puede aplicarse a una serie de aspectos de la actividad portuaria.

1 Este método es el que llamamos analítico y liga la llegada de barcos, el número de atraques y los tiempos de espera y servicio. La importancia es extraordinaria porque el factor decisivo en el coste total de las operaciones es el de la tasa diaria del barco, y por tanto las pérdidas por demora repercuten extraordinariamente debiendo reducirlas el mínimo compati

bla con el aumento de coste por mayores instalaciones al aumentar el número de atraques.

C) Pero a veces estos métodos analíticos no son aplicables a ciertos problemas portuarios debido a la complejidad de la actividad portuaria no cumpliéndose las leyes matemáticas supuestas, así como en los casos donde se debe analizar la situación a lo largo del tiempo variando una serie de datos básicos, siendo muy dificil e imposible el encontrar un modelo matemático apropiado.

En estos casos es preferible acudir a los métodos de "Simulación" donde se produce el fenómeno a lo largo del tiempo; en el modelo se introducen las diferentes hipótesis y variables mediante parámetros, repitiendo la operación tantas veces como variantes queremos analizar, pudiendo conocer los resultados de cada caso y tomar la decisión más conveniente. Para éstos cálculos se acude a la ayuda de un ordenador electrónico que permite realizar rapidísimamente cálculos complicados y obtener la marcha del puerto durante varios años en un breve período de horas, aunque a veces es tan complicado el proceso que hay que introducir simplificaciones que limitan la exactitud del método.

Dada la complejidad de la actividad portuaria y la multitud de problemas de toda índole que pueden presentarse se deduce que prácticamente los métodos de la investigación operativa pueden analizarse en todos los casos, pero los fundamentales para la planificación y dimensionamiento del puerto son los que se refieren al servicio del barco en operaciones, aunque en explotación deben analizarse todos ellos.

A continuación se analiza brevemente el fundamento y aplicación a los problemas portuarios de los siguientes métodos:

a) Métodos analíticos (Teoría de Colas)

b) Métodos de Simulación

3.5.2. Métodos analíticos

3.5.2.1. El problema general

En todas las actividades donde exista una demanda de servicio por parte de unas unidades o clientes que llegan sucesivamente y de forma irregular en el tiempo para ser atendidos por un número de estaciones o puntos de servicio se puede producir un fenómeno de espera.

Los aspectos básicos de este fenómeno son:

a) Esquema de servicio
b) Las llegadas de usuarios

c) El número de estaciones de servicio
d) El tiempo de servicio de cada unidad

3.5.2.2. Esquema del Servicio

El esquema de un puerto puede diferir grandemente según sean sus características -puertos con varias dársenas y tráficos o un simple cargadero especializado,- y dentro de cada tipo varían sus necesidades, formas de servicio, etc. por lo que serían muy difícil tratar de operar con un modelo universal o general sino que en cada caso habrá que tratar de determinar el esquema apropiado.

Sin embargo se puede simplificar grandemente el problema si se tiene en cuenta que cada tráfico debe obrar con independencia de los demás, es decir, que cada muelle o instalación está destinado a un tráfico específico y que las necesidades y soluciones del tráfico de petróleos no tiene nada que ver con las de los tráficos de minerales o de mercancía general.

Sólo serán comunes las operaciones de entrada hasta el fondeadero o hasta la boca de la dársena correspondiente, es decir, prácticos, remolcadores, zonas de fondeadero, etc.

Podemos por tanto dividir el esquema del puerto en dos partes distintas:

A) Servicios Generales: Entrada, practicaje, remolcadores, puertos de fondeo, esclusas generales, etc.

B) Dársenas o muelles: Se consideran instalaciones especializadas por tráfico, con separación de los problemas.

El primer caso deberá ser analizado para determinar las necesidades de prácticos, remolcadores, puntos de fondeo, servicios generales a la entrada del barco -policía, sanidad, etc.

El segundo caso es el que afecta directamente al dimensionamiento de las instalaciones portuarias y es el que de una manera especial interesa al puerto.

La estructura del sistema estará compuesta de la siguiente forma:

Fuente ⟶ Nº de barcos del tráfico considerado

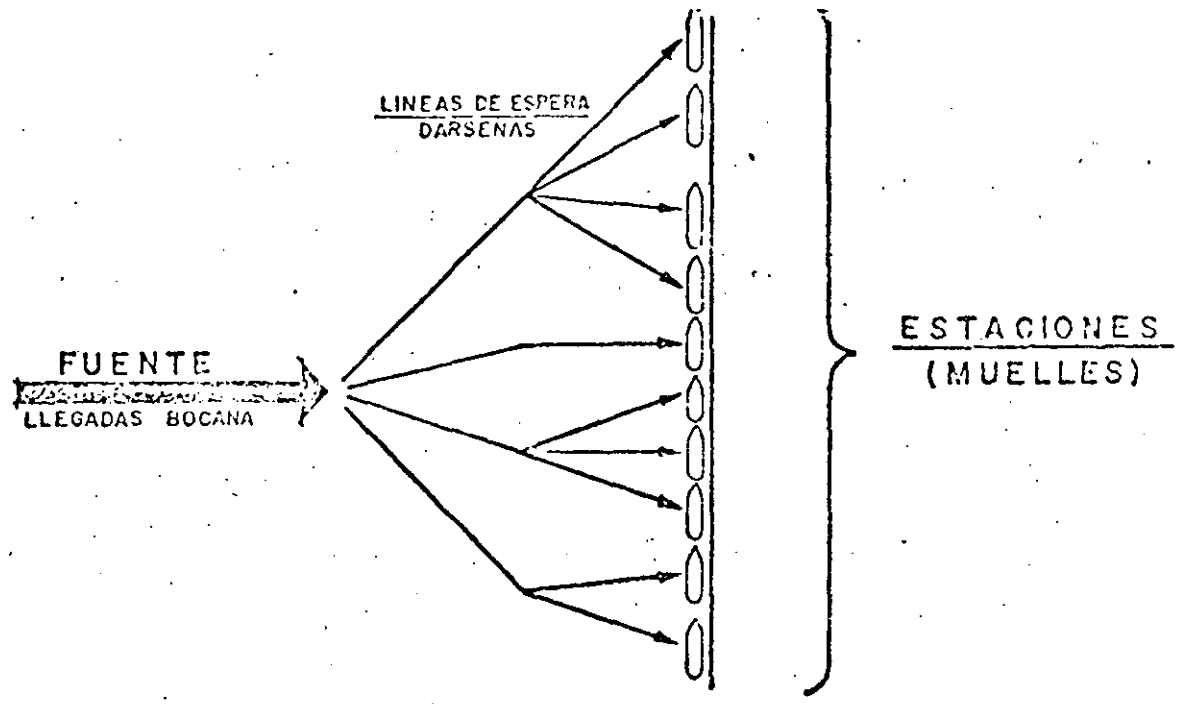
Línea de espera → Unica (por dársena)

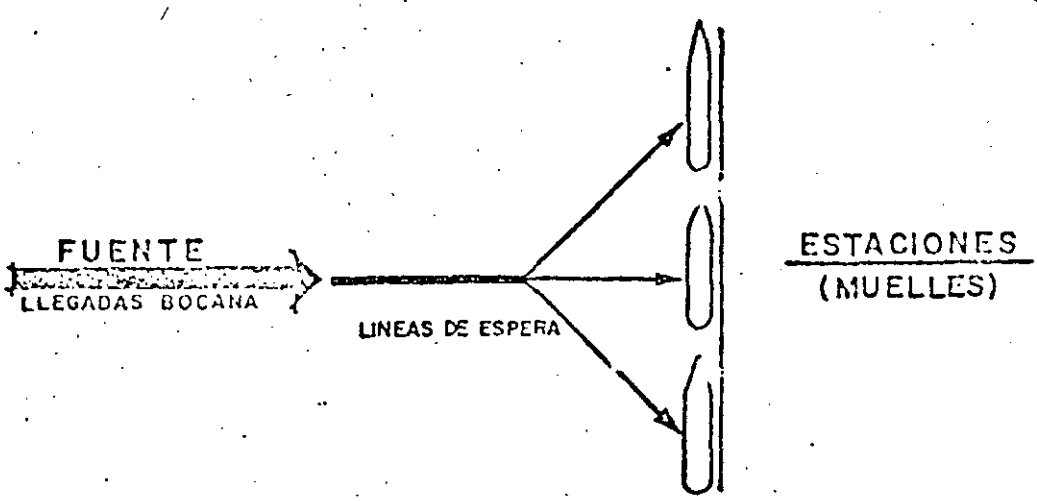
Estaciones ⟶ Atraques existentes (uno o varios)

Las unidades que existen estarán o en la línea de espera o recibiendo servicio de forma que

$N = N_1e + N_s$ (Si $N \gtrless$ Nº estaciones, entonces $N_1e = 0$)

En cualquier caso, la capacidad del sistema, es decir, el nú


LINEAS DE ESPERA
DARSENAS
FUENTE
LLEGADAS BOCANA
ESTACIONES
(MUELLES)


FUENTE
LLEGADAS BOCANA
LINEAS DE ESPERA
ESTACIONES
(MUELLES)

mero de clientes despachados en conjunto de todas las estaciones en un tiempo dado, debe ser mayor que el número de los que llegan o de lo contrario aumentarían las calas indefinidamente, cuestión que está fuera de nuestro estudio.

Pueden existir prioridades de atender a los clientes, (sería el caso de los buques correos o de pasajeros) pero generalmente se acepta la regla FIFO (First in - Firt out), o sea despachar por orden de llegada.

Como N, N_1 e y N_s varían al azar (con el tiempo y de forma aleatoria) lo harán de acuerdo con una ley de probabilidades que debe determinarse.

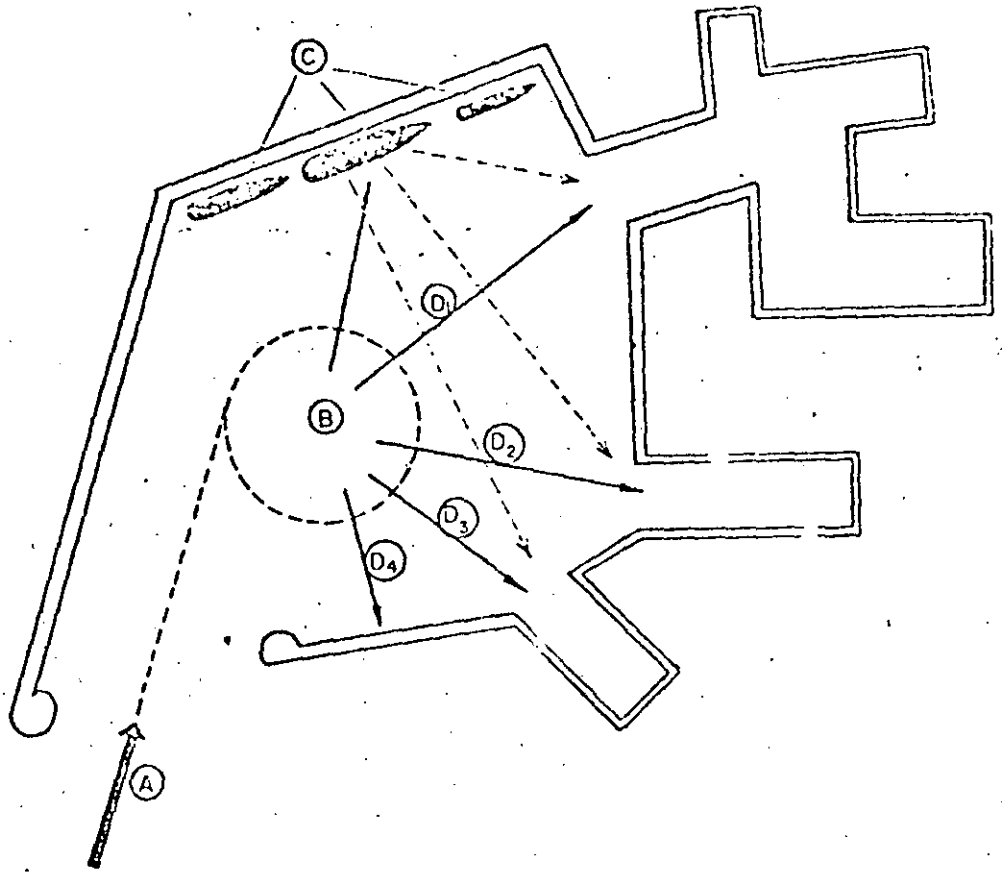
En el caso de una línea y varias estaciones (que es el que vamos a tratar), si existen más unidades en el sistema que estaciones de servicio se producirá cola y existirán unidades en espera; por el contrario, si es menor existirán estaciones desocupadas.

Como el que los clientes esperen puede producir pérdidas (bien por la pérdida de clientela y fama de eficacia del puerto o bien por la valoración del tiempo inactivo) convendría que se eliminasen las esperas aumentando el número de estaciones de servicio; pero esto supone una inversión que aumenta con el número de las que se instalen y como habrá tiempo que no estén en trabajo por no haber unidades en espera, se producirá una pérdida proporcional al tiempo de inactividad de la instalación.

El ideal sería conseguir un resultado económico óptimo de costo mínimo o de pérdidas mínimas para lo que se debe calcular los tiempos perdidos por ambas partes valorándolos de acuerdo con sus precios unitarios del tiempo y comparando los resultados producidos al variar el número de atraques. Esto que es lo que suele hacerse frecuentemente por los portuarios no debe ser el único factor de la decisión, aunque sea el más importante, pues pueden existir algunos casos donde sea necesario considerar otros factores, tales como tratar que las esperas no sean excesivas limitándolas a un porcentaje del tiempo de servicio, aunque como es natural esto suponga un encarecimiento y no resulte "óptimo" económico o sea el mínimo gasto.

Si analizamos las operaciones referentes al servicio del barco desde su entrada hasta su despacho del muelle, se pueden asimilar sus diferentes fases a los aspectos de cualquier problema de servicio y esperas:

α) Llegada de clientes - Llegada de barcos
β) Número de estaciones - Número de muelles o atraques
γ) Tiempo de servicio - Entancia del barco en amarre
δ) Sistema - Dársena adscrita al tráfico

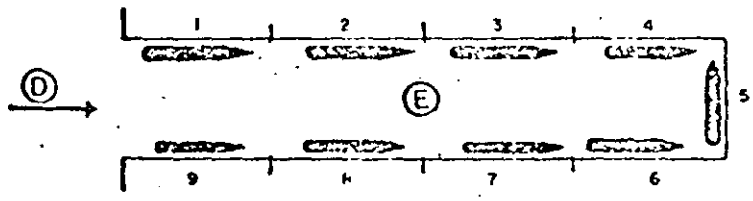


(A) = ENTRADA GENERAL AL PUERTO.

(B) = ZONA DE MANIOBRA, EVOLUCION Y ESPERA.

(C) = LINEA DE ESPERA DE LAS DARSENAS.

(D1)(D2)(D3)(D4) = DARSENAS Y ATRACADEROS ESPECIFICOS.



(D) = FUENTE DE ENTRADA (DIRECTA DE AB Ó A TRAVES DE LA LINEA DE ESPERA C).

(E) = ATRAQUES O ESTACION.

El problema que se nos presenta será el de determinar el número de atraques necesarios para que (conocidas las leyes de llegadas y de servicios así como las diferentes circunstancias y factores que pueden intervenir) el coste total sea el óptimo deseado, o bien conocer el costo adicional si se decide otra solución por cualquier causa.

De este óptimo depende del grado de utilización de los muelles, o sea de la relación entre los períodos en que están ocupados y los posibles totales. Si la utilización es alta, existe el peligro de que durante determinado número de días haya congestión o sea barcos en espera; si es baja sucederá que el aprovechamiento de la infraestructura es malo. Ya veremos que cuanto mayor sea el número de atraques para un mínimo coste, mejora el coeficiente de utilización; lo que significa que es posible un mejor explotación en los puertos con gran número de atraques similares que en los pequeños como saben por experiencia los que han trabajado en los puertos.

En cualquier análisis o estudio que se realice de un puerto o sistema portuario, es fundamental el disponer de unas estadísticas veraces y suficientes. Se deben referir tanto a la llegada de barcos (en número y tiempo), como tiempos de servicios (en operaciones, espera, paro, etc.), muelles de destino, pérdidas por cualquier causa (mal tiempo, congestión, falta de servicio, etc.).

3.5.2.3. Llegadas

Por la diversidad de tráficos y de servicios que pueden existir en los puertos, es lógico que la llegada de los barcos se produzca de múltiples formas; habrá puertos donde las llegadas se produzcan al azar, independientemente de cualquier determinación previa; y en cambio en otros sus llegadas estarán reglamentadas y las variaciones que se produzcan se deberán solo a alteraciones del programa producidas por causas ajenas.

En cualquier caso, lo que interesa es determinar las leyes que siguen las llegadas de los barcos; pueden agruparse como sigue:

a) A intervalos iguales o regulares

b) A intervalos desiguales pero determinados (es una modificación de la anterior)

c) A intervalos desiguales siguiendo una función de probabilidad o aleatoria.

3.5.2.4. Número de estaciones

En nuestro caso solo consideramos una línea de llegada, pu--

diendo existir una o varias estaciones (atraques) por línea.

Es el caso de un solo atraque en cargaderos o varios atraques homogéneos en una dársena dedicada al mismo atraque.

3.5.2.5. Tiempo de servicio

Corresponde al tiempo que el usuario está ocupando un puesto de atraque.

La duración es función de una serie de factores tales como tipo y volumen de la carga, características y rendimientos de las instalaciones, tráfico, y aún modalidades o costumbres del puerto (trabajo contínuo o por ciclos interrumpidos por períodos de paro, etc.).

Al mismo tiempo hay que tener en cuenta otros factores que pueden modificar las leyes de servicio, como son: las influencias que sobre el ritmo de carga puede tener el que existan barcos en espera aconsejando aumentar los rendimientos y las jornadas, o bien los tiempos de reserva de atraques para ciertos tráficos, etc.; esto supone una complicación indudable en la determinación de las leyes de estancia.

Prescindiendo de los casos más complejos, que por otra parte no tienen una solución matemática fácil ni comprobada, podemos aceptar que los tiempos de servicio tienen una duración:

a) Constante

b) Variable pero determinado

c) Aleatorio

3.5.3. Las leyes de llegada y de servicio y el tiempo de espera.

Las funciones y características del tráfico de un puerto influyen de manera decisiva en la ley de llegadas de los barcos; no será lo mismo un puerto de abastecimiento donde llegan multitud de barcos a repostar sin más condicionamiento previo que el que su ruta de navegación pase cerca del puerto, que un cargadero mineralero o cualquier baya petrolera, donde las llegadas están programadas a base de un determinado ritmo mensual de exportación en un tipo de barco dado, lo que supone fijar un número de barcos relativamente pequeño en un período de tiempo; al mismo tiempo hay que resaltar que tampoco es lo mismo las llegadas en las bocanas del conjunto de los barcos que arriban a puerto, que determinar la ley de llegadas para cada dársena por separado, que supone un número mucho menor para cada una de ellas.

Si se observan las llegadas de los barcos a los puertos, puede confirmarse que su distribución sigue prácticamente dos modelos:

a) Llegadas aleatorias

b) Llegadas programadas a intervalos iguales o desiguales

En los puertos con suficiente tráfico, puede verse que en la mayor parte de ellos la probabilidad de las llegadas cumplen o se ajustan a la Ley de Poisson. Se ha comprobado entre otros en La Guaira, Las Palmas, Bangkok, Dunkerke, Marsella, Osaka, Robe, Portkembla, etc.

Las condiciones básicas para que se produzca un proceso de este tipo son:

a) La probabilidad de que se produzca un suceso depende solo del intervalo t y no del instante inicial.

b) No suelen producirse dos sucesos simultáneamente.

c) Si la tasa de llegadas es λ, en un intervalo de tiempo Δt, la probabilidad de que se produzca el suceso es $\lambda \Delta t$

Con estas condiciones la probabilidad P_n (t) viene dada por la fórmula

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n . e^{-\lambda t}}{n!}$$

donde $P_n(t)$ = probabilidad de que se produzcan n sucesos en el tiempo t

λ = tasa media de llegada

e = base de log. neperiano e = 2.718 ....

n! = Factorial de n.

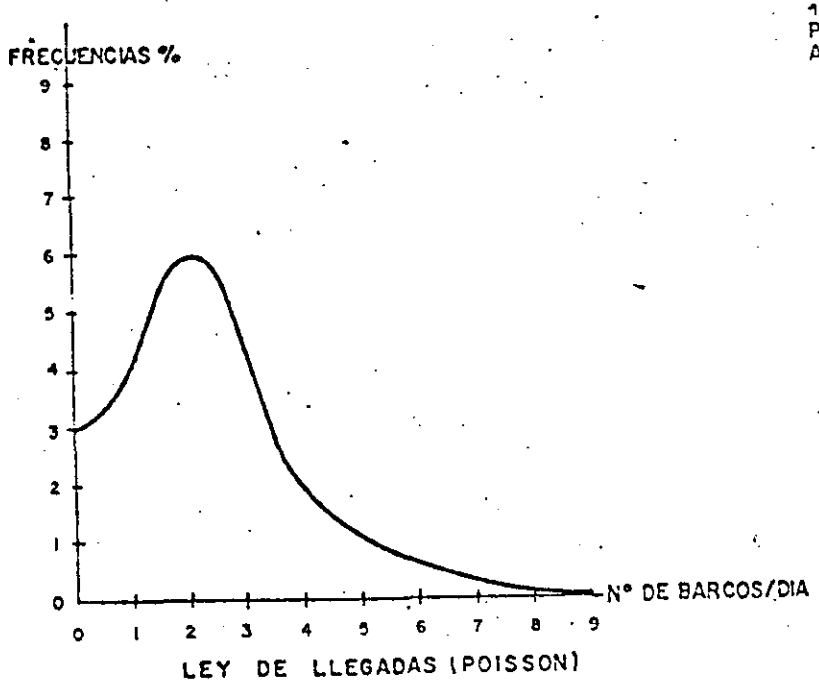
La probabilidad de que el tiempo que transcurra entre dos sucesos θ es mayor que φ es

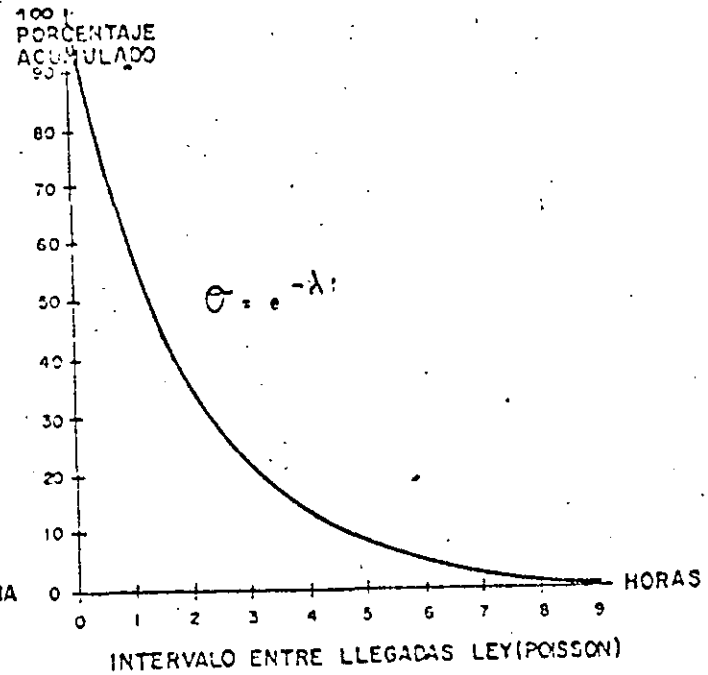
$$Pr(\theta > \varphi) = e^{-\lambda \varphi}$$

Los tiempos que median entre dos sucesos seguirán una ley exponencial con tasas λ en el caso de que el fenómeno aleatorio se produzca de acuerdo con la Ley de Poisson.

La comprobación de la ley de llegadas se hace mediante la observación de las frecuencias de intervalos determinando el intervalo medio. Se adopta la curva de distribución de probabilidad de intervalos como la exponencial negativa $Y = e^{-\lambda X}$ y se contrasta con el test X^2 de Pearson para comprobar si el ajuste es bueno y puede admitirse como válida la Ley de Poisson.

En el Puerto de la Guaira se obtuvo para 20 grados de libertad un nivel de confianza superior al 95% lo que indica un ajuste muy bueno pudiéndose adoptar por tanto dicha ley para el análisis del puerto.


FRECUENCIAS %
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
N° DE BARCOS/DIA
LEY DE LLEGADAS (POISSON)


100
PORCENTAJE
ACUMULADO
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
$\sigma = e^{-\lambda t}$
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
HORAS
INTERVALO ENTRE LLEGADAS LEY(POISSON)

En algunos casos (generalmente cargaderos especializados con nº de llegadas no siguiese la Ley de Poisson por lo que las fórmulas anteriores no serian aplicables. En estos casos habría que deducir las leyes correspondientes, aunque no es común este suceso que más adelante comentaremos.

3.5.4. Ley de servicios

Otro de los factores básicos en la operación es el de la duración del tiempo de servicio o sea el tiempo que el barco está ocupando el muelle.

El tiempo de servicio puede ser constante, variable pero determinado, ó aleatorio. Dentro del tiempo de servicio se incluyen no sólo los de operación estricta sino también los de paro por cualquier motivo (demoras en despacho, tardanza de equipos, mal tiempo, etc.), por lo que las previsiones pueden diferenciarse mucho de la realidad.

En algunos casos este tiempo sigue una ley exponencial; si llamamos n al número de unidades atendidas en un tiempo dado, la probabilidad de que el tiempo de servicio θ sea mayor que uno dado t es $Pr(\theta > t) = e^{-nt}$

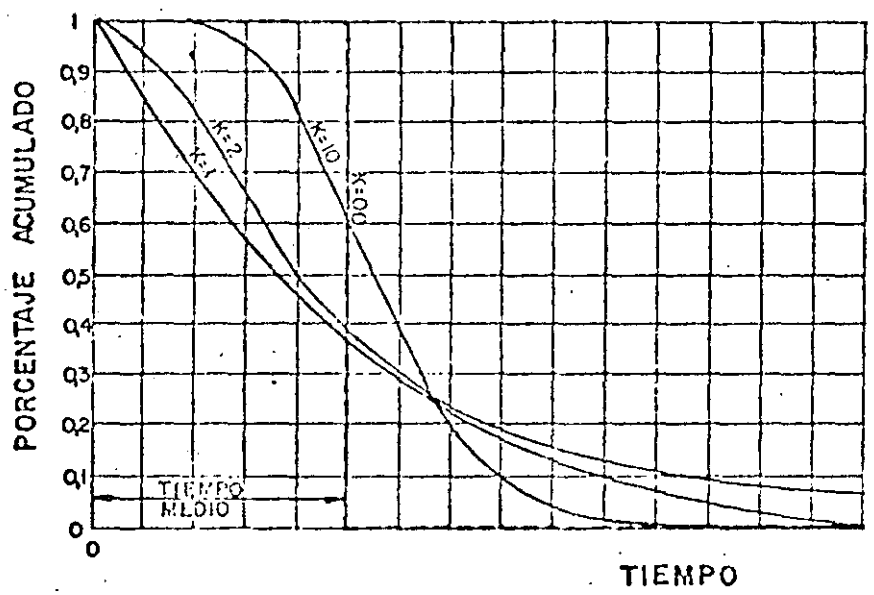
Sin embargo en muchos otros casos, la distribución no sigue esta ley sino que se ajustan mejor a otras, en especial a la de Erlang con fases K = 2.3.4. .....

La distribución es exponencial en La Guaira y en cambio Santos, Colombo, Oslo (vease Nagao y Ranai), Bangkok (veáse Jones y Blunden) Port Kembla (veáse White) se ajustan a una distribución de Erlang con K = 2 ó 3 e incluso se pueden encontrar sistemas portuarios con tiempos de servicio en los que K = 4 ó K = 6 (Rouen, veáse Chapón).

Hay que tener en cuenta que como el tiempo total en muelle viene afectado por varios factores e incluso habría que hacer intervenir los intervalos de paradas en el trabajo del muelle (normalmente se trabaja 8, 12 ó 16 horas y se para el resto), es natural que no se ajusten las distribuciones reales a las curvas teóricas.

Conocidas las estadísticas del puerto y ajustadas a las varias distribuciones (K = 1.2.3.....), aplicando el test X^2 de Pearson se comprobará cual es la más adecuada.

Elegida la función de Erlang y determinado por tanto el valor de la constante K, se deduce el tiempo medio en muelle T_b y por tanto la tasa media de servicio $\mu = \frac{1}{Tb}$ ó sea el número de barcos servidos en la unidad de tiempo.



LEYES DE SERVICIO

La fórmula general que nos da la probabilidad que el tiempo de muelle sea mayor o menor que t es

$$P_o(t) = e^{-K\mu t} \sum_{n=o}^{k-1} \frac{(K\mu t)^n}{n!} \text{ (ley de Erlang de orden K)}$$

en esta fórmula

t = tiempo dado

μ = tiempo de servicio

K = constante de Erlang

Si K = 1, entonces $P_o(t) = e^{-\mu t}$ que es el caso de la distribución exponencial; con K = 2, $P_o(t) = l - 2\mu t\ (1 + 2\mu t)$ y con $K = \infty$ la distribución es constante.

3.5.5. Número de barcos en puerto y tiempo de espera

Conocidas o determinadas las leyes de llegada, la disciplina del servicio, la ley de tiempos de servicios y la estructura del esquema de servicio, o sea número de atraques, se puede calcular la probabilidad de que un número n de barcos esten en el puerto (tanto en atraque como en líneas de espera) y deducir el tiempo medio de espera del barco y en consecuencia las esperas totales que se producirán en el puerto con los supuestos realizados.

Los casos que pueden existir son muy numerosos y es imposible entrar en el detalle de todos ellos; pudiendo encontrarse sus estudios en las obras especializadas.

Las diferencias básicas residen en el esquema del sistema portuario y en las leyes adoptadas.

El esquema puede estar formado por uno o varios canales de entrada y por uno o varios atraques; en nuestro caso, lo más frecuente es un solo canal de entrada (independizando dársenas) y uno (cargadero o punto de atraque único) o varios muelles de igual destino y características (dársenas o muelles de varios atraques).

En cuanto a las leyes de llegada, creemos que en el caso de los puertos españoles poco especializados es suficiente adoptar la ley de Poisson, aunque en algún caso deberá comprobarse o deducir la Ley más adecuada.

El tiempo de servicio puede ser el exponencial o el de Erlang con K = 2 ó 3; debe analizarse y adoptar la solución más adecuada. Si la distribución no es exponencial con K = 1 y existen varios atraques, hay que acudir al método de simulación para

poder resolver el problema.

Cuanto más uniforme sea el tiempo de servicio, disminuirá el tiempo de espera del barco, que teóricamente pasaría de un valor 1 % a otro 50, al variar de K = 1 (exponencial) a K $\approx \infty$ (constante).

En los casos de embarcaderos o atraques especializados donde se pueden programar las llegadas con cierta regularidad la utilización de los muelles mejora grandemente; esto está claro en el caso de terminales dedicados a servicios regulares numerosos donde la utilización llega a cifras muy superiores a las del tráfico ordinario.

3.5.6. Aplicación al cálculo del número de atraques

La importancia práctica de lo que hemos expuesto anteriormente está en poder determinar el número de atraques necesarios para permitir el tráfico previsto de forma óptima.

La primera dificultad está precisamente en definir ese óptimo: mientras que unos lo señalan como lograr el mínimo costo total para el conjunto de instalación-barco, otros señalan que hay otros factores como el que el tiempo de espera del barco no exceda de ciertos límites, y lo mismo puede decirse respecto a la opinión de que deberán atenderse todos los factores.

En segundo lugar, debemos resaltar el hecho de la gran complicación de las fórmulas matemáticas para expresar la conducta de la cola cuando las leyes de llegada y servicio no siguen a K = 1 y existe más de un canal. Por otro lado, en los casos de varios atraques se introducen simplificaciones mayores que pueden introducir serias mistificaciones en los resultados, como son las de suponer que el servicio de todos los atraques es uniforme, es decir trabajan al mismo ritmo, y eso sabe cualquier portuario que no es cierto; los de prescindir de tiempos de descanso, etc.

En cualquier caso deberá operarse sobre ciertas hipótesis con los datos disponibles y comparar diversos casos para obtener la solución más favorable.

Los casos más corrientes e importantes son:

a) Una dársena con varios muelles: La Ley de llegada Poisson y la de servicios exponencial; con otras leyes las ecuaciones son muy complejas y prácticamente no se utilizan. Es necesario acudir a otros métodos.

b) Un solo muelle: Puede estudiarse su comportamiento con las leyes del caso anterior o bien adoptando ley de llegadas Poisson y servicio Erlang o bien llegadas variables y servicio Poisson.

3.5.7. Caso de una dársena con varios muelles (Una línea y varias estaciones).

Ley de llegadas de Poisson y servicio exponencial

Suponemos que se trata de un tráfico homogéneo de forma que el barco puede ir a cualquiera de las vacantes asi como que la disciplina de servicio es FIFO.

Se desea encontrar el número de atraques para que el costo sea mínimo considerado el conjunto del muelle-barco.

Se hacen una serie de simplificaciones tales como suponer la carga de igual rendimiento para todos los barcos; se prescinde de los periodos de descanso y parada; se supone la eslora uniforme, etc.

Este caso que se asimila al de una línea de espera con varias estaciones, se resuelve mediante la fórmula de Erlang que da la probabilidad de esperar (con $n > s$):

$$T_e = p\,(>o) = \frac{\dfrac{\psi^S}{S!\left(1-\frac{\psi}{S}\right)}}{\dfrac{\psi^S}{S!\left(1-\frac{\psi}{S}\right)} + 1 + \dfrac{\psi}{1!} + \dfrac{\psi^2}{2!} + \dots + \dfrac{\psi^{S-1}}{(S-1)!}}$$

Siendo en ella $\psi = \dfrac{\lambda}{\mu}$ " S = nº de atraques.

De esta fórmula se puede deducir la relación entre el tiempo de espera y el de atraque

$$\frac{T_e}{T_a} = \frac{\psi^S}{S\left(1-\frac{\psi}{S}\right)\psi^S + S\cdot S!\left(1-\frac{\psi}{S}\right)^2\left(1+\frac{\psi}{1}+\frac{\psi^2}{2!}+\dots+\frac{\psi^{S-1}}{(S-1)!}\right)}$$

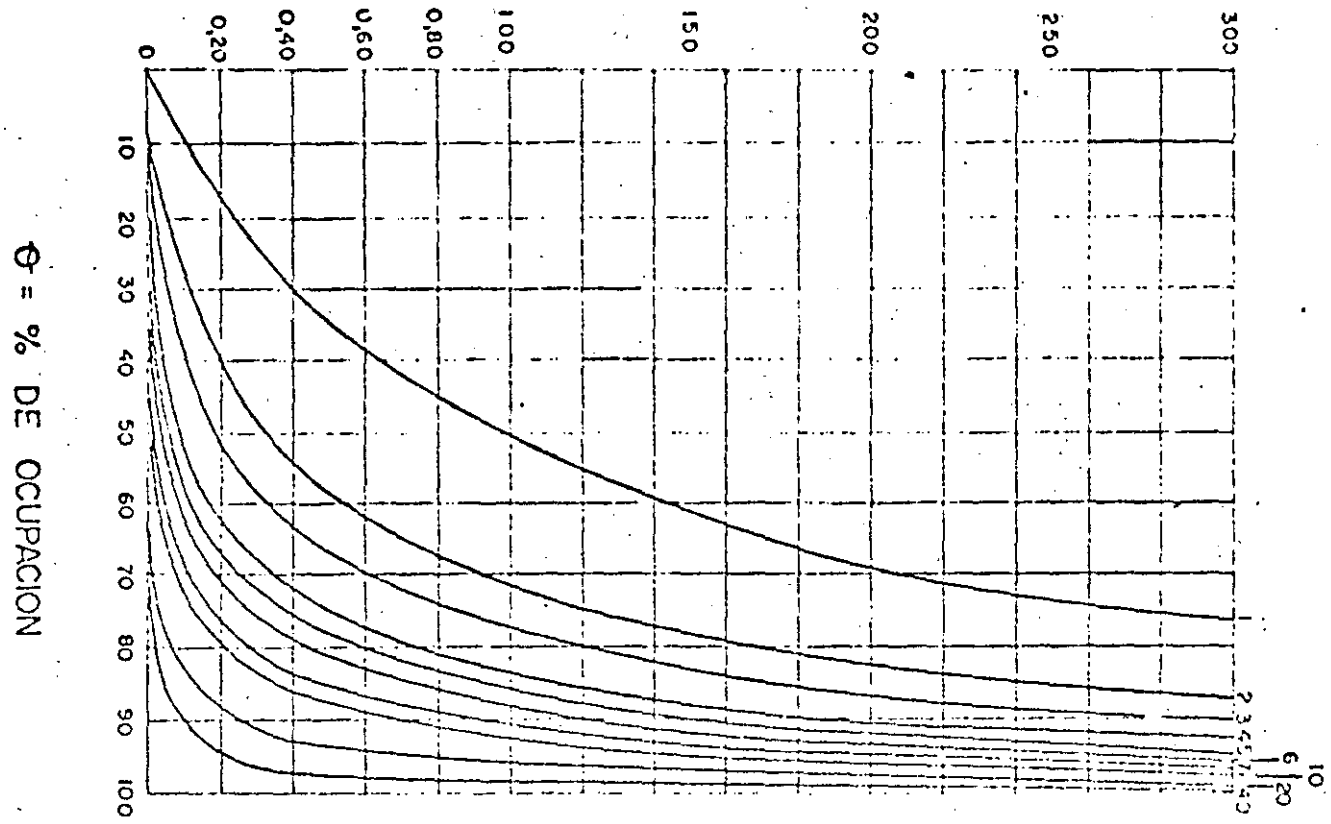
Por otro lado si llamamos θ a la ocupación de muelles en tanto por ciento, tenemos que

$$\theta = \frac{\lambda \cdot T_a}{S}$$

pero como $T_a = \dfrac{1}{\mu}$ y $\psi = \dfrac{\lambda}{\mu}$ la fórmula se puede escribir

$$\theta = 100\,\frac{\psi}{S} \;\text{,,}\; \psi = \frac{S\,\theta}{100}$$

RAZON ENTRE TIEMPO MEDIO DE ESPERA Y TIEMPO MEDIO DE OCUPACION $\bar{W}/\bar{V}$



Sustituyendo en la ecuación tendremos en resumen

$$\frac{Te}{Ta} = \frac{\theta^{S}}{S \cdot S!\left(1-\frac{\theta}{S}\right)^2 \left(\sum_{n=1}^{S-1} \frac{\theta^n}{n!} + \frac{\theta^S}{S!\left(1-\frac{\theta}{S}\right)}\right)}$$

Se puede construir una gráfica, donde se represente una familia de curvas S (nº de atraques) en ejes $\frac{Te}{Ta}$ y θ.

Para un valor dado de θ y un número de muelles S se obtiene $\frac{Te}{Ta} = \delta$

Como sabemos que Ta = 1 y el número de barcos en un tiempo T es $T\lambda$, se puede escribir:

$$Te(t) = \delta \times \frac{1}{\mu} \times T\lambda = \delta \times T \times \psi = \delta \times T \times \frac{\theta}{100} \times S$$

Por otro lado el atraque ocioso o tiempo que el muelle estará desocupado en el periodo T será:

$$T_{ao}(T) = T \times S \times \left(1 - \frac{\theta}{100}\right)$$

La mercancía movida en el periodo T se puede obtener multiplicando el tiempo ocupado de atraques por el rendimiento R unitario, o sea

$$Q = T \times S \times \theta \times R$$

Si se deduce la tasa unitaria de la estadía del barco α_1 y la del atraque α_2 se obtiene:

$$\text{Costo de espera} = C_1 = \alpha_1 \times \delta \times T \times \frac{\theta}{100} \times S$$

$$\text{Costo de atraque ocioso} = C_2 = \alpha_2 \times T \times S \times \left(1 - \frac{\theta}{S}\right)$$

$$\text{Costo total } C = C_1 + C_2$$

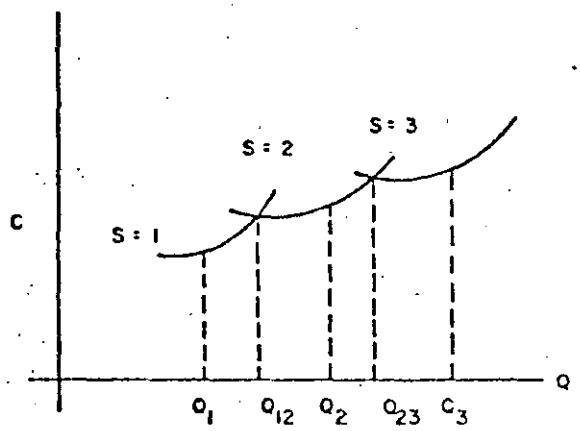
Finalmente el número de barcos en fondeadero $\bar{\nu}$ será igual al producto del número de barcos entrados diariamente o sea λ por el del tiempo medio de espera Te, y de la gráfica

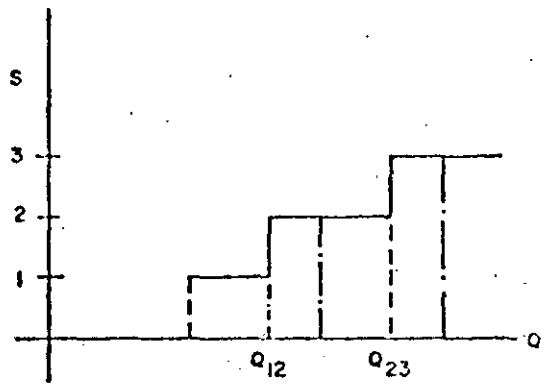
$\underline{S}$ „ $\frac{Te}{Ta}$ „ θ se obtiene:

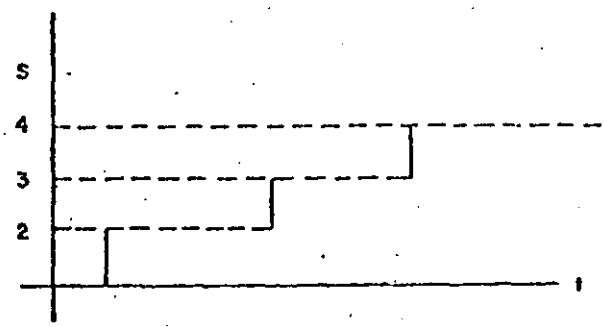
$$\bar{\nu} = \delta \times \frac{1}{\mu} \times \lambda \text{, o sea } Te \times \lambda$$

Para cada número de muelles S (1.2.3.....) se puede deducir para cada θ, dos valores Q = Carga movida y C = Costo total correspondiente (de estadías y atraques ociosos).

Se pueden dibujar una serie de curvas correspondientes a S (1.2.3. .....) en ejes Q y C que optimizan cada caso.


C
S = 1
S = 2
S = 3
Q
Q_1
Q_{12}
Q_2
Q_{23}
C_3


S
3
2
1
Q
Q_{12}
Q_{23}


S
4
3
2
t

El mínimo C para cada caso Sn vendrá determinado por el -- punto donde corta a la curva Sn + 1 pues aunque el coste total sube, es menos el unitario $\frac{C_b}{Q}$; aunque aumenta la congestión del puerto parece que debe esperarse a construir otro atraque hasta que el costo disminuya con la nueva puesta en servicio.

Conocidos los óptimos se puede dibujar la gráfica que da - el aumento necesario del número de atraques S en función del tráfico esperado y a lo largo del tiempo.

De las fórmulas y curvas anteriores, se puede deducir en - función de θ (ocupación de muelles) S_n (nº de atraques) y un nuevo parámetro α (relación C_a/C_b del costo de inactividad del atraque a la estadía del buque) la ocupación óptima de explotación y el máximo absoluto de explotación.

3.5.8. Caso de un solo atraque (Una línea con un solo muelle)

Este es un caso muy interesante, pues es el de un cargadero ó una boya petrolera, etc., siendo donde más se utiliza y aplica esta teoría.

Existe bastante bibliografía y ejemplos de aplicación en diferentes puertos; sin embargo hay disparidad de opiniones entre los diversos autores sobre diferentes aspectos, tales como leyes de llegada y servicio, criterios de optimización de resultados, introducción de coeficientes correctores de la longitud de colas de espera, etc.

Conocido el comportamiento del sistema con llegadas Poisson y servicio exponencial, se analizan los casos de servicios y llegadas con leyes diferentes a las anteriores, que suele ser lo - que generalmente se produce en la realidad.

3.5.8.1. Llegada Poisson, Servicio Erlang

Las probabilidades de llegada de n barcos en el tiempo t y la de que el tiempo de servicio en el puerto sea igual o mayor que un tiempo t se deducen de las expresiones para la ley de llegadas y para la ley general de servicios.

Con estas distribuciones se puede determinar la probabilidad que haya número de navíos n en puerto (no debe confundirse - con el número de navíos de llegada, pues hay que contar con los que están en muelle recibiendo servicio), y por tanto la probabilidad de que haya más de un navío para realizar operaciones en el cargadero y se produzca una espera.

El tiempo medio de espera está dado por la expresión:

$$Te = \frac{\psi^2 (K+1)}{2K\lambda(1-\psi)} = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} \cdot \frac{K+1}{2K}$$

La longitud de cola o número medio barcos en cola es:

$$N_e = T_e \times \lambda = \frac{\psi^2}{1-\psi} \cdot \frac{K+1}{2K} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} \cdot \frac{K+1}{2K}$$

de donde N_e = Nº de llegada de barcos/día. Las esperas disminuyen al aumentar el valor de K, es decir cuando el tiempo de servicio tiende a ser constante.

En el caso de llegadas aleatorias y tiempo de servicio independiente de los otros y de la longitud de cola, Miller utiliza la fórmula de Pollaczek-Khintchine donde el tiempo medio de espera está dado por la expresión $Te = \mu \frac{\psi(1+C^2)}{2(1-\psi)}$ donde C = coeficiente de variación del tiempo de servicio, o sea relación de la desviación standard del tiempo de servicio al tiempo medio de servicio; en general C suele ser pequeño y por tanto C^2 no influye prácticamente.

Cuando el tiempo de espera aumenta, se puede producir una influencia sobre la distribución de llegadas; originándose una disminución o un efecto de contención de llegadas de forma que el número de barcos en cola es menor que el teórico (ver White), de forma que $Nc = A \cdot \frac{\psi^2}{1-\psi}$ variando A desde 0,5 a 0, cuando ψ varía desde cero a uno, es decir que siempre es menor que la expresión $\frac{K+1}{2K}$ que oscila entre 1-0,5 para los valores extremos de K entre 1 y ∞.

3.5.8.2 Llegadas Erlang. Servicios Poisson

En estos casos hay que determinar previamente la ley de llegadas y el valor de K así como que efectivamente el servicio se ajusta a la ley de Poisson.

En estudios y libros especializados se encuentran soluciones matemáticas para los diferentes casos de llegadas con valores K = 1.2. .....

Con los valores anteriores, se obtiene como valor del tiempo medio de espera.

$$\bar{W} = \frac{1 + \psi\mu_0}{\lambda\mu_0}$$

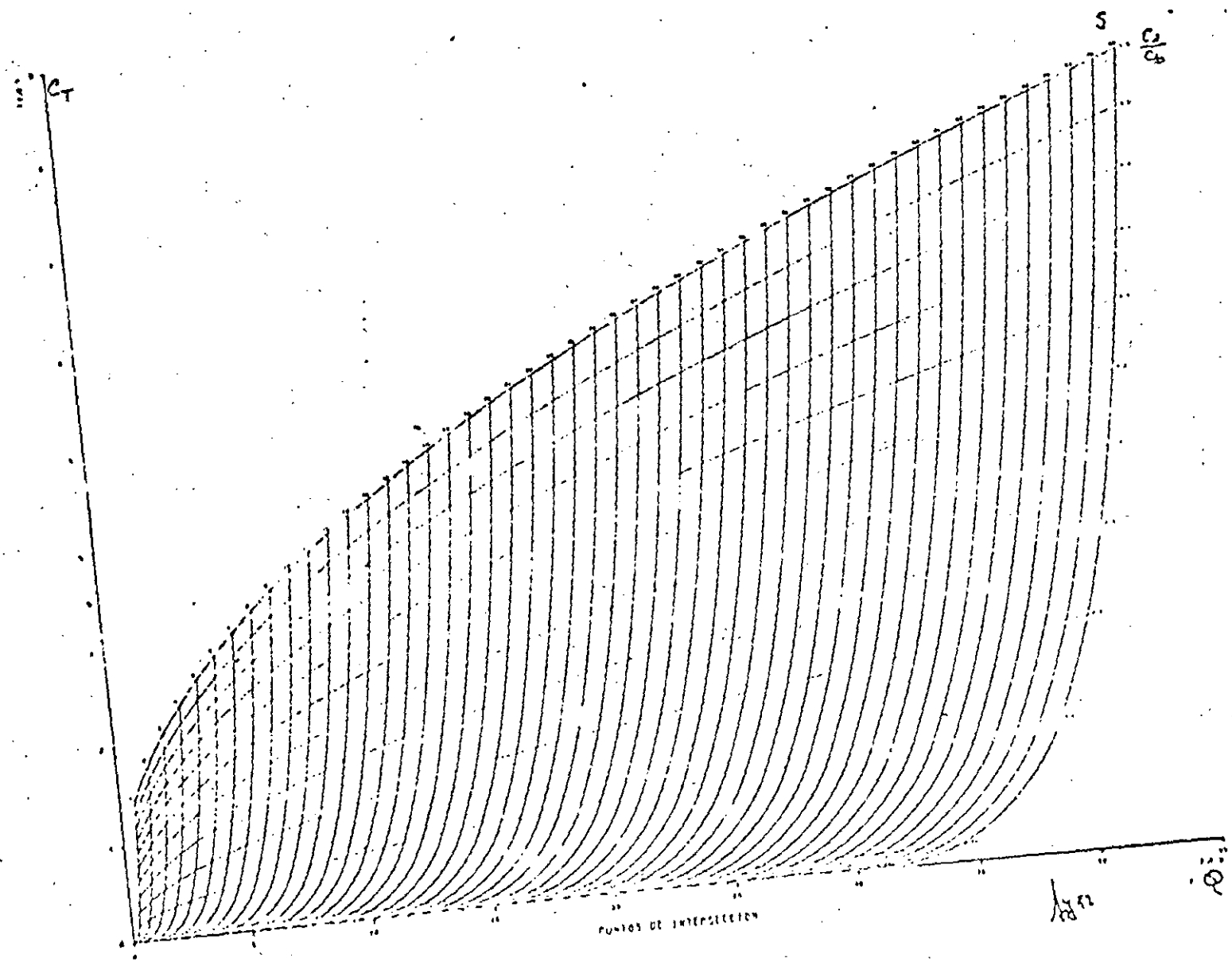
siendo μ_0 la única raiz negativa de la ecuación en μ : $\frac{1}{1+\psi\mu} = \left(1-\frac{\mu}{K}\right)^K$

Para K=1, las llegadas son Poisson y el resultado es el del caso general.

Para K=2.3... se obtendrán los valores de las ecuaciones resultantes.

Para K=∞ estariamos en el caso de llegadas constantes.

Resolviendo los diferentes casos se puede ver que para un mismo coeficiente de ocupación del atraque, las esperas del barco disminuyen grandemente cuando las llegadas se ajustan a una


C_T
S
$\frac{C_J}{C_D}$
Ω
Q
PUNTOS DE INTERSECCION

ley de llegadas con K creciente, lo que confirma lo que dice la experiencia, que la utilización del atracadero mejora al programar las llegadas lo más uniforme posible.

3.5.8.3. Otros casos

En los casos donde hay más de un atraque y las llegadas no cumplen con Poisson, o bien se introducen algunas circunstancias que modifican la disciplina de servicio, etc., las soluciones matemáticas o no existen o tienen una enorme complejidad que las hacen inaplicables prácticamente; en estos casos es preferible acudir a métodos de simulación aunque sea necesario introducir simplificaciones en las hipótesis.

3.5.9. Desarrollo del método

Para el uso del método analítico, la metodología seguida es la siguiente:

3.5.9.1. Caso general de una dársena con varios muelles y entradas con ley de Poisson y servicio exponencial.

1º. Estadísticas de entrada de barcos de acuerdo con los tiempos de llegada.

2º. Gráfica de llegadas y equiparación con las curvas de Poisson, Erlang, etc.

3º. Test X^2 de Pearson y comprobación de la bondad de su ajuste y determinación de la ley.

4º. Tasa media de llegadas.

5º. Estadísticas de estadías.

6º. Determinación de la curva de estadías y ajustes a leyes exponenciales, Erlang, etc.

7º. Tiempo de servicio μ

8º. Determinación de los tiempos de espera y de muelles vacantes de acuerdo con las expresiones correspondientes al sistema estudiado y leyes de llegada y servicio.

9º. Cálculo del costo y tasa del barco y del atraque por unidad de tiempo; deberá utilizarse un barco medio correspondiente al tipo de tráfico de la instalación.

10º. Construcción de la gráfica Tráfico/Costos en función del número de muelles.

11º. Gráficas θ, $\frac{C_t}{Q}$ en función de la ocupación del muelle y

del coste unitario de la operación, lo que permite deducir la operación que da el óptimo económico de costes totales mínimos.

12°. Determinación del número de atraques necesarios en función del tráfico probable.

3.5.9.2. Otros casos

En el caso de que se trate de sistemas con leyes distintas, a partir del punto octavo habrá que determinar (si es posible - encontrar la fórmula apropiada) el valor de las estadías en función de la ocupación resultante, y después valorar costes de estadías, de la instalación y rendimiento anual de la misma.

3.5.10. Análisis y comentarios

Un breve análisis del método antes expuesto permite hacer algunas puntualizaciones que son convenientes para determinar su campo de aplicación y grado de confianza de sus resultados. Las observaciones más importantes son:

a) En relación con las leyes de llegadas, se encuentra que se ajustan mejor a la distribución de Poisson conforme es mayor el número de barcos; pero teniendo en cuenta que al entrar en el puerto se distribuyen por las diferentes dársenas según el tipo de tráfico, tendremos que en cada dársena (línea con estaciones) ya es mucho menor el número de barcos y los ajustes a las distribuciones teóricas no son buenos. Esto se ve agravado por el hecho de que al aumentar el tamaño del barco disminuye el número de llegadas.

   Por otro lado se supone que los atraques son iguales para todos los barcos con iguales características, lo que supone una simplificación excesiva.

b) En relación con los tiempos de servicio se introducen simplificaciones derivadas de prescindir de demoras debidas a paros e interrupciones de descansos, mal tiempo, tramitaciones, --- etc., lo que hace que en la realidad se separe mucho la curva de distribución de la exponencial teórica con K = 1. En muchos muelles se encuentra, como hemos citado anteriormente, que son más adecuadas las distribuciones de Erlang con K = 2,3, ... e incluso 4 ó 6.

   En estos casos con más de un muelle, la fórmula analítica no es fácil de desarrollar y es imprescindible acudir a procedimientos de simulación.

c) En la determinación del valor del coeficiente θ de ocupación del atraque es donde suele estar uno de los puntos más debati

dos y subjetivos del problema.

Conforme aumenta el coeficiente $\theta = \frac{\psi}{100} = \frac{\lambda}{\mu} \cdot \frac{1}{100}$ aumenta el número de barcos en cola y por tanto la espera media y las esperas totales; puede verse en los gráficos que relacionan ocupación y esperas en el caso de varios atraques, en la fórmula que nos da el número de barcos en cola cuando hay servicio Erlang $N_c = \frac{K+1}{2K} \cdot \frac{\psi^2}{1+\psi}$ y el tiempo de espera medio $T_e = \frac{N_c}{\lambda}$; es decir que crecen con ψ y por tanto con θ.

Algunos especialistas operan a base de lograr una optimización económica del conjunto barco-instalación (veáse Nagao, Plumbee, Nicolau, Rodriguez Pérez, etc.), para lo que introducen la relación $\frac{C_B}{C_B + C_A}$, es decir coste del barco a coste del barco más coste de atraque, o bien directamente la relación $\frac{C_A}{C_B}$; Nagao llega en el caso de un muelle, llegadas de Poisson y servicio exponencial a la fórmula siguiente para determinar el grado óptimo de ocupación.

$$\rho = \frac{1}{1+\sqrt{\frac{\beta}{1-\beta}}}$$, donde ρ = grado de ocupación y $\beta = \frac{C_B}{C_B + C_A}$

puede verse que conforme β es mayor disminuye el valor de ρ, cosa lógica por el aumento de valor de la unidad de tiempo del barco.

Con un valor de $C_B = 10$ y $C_A = 1$ (caso de los atraques de los grandes petroleros.

$$\beta = \frac{10}{11} \simeq 0.9, \quad \rho = \frac{1}{1+\sqrt{\frac{0.9}{0.1}}} = \frac{1}{4} \simeq 25\%$$

si solo fuera

$$C_B = 3, \quad C_A = 1, \quad \beta = \frac{3}{4} = 0.75, \quad \rho = \frac{1}{1+\sqrt{\frac{0.75}{0.25}}} \simeq \frac{1}{2.7} \simeq 37\%$$

En el caso de que las llegadas sean Poisson, servicio Erlang, y S = 1, la fórmula es $\rho = \frac{1}{1+\sqrt{\frac{K+1}{2K}\left(\frac{\beta}{1-\beta}\right)}}$, pudiendo deducirse que conforme crece K, crece ρ, es decir mejora el coeficiente θ de utilización, cosa que ya habíamos comentado al indicar que las ocupaciones mejoran al poder igualar el tiempo de servicio de los barcos.

Si $S > 1$ hay que resolver una ecuación de grado S.

Estos factores de ocupación que dan el costo óptimo originan unos tiempos de espera del barco altos, pues en el primer caso considerado, de un muelle y $\theta = 25\%$, la relación $\frac{T_{eb}}{T_a} > 0,30$ y en el caso de $\theta = 37\%$ $\frac{T_{eb}}{T_{ab}} > 0,50$ que pueden considerarse excesivas.

d) Otros autores prefieren dimensionar los muelles de forma que la relación $\frac{T_e}{T_a}$ no exceda de un valor dado; hay dos casos donde por la característica del tráfico, o por las del servicio del puerto, o simplemente por la fama de la rapidez y bondad del servicio prestado, en los que no se desea que el barco espere mucho tiempo y para ello se fija una cifra máxima para la relación del tiempo medio de espera del barco al tiempo medio de servicio, es decir $\frac{T_e}{T_a} < \omega$. Se puede ver que para $\frac{T_e}{T_a} = 0,1$ la congestión en función del nº S de muelles será:

$$S = 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7$$
$$\theta(\%) = 10 - 30 - 40 - 52 - 58 - 63 - 70$$

La ocupación del muelle aumenta grandemente con el número de atraques y el resultado difiere grandemente del caso anterior.

En el caso general, de las curvas que relacionan $\frac{T_e}{T_a}$ y θ puede obtenerse que para un muelle S = 1, y θ, los valores de $\frac{T_e}{T_a}$ y θ:

$$\frac{T_e}{T_a} = 0,10 - 0,25 - 0,42 - 0,68 - 1,00 - 1,50 - 2,3$$

$$\theta(\%) = 10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70$$

Estos valores de espera no son apropiados en ciertos casos, y la solución estará en trabajar con un coeficiente de menor utilización aunque no dé el resultado óptimo económico.

Con una distribución $K = \infty$, las relaciones anteriores serían.

$$\frac{T_b}{T_a} \quad (K = \infty) \; 0,8 - 0,10 - 0,20 - 0,32 - 0,50 - 0,72 - 1,10$$

$$\theta\,(\%) - 10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70$$

es decir bastante menores que en el caso K = 1, de acuerdo con la mejora de la explotación en el caso de uniformarse el tiempo de servicio.

En el cuadro adjunto, aparecen las relaciones $\frac{T_e}{T_a}$ en función de la ocupación de muelles θ y del nº de muelles S.

e) Si se representan las curvas θ, $\frac{C_s}{S}$ en función de S, puede observarse que el costo unitario mejora grandemente con el aumento

Cuadro: Relación entre el tiempo de espera y el tiempo de servicio

NUMERO DE PUESTOS DE ATRAQUE

TASA DE ATENCIÓN DE LOS PUESTOS DE ATRAQUE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
0,050	0,053	0,003	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,050
0,100	0,111	0,010	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,100
0,150	0,176	0,023	0,004	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,150
0,200	0,250	0,042	0,010	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0	0,200
0,250	0,333	0,067	0,020	0,007	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250
0,300	0,429	0,099	0,033	0,013	0,006	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,300
0,350	0,538	0,140	0,053	0,023	0,011	0,006	0,003	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,350
0,400	0,667	0,190	0,078	0,038	0,020	0,011	0,006	0,004	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,400
0,450	0,818	0,254	0,113	0,058	0,033	0,020	0,012	0,008	0,005	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,450
0,500	1,000	0,333	0,158	0,087	0,052	0,033	0,022	0,015	0,010	0,007	0,005	0,004	0,003	0,002	0,002	0,500
0,550	1,222	0,434	0,217	0,126	0,079	0,053	0,037	0,026	0,019	0,014	0,010	0,008	0,006	0,005	0,004	[illegible]
0,575	1,353	0,494	0,254	0,151	0,097	0,066	0,047	0,034	0,025	0,019	0,014	0,011	0,009	0,007	0,005	[illegible]
0,600	1,500	0,562	0,296	0,179	0,118	0,082	0,059	0,044	0,033	0,025	0,020	0,016	0,012	0,010	[illegible]	0,[illegible]
0,625	1,667	0,641	0,344	0,213	0,143	0,101	0,074	0,056	0,043	0,034	0,027	0,021	0,017	0,014	0,012	0,[illegible]
0,650	1,857	0,732	0,401	0,253	0,173	0,124	0,093	0,071	0,055	0,044	0,035	0,029	0,024	0,020	0,016	0,[illegible]
0,675	2,077	0,837	0,468	0,3[illegible]	0,209	0,152	0,115	0,090	0,071	0,057	0,047	0,038	0,032	0,027	0,023	0,[illegible]
0,700	2,333	0,961	0,547	0,357	0,252	0,187	0,143	0,113	0,091	0,074	0,061	0,051	0,043	0,037	0,031	0,[illegible]
0,725	2,636	1,108	0,642	0,426	0,305	0,229	0,178	0,142	0,115	0,095	0,080	0,067	0,058	0,049	0,041	0,[illegible]
0,750	3,000	1,286	0,757	0,509	0,369	0,281	0,221	0,176	0,147	0,123	0,104	0,089	0,076	0,066	0,057	0,75
0,775	3,444	1,504	0,899	0,614	0,451	0,347	0,276	0,225	0,187	0,158	0,135	0,117	0,102	0,089	0,079	0,[illegible]
0,800	4,000	1,778	1,079	0,746	0,554	0,431	0,347	0,286	0,240	0,205	0,176	0,154	0,135	0,119	0,106	0,[illegible]
0,825	4,714	2,131	1,311	0,917	0,689	0,543	0,441	0,367	0,311	0,267	0,232	0,204	0,181	0,161	0,145	0,[illegible]
0,850	5,667	2,604	1,625	1,149	0,873	0,693	0,569	0,477	0,408	0,353	0,310	0,274	0,245	0,220	0,199	0,[illegible]
0,875	7,000	3,267	2,062	1,476	1,132	0,908	0,751	0,635	0,547	0,478	0,422	0,376	0,338	0,306	0,278	0,[illegible]
0,900	9,000	4,263	2,724	1,990	1,525	1,224	1,028	0,887	0,761	0,669	0,594	0,533	0,482	0,439	0,402	0,[illegible]
0,925	12,333	5,926	3,829	2,796	2,165	1,782	1,497	1,285	1,122	0,993	0,888	0,802	0,729	0,668	0,614	0,925
0,950	19,000	9,256	6,047	4,457	3,511	2,885	2,441	2,110	1,855	1,651	1,486	1,348	1,233	1,134	1,049	0,[illegible]
0,975	38,999	19,252	12,788	9,451	7,504	6,211	5,291	4,602	4,064	3,642	3,295	3,006	2,762	2,553	2,373	0,[illegible]

Fuente: Cálculos efectuados por la secretaría de la UNCTAD según la fórmula de la teoría de las colas (distribución de Poisson para las llegadas de buques y distribución exponencial para los tiempos de servicio). Se supuso que los puestos de atraque se ocupaban por orden riguroso de llegada de los buques.

de instalaciones y tonelaje; las curvas deducidas del ejemplo donde se ha supuesto que el valor del tiempo unitario del -- terminal es de 2.000 y el del barco 17.400, es decir que la relación $\frac{C_{ut}}{C_{ub}} \simeq 0,15$, los valores de θ y los correspondientes de $\frac{T_{eb}}{T_{ea}}$ (sabiendo que $Q = T.S.R.\theta$, es decir $\theta = \frac{Q}{T \times S \times R}$).

S =	1	2	3	4	5	6	7
θ(%) =	32	42	45	51	55	58	61
$\frac{Teb}{Ta}$ =	0,44	0,22	0,14	0,09	0,08	0,07	0,04

y los valores donde se cortan las curvas es precisamente el punto de coste unitario mínimo.

Comparando este resultado con el que obtenido para el caso de $\frac{Teb}{Tea} = 0,1$, se puede ver que conforme aumenta el número de muelles disminuyen las estadías y a partir de un número de S - grande (en este caso S $\geq$ 4) prácticamente las demoras son inferiores a las que se obtienen a base de obtener el óptimo -- económico.

f) Como resumen de lo anteriormente expuesto se pueden sacar entre otras las siguientes conclusiones:

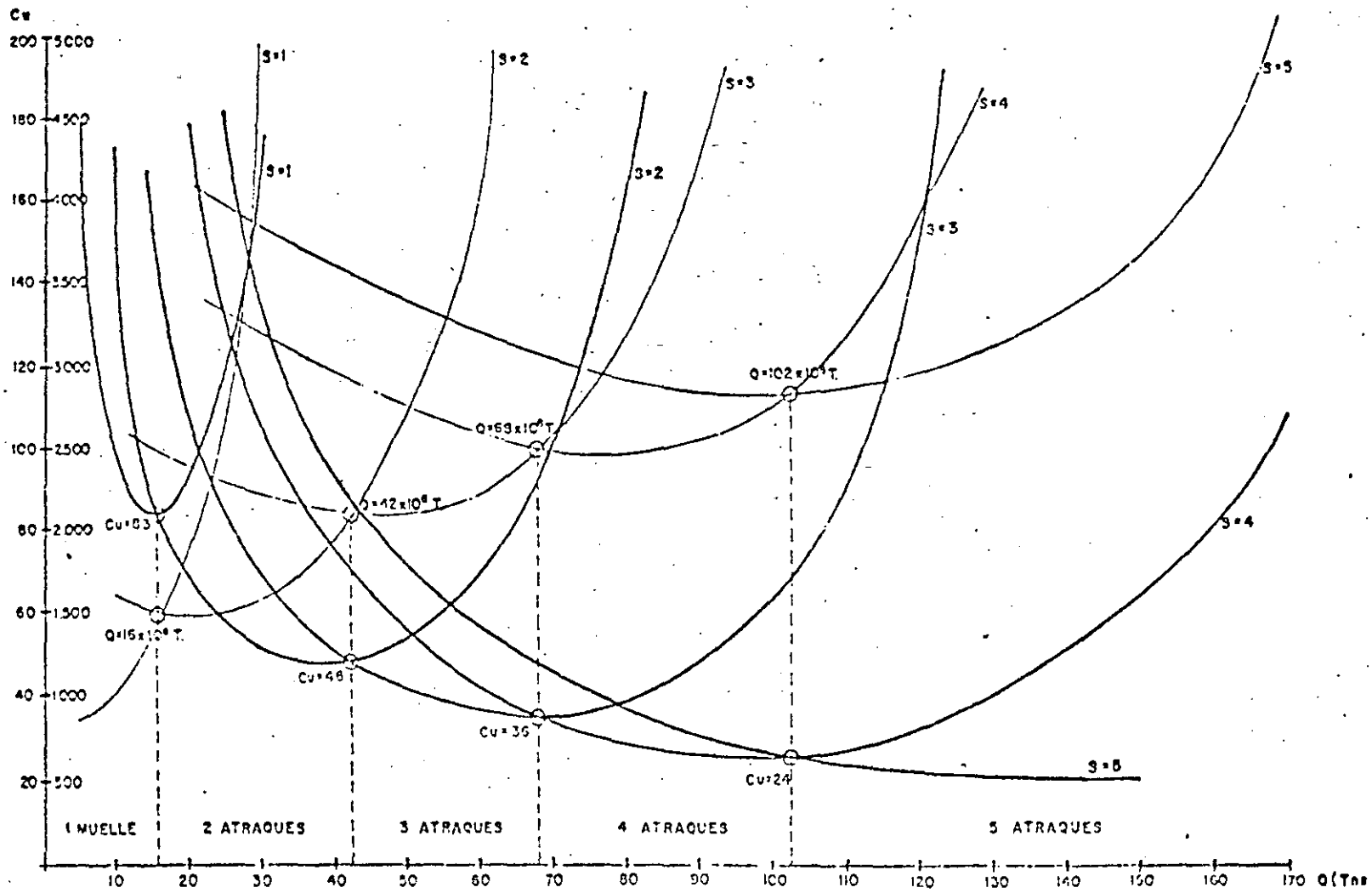
- Las diferencias que pueden obtenerse por adoptar leyes de - llegada y servicio que no reflejan la realidad, hace necesario que préviamente a toda decisión, deba analizarse a fondo este aspecto y tratar de encontrar las estadísticas más seguras. En cualquier caso deben tomarse hipótesis medias, nunca optimistas, para que pueda absorberse cualquier anormalidad o diferencia entre lo supuesto y lo que ocurre.

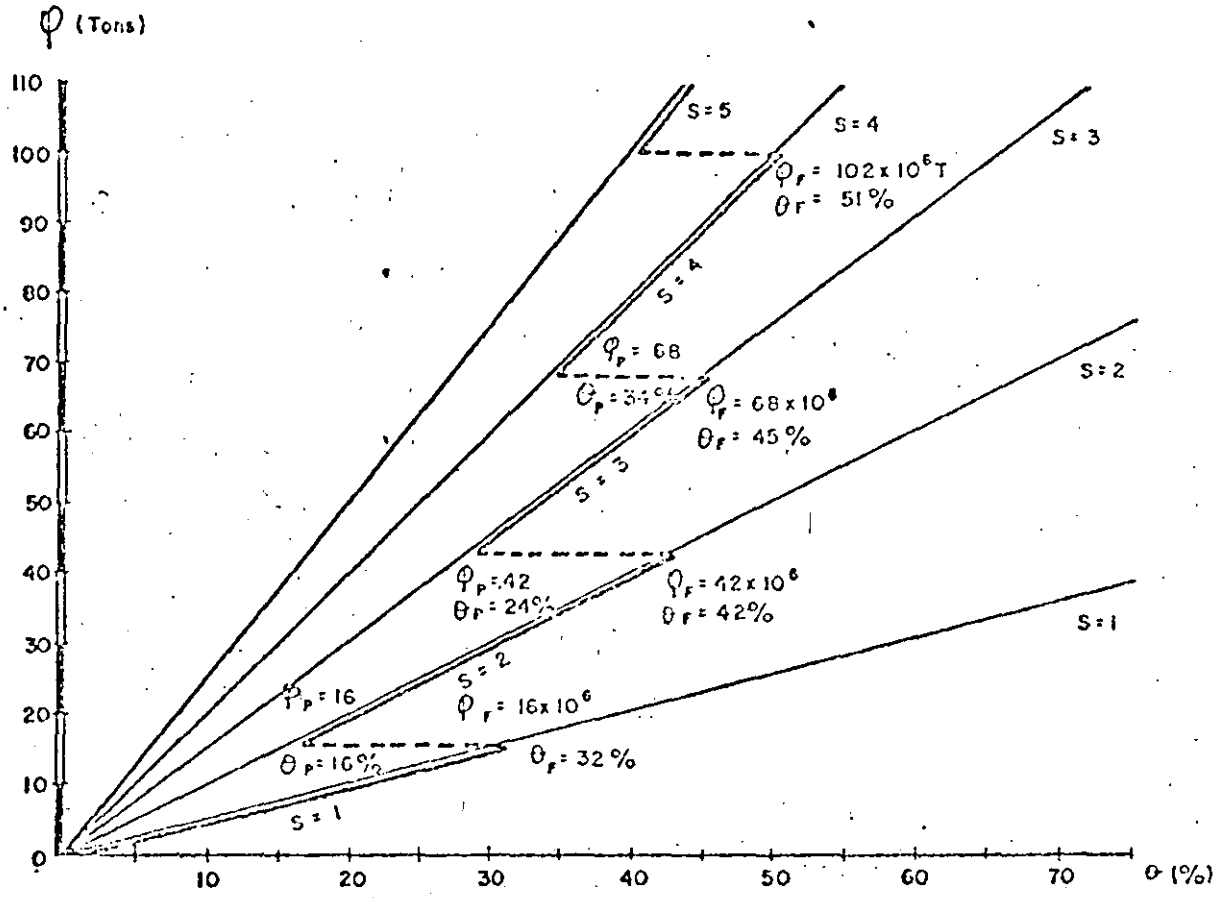
- Conforme aumenta el número de atraques, -de iguales características para igual tráfico- mejora la ocupación y el rendimiento de un puerto, es decir, conforme mayor es el puerto (para un tráfico homogéneo) mejor es su explotación.

- No conviene aumentar grandemente el coeficiente de ocupación de los muelles θ, pues si por cualquier causa se producen alteraciones en la llegada de barcos ó aumento del - tiempo de servicio a los barcos, etc., como $\theta = \lambda \cdot T_b \cdot S$ si aumenta Tb (tiempo medio), aumentaría C, y aumentaría - grandemente el coste unitario de la operación.

- Es mejor aumentar un puerto, que construir otro similar independientemente (en el caso, claro está, de que fueran semejantes las condiciones de transportes terrestres, etc.). Es decir, es mejor un puerto de 6 atraques que dos indepen-

S	θ%	5	10	15	20	25	30
1		170,14	95,18	83,56	94,09	123,19	161,56
2		10	20	30	40	50	60
		159,60	75,15	51,92	47,69	53,58	68,76
3		15	30	45	60	75	90
		159,60	73,04	45,60	37,14	36,71	47,67
4		20	40	60	80	100	120
		159,60	70,93	43,48	30,81	,26,16	28,69
5		25	50	75	100	125	150
		159,60	70,93	41,37	28,70	24,06	22,36


Cu
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
S=1
S=2
S=3
S=4
S=5
Q=102x10³ T.
Q=69x10³ T.
Q=42x10³ T.
Q=16x10³ T.
Cu=83
Cu=48
Cu=36
Cu=24
1 MUELLE
2 ATRAQUES
3 ATRAQUES
4 ATRAQUES
5 ATRAQUES
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
Q(Tns


φ (Tons)
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
10
20
30
40
50
60
70
θ (%)
S = 5
S = 4
S = 3
S = 2
S = 1
φF = 102 x 10^6 T
θF = 51 %
φP = 68
θP = 34 %
φF = 68 x 10^6
θF = 45 %
φP = 42
θP = 24 %
φF = 42 x 10^6
θF = 42 %
φP = 16
θP = 10 %
φF = 16 x 10^6
θF = 32 %

dientes de tres atraques cada uno. Esta es una de las razones que abonan la concentración de grandes unidades de tráfico.

- Debe determinarse cual es el óptimo básico, es decir, que factor debe ser el prioritario en el proyecto, si el mínimo económico, si la calidad de servicio (esperas mínimas), inversiones mínimas, etc.

- Conforme se uniforman las llegadas de los barcos y el tiempo de servicio en muelle(o osea llegadas de Erlang N>1 y tiempo de servicio con Erlang N>1 y a ser posible K=∞), mejora la explotación.
- Finalmente, al estudiar el puerto debe analizarse a fondo el tráfico para separar por unidades los muelles de cada tipo.

Si se consideran iguales los muelles y luego no son aptos para un tráfico determinado, al disminuir S, empeorará notablemente la explotación y nos expondremos a tener estadías de barco y por tanto costos totales inadmisibles.

3.5.11 Aplicación del método. Ejemplo

Como resumen de lo anteriormente expuesto se acompaña un estudio para un terminal petrolero.

Se trata de una instalación portuaria que sirve a un puerto de trasbordo debiendo disponer de atraques para recepción de crudos y otros para posterior salida y distribución en barcos menores. El estudio ha sido realizado por C. López.

A. Modelo metemático del terminal

En el estudio que sigue se supone el terminal como sistema abierto en régimen permanente, integrado por un centro de espera o zona de fondeo y varios centros de servicio o puestos de atraque, diferenciados en dos tipos "standard": S_E puestos de atraque de entrada S_S puestos de atraque de salida.

Se supone que la distribución de llegadas de barcos sigue una Ley de Poisson y la de servicio una Ley exponencial.

El comportamiento del sistema se refleja en el modelo por medio de unas magnitudes características cuya definición es la siguiente:

- λ = número medio de buques que llegan al terminal por unidad de tiempo.

- μ = número medio de buques servidos por unidad de tiempo y por atraque.

- θ = porcentaje de ocupación por atraque.

- $\bar{W}$ = estadía media.

- $\bar{V}$ = número medio de buques de fondeadero.

El conocimiento de estas magnitudes para cada dimensión posible del terminal, permite determinar los tonelajes óptimos anuales de operación, las ocupaciones óptimas de los atraques y los costes mínimos de pérdidas originadas por estadías e inactividad de las instalaciones.

El proceso de cálculo se sistematiza de la siguiente manera:

1) Determinación de las estadías anuales

$$T_{eb} = \frac{\bar{W}}{\bar{V}} \cdot T \cdot \frac{\theta}{100} S$$

a partir de los ábacos se obtiene para cada S y cada θ un valor de T_{eb}.

2) Determinación de los días de inactividad anuales de los atraques.

$$T_{ea} = T\ S\ (1 - \frac{\theta}{100})$$

3) Determinación de los costes de pérdidas C aplicando a los tiempos anteriores los costes unitarios de estadía y de amortización de atraques.

4) Determinación de los tonelajes operados anualmente.

$$Q = T\ S\ \theta\ R$$

En definitiva se obtienen para cada S, pares de valores C-Q en función de θ, y se pueden definir los tonelajes óptimos económicamente de operación.

B. Atraques de entrada

Las hipótesis que se formula para realizar el dimensionamiento son las siguientes:

- Rendimiento de las instalaciones de transbordo 15.000 T/h.
- Porte medio de los VLCC 300,000 D.W.T.
- Tiempo medio de ocupación de atraques 2 días
- Coste atraque standard 8.000.000 $
- Coste del VLCC de 300,000 D.W.T. 39.000.000 $
- Período de utilización de las instalaciones marítimas 330 días.

Los costes globales anteriores del VLCC de 300.000 D.W.T. y del atraque standard producen los costes diarios siguientes:

V.L.C.C. 300.000 DWT — $ U.S.A.

Coste de construcción.....	39.000.000
Valor residual a deducir (2%)	780.000
Coste anual operacional	1.000.000
Coste diario de combustible en Puerto.	75

Período de amortización 15 años; tasa de interés 7%

- Anualidad de amortización

Capital a amortizar: 38,220.000.- $

$$\alpha = \frac{38{,}220{,}000 \cdot 0{,}07 \cdot (1+0{,}07)^{15}}{(1+0{,}07)^{15} - 1} = \frac{38{,}220.000 \cdot 0{,}07 \cdot 2{,}76}{1{,}76} =$$

$$= 4{,}200.000$$

- Coste anual: 4,200.000 + 1,000.000 = 5,200.000

- Coste diario: $\frac{5{,}200.000}{300} + 75 = 17{,}400$ $/día

Atraque standard

Coste de construcción ..... 8,000.000 $
Período de amortización: 15 años; tasa de interés 7%

- Anualidad de amortización

$$\alpha = \frac{8{,}000.000 \cdot 0{,}07 \cdot (1+0{,}07)^{15}}{(1+0{,}07)^{15}-1} = \frac{8{,}000.000 \cdot 0{,}07 \cdot 2{,}76}{1{,}76} =$$

$$= 880.000 \text{ \$}$$

$$= \text{Coste diario: } \frac{880.000}{330} = 2666 \text{ \$/día}$$

C. Atraques de salida

Las hipótesis que se formulan para realizar el dimensionamiento son las siguientes:

- Rendimiento de las instalaciones de transbordo: 6.000 T/H.
- Porte medio de los petroleros: 75.000 D.W.T.
- Tiempo medio de ocupación de atraques: 2 días
- Coste atraque standard: 3.000.000 $

Los costes globales anteriores producen los costes diarios siguientes:

Petrolero 75.000 D.W.T. — $ U.S.A.

Coste de construcción..... 9.000.000

Valor residual a deducir (2%)	180.000
Coste anual operacional	600.000
Coste diario de combustible en Puerto	40

Período de amortización: 15 años; tasa de interés: 7%

- Anualidad de amortización

Capital a amortizar: 8.820.000 $

$$\alpha = \frac{8.820.000 \cdot 0,07 \cdot 2,76}{1,76} = 970.000$$

- Coste anual

$$970.000 + 600.000 = 1.570.000$$

- Coste diario

$$\frac{1.570.000}{300} + 40 = 5.280 \text{ \$/día}$$

Atraque standard

Coste de construcción obra civil: 3.000.000 $

Periodo de amortización: 25 años; tasa de interés 10%

- Anualidad de amortización

$$\alpha = \frac{3.000.000 \cdot 0,1 \cdot 1,1^{25}}{1,1^{25}} = \frac{3.000.000 \cdot 0,1 \cdot 11}{11-1} = 330.000 \text{ \$}$$

- Coste diario: $\frac{330.000}{330} = 1.000$ $/día

Capacidad del terminal

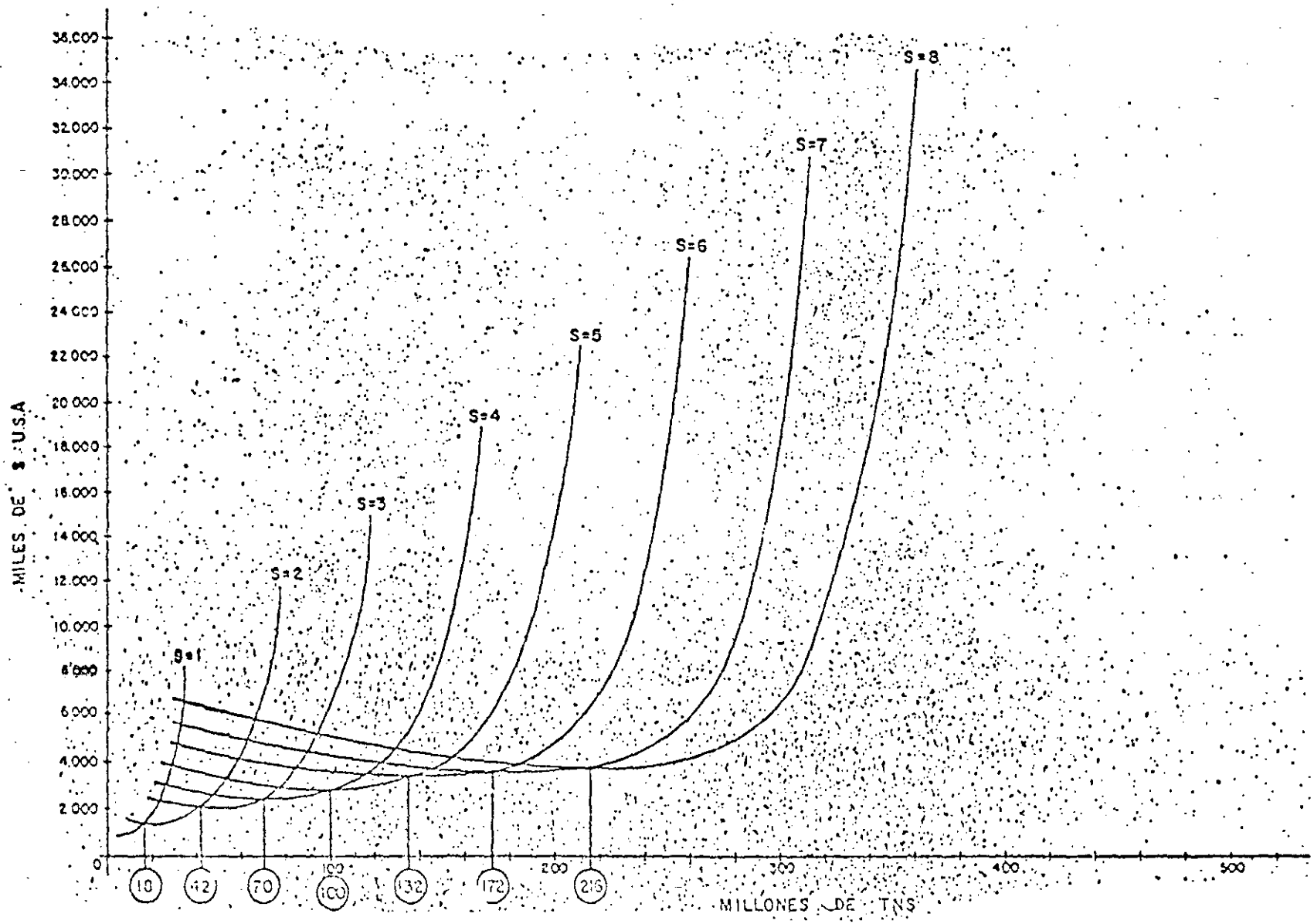
Como resumen del cálculo anterior, se representa en el gráfico el crecimiento del número de atraques del terminal en función del tráfico de productos.

S	O	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	Teo	297	264	231	198	165	132	99	66	33	0
	Teb	3	13,8	36	76,8	150	255,6	441	—	—	—
2	Teo	594	528	462	396	330	264	198	132	66	0
	Teb	0	4,8	18	48	102	194,4	378	816	—	—
3	Teo	891	792	693	594	495	396	297	198	99	0
	Teb	0	3,6	10,8	36	81	183,6	390,6	864	2430	—
4	Teo	1188	1056	924	792	660	528	396	264	132	0
	Teb	0	0	7,2	13,2	48	115,2	285,6	672	2268	—
5	Teo	1485	1320	1155	990	825	660	495	330	165	0
	Teb	0	0	0	12	45	90	273	720	2160	—
6	Teo	1782	1584	1386	1188	990	792	594	396	198	0
	Teb	0	0	0	0	36	86,4	226,8	604,8	2106	—
7	Teo	2079	1848	1617	1386	1155	924	693	462	231	0
	Teb	0	0	0	0	21	50,4	147	504	1701	—
8	Teo	2376	2112	1848	1584	1320	1056	792	528	264	0
	Teb	0	0	0	0	14	45	147	498	1693	—
9	Teo	2673	2376	2079	1782	1485	1188	891	594	297	0
	Teb	0	0	0	0	7	40	147	468	1685	—
10	Teo	2970	2640	2310	1980	1650	1320	990	660	330	0
	Teb	0	0	0	0	0	36	147	480	1675	—

S	O	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1.	Q	4,95	9,90	14,85	19,80	24,75	29,70	34,65	39,60	44,55	49,50
	C	842,22	942,36	1.240,86	1.863,00	3.049,00	4.798,56	7.935,74	—	—	—
2	Q	9,90	19,80	29,70	39,60	49,50	59,40	69,30	79,20	89,10	99,00
	C	1.580,04	1.488,00	1.542,12	1.888,56	2.602,80	4.084,80	7.103,88	14.549,52	—	—
3	Q	14,85	29,70	44,55	59,40	74,25	89,10	103,95	118,80	133,65	148,50
	C	2.370,06	2.159,33	2.031,30	2.206,44	2.775,10	4.249,00	7.556,46	15.560,28	42.245,34	—
4	Q	19,80	39,60	59,40	79,20	99,00	118,80	138,60	158,40	178,20	198,00
	C	3.160,08	2.808,96	2.583,12	2.440,80	2.530,80	3.408,96	6.022,80	12.395,04	39.814,32	—
5	Q	24,75	49,50	74,25	99,00	123,75	148,50	173,25	198,00	222,75	247,50
	C	3.950,10	3.511,20	3.072,30	2.642,20	2.977,50	3.321,60	6.056,90	13.405,65	35.022,90	—
6	Q	29,70	59,40	89,10	118,80	148,50	178,20	207,90	237,60	267,30	297,00
	C	4.740,12	4.213,44	3.686,76	3.160,08	3.259,80	3.610,08	5.526,36	11.576,88	37.171,08	—
7	Q	34,65	69,30	103,95	138,60	173,25	207,90	242,55	277,20	311,85	346,50
	C	5.530,14	4.953,66	4.301,22	3.686,76	3.437,70	3.334,80	4.401,18	9.598,52	30.211,86	—
8	Q	39,60	79,20	118,80	158,40	198,00	237,60	277,20	316,80	356,40	396,00
	C	6.320,16	5.617,92	4.915,68	4.213,44	3.794,80	3.591,36	4.084,52	10.034,88	30.100,44	—
9	Q	44,55	89,10	133,65	178,20	222,75	267,30	311,85	356,40	400,95	445,50
	C	7.110,18	6.320,16	5.529,14	4.740,12	4.071,90	3.853,02	4.527,66	10.071,24	30.100,02	—
10	Q	49,50	99,00	148,50	198,00	247,50	297,00	346,50	396,00	445,50	495,00
	C	7.900,20	7.022,40	6.144,60	5.266,80	4.389,00	4.137,60	5.191,20	10.107,60	30.022,80	—

$$Q = T\,S\,\Theta \times R = 49{,}5 . S . \Theta . 10^6 \text{ Tn.}$$

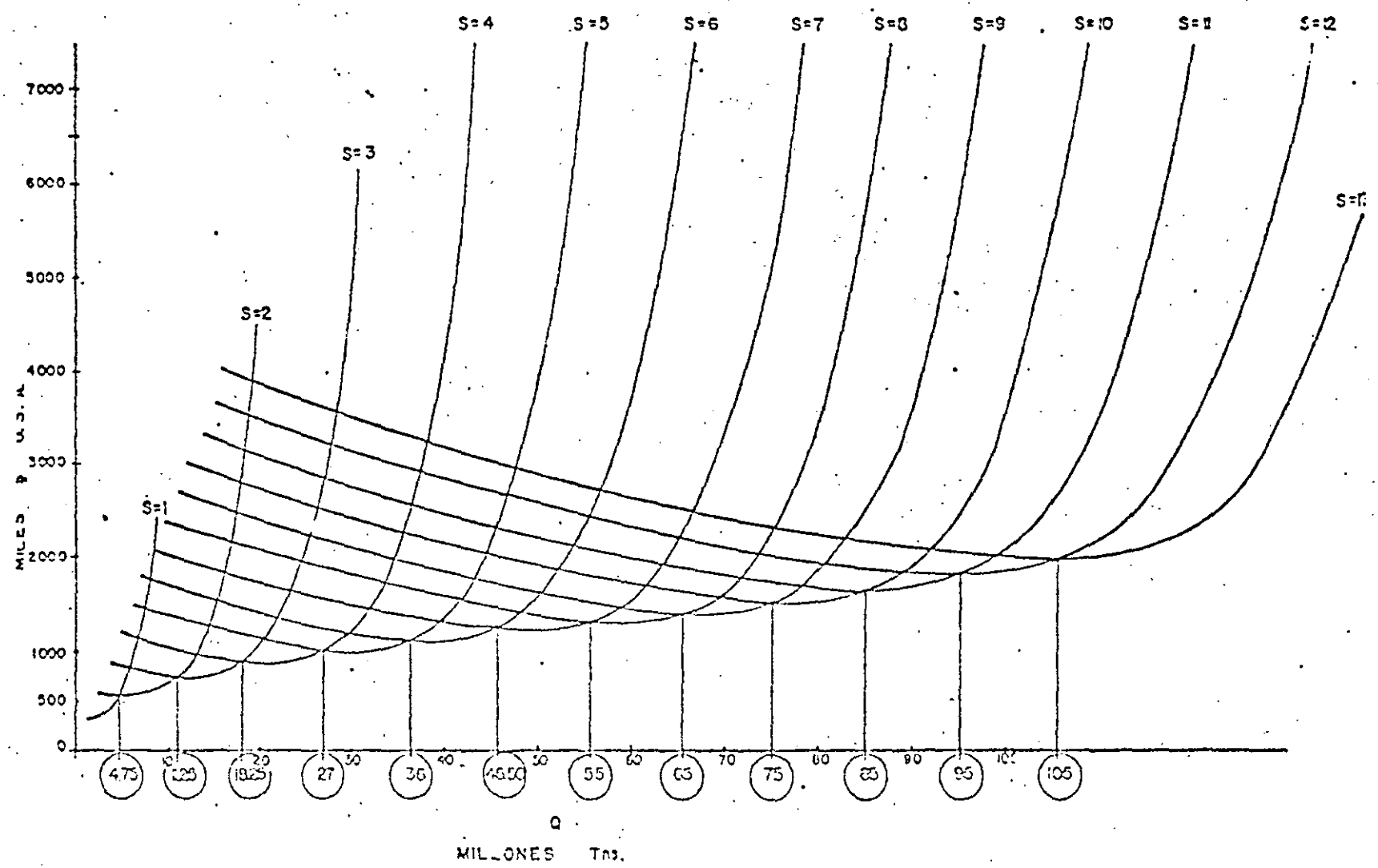
$$C = Ca\ Tea + Cb\ Tab = (2{,}660\ Tea + 17{,}400\ Teb) \times 10^3\ \$$$

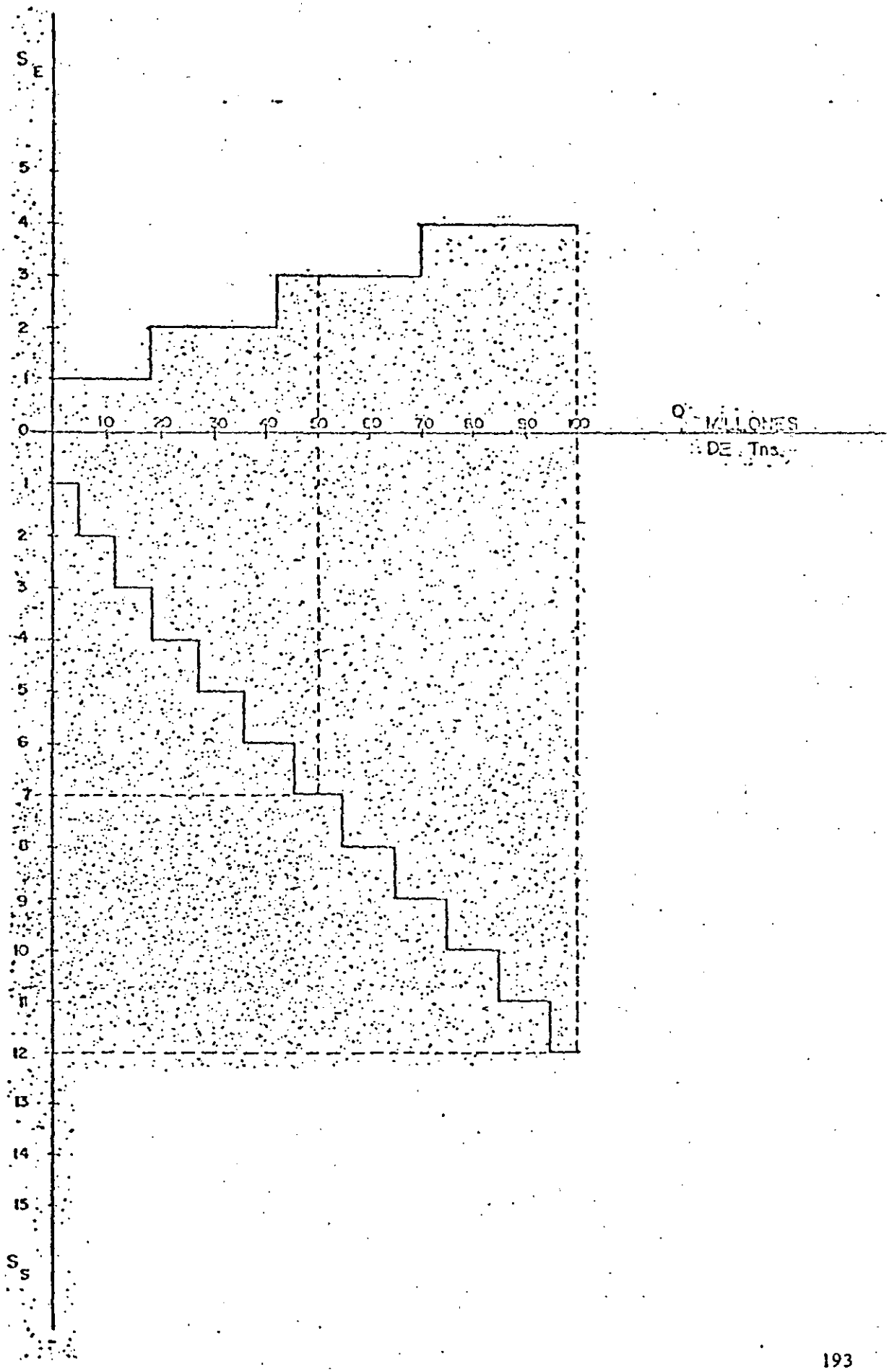

MILES DE $ U.S.A
36.000
34.000
32.000
30.000
28.000
26.000
24.000
22.000
20.000
18.000
16.000
14.000
12.000
10.000
8.000
6.000
4.000
2.000
0
S=1
S=2
S=3
S=4
S=5
S=6
S=7
S=8
100
200
300
400
500
18
42
70
100
132
172
216
MILLONES DE TNS

S	θ	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	Q	1,24	2,48	3,71	4,95	6,19	7,43	8,66	9,90	11,14	12,38
	C	312,84	336,06	421,08	603,5	957	1481,57	2427,48	—	—	—
2	Q	2,48	4,96	7,42	9,90	12,38	14,86	17,32	19,80	22,28	24,76
	C	594,	553,36	557,04	649,44	868,56	1290,43	2133,84	4440,48	—	—
3	Q	3,72	7,44	11,13	14,85	18,57	22,29	25,98	29,70	33,42	37,14
	C	891	811,01	750,02	704,06	922,69	1365,41	2359,79	4759,92	12.929,40	—
4	Q	4,96	9,92	14,64	19,80	24,76	29,72	34,64	39,60	44,56	49,52
	C	1 188	1.056	962,02	893,39	913,44	1 136,26	1 503,97	3 812,16	12 107,04	—
5	Q	6,20	12,40	18,55	24,75	30,95	37,15	43,30	49,50	55,70	61,90
	C	1.485	1.320	1 195	1 053,36	1 092,6	1 135,2	1 936,44	4 131,6	11 559,00	—
6	Q	7,44	14,88	22,26	29,70	37,14	44,58	51,96	59,40	66,84	74,28
	C	1.782	1.584	1 386	1 188	1 180,08	1 248,19	1.791,5	3 589,34	11.517,69	—
7	Q	8,68	17,30	25,9[illegible]	34,65	43,33	52,01	60,62	69,30	77,98	86,66
	C	2 079	1.848	1.617	[illegible]	265,88	1 190,11	1.469,16	3 123,12	9.212,28	—
8	Q	9,92	19,84	29,68	39,60	49,52	59,44	69,28	79,20	89,12	99,04
	C	2.376	2.112	1 848	1 584	1 392,92	1.293,6	1.568,16	3.146,88	9.202,04	—
9	Q	11,16	22,32	33,39	44,55	55,71	66,87	77,94	89,10	100,26	111,42
	C	2 673	2.376	2 079	1 782	1571,96	1 390,7	1.657,16	3 170,54	9 193,8	—
10	Q	12,40	24,80	37,10	49,50	61,90	74,30	86,60	99,00	111,40	123,80
	C	2 970,	2 640,	2 310	1 980	1 650	1 510,08	1 766,16	3.194,4	9.174	—

$$Q = T\,S\,\theta \times R = 12{,}375\,.\,S\,.\,\theta\,.\,10^{6}\ \text{Tn}$$

$$C = Ca\ Tca + Cb\ Tcb = (\,1{,}000\ Tca + 5{,}280\ Tcb\,) \times 10^{3}\ \$$$


S=1
S=2
S=3
S=4
S=5
S=6
S=7
S=8
S=9
S=10
S=11
S=12
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
500
0
MILES P. U.S.A.
4.75
10
12.25
19.25
20
27
30
36
40
45.50
50
55
60
65
70
75
80
85
90
95
100
105
Q
MILLONES Tns.


S E
5
4
3
2
1
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Q MILLONES DE Tns.
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
S S

3.6. METODOS DE SIMULACION

3.6.1. El sistema portuario y su análisis

El conjunto del puerto forma un complicadísimo sistema operacional cuya complejidad solo es comparable a la de los sistemas industriales o de transportes más desarrollados e importantes que puedan concebirse.

Este "sistema" está formado por una serie de "subsistemas" dependientes entre sí que se influyen mutuamente de forma que cualquier alteración en el ritmo o método de trabajo de uno de ellos afecta a los demás en sus rendimientos y resultados y por consecuencia en el desarrollo global de la actividad portuaria.

Estos "subsistemas" los integran las diferentes operaciones que deben realizar sucesivamente el barco, la instalación de transbordo y el transporte terrestre para permitir el paso de la mercancía a través del puerto en su camino a lo largo de la cadena del transporte, formando por tanto, como parte de los mismos toda la serie diferenciada de movimientos o fases por las que pasan los usuarios, es decir, prácticos, remolcadores, atraques, operaciones de carga y descarga, almacenamiento, etc.

El buen funcionamiento del puerto exige que todos sus elementos o subsistemas trabajen a un ritmo y rendimiento adecuado y por tanto deben estar dimensionados equilibradamente, pues sabemos sobradamente que la capacidad del puerto será la del elemento de menos potencia y si alguno de ellos falla hará que se pierda capacidad de los restantes elementos con la consiguiente repercusión económica.

Pero la capacidad de cada "subsistema" o fase operativa depende de una multitud de factores cuya actuación se superpone y que es difícil de separar para tratar de conocer donde puede residir la causa del mal funcionamiento o escaso rendimiento. Entre otros factores pueden señalarse por ejemplo los debidos a causas humanas tales como escasez de personal o falta de preparación del mismo; o mal organización de las operaciones; o un equipo insuficiente o anticuado; o un mal dimensionamiento de la instalación en conjunto o en alguna de sus partes, etc. etc.

Sería conveniente por tanto conocer en primer lugar cual es el "subsistema" o elemento que falla en el conjunto y después analizar el causante de la anormalidad para determinar cual es la causa o las causas que pueden originar su fallo y remediarlo.

A veces no se trata de que el conjunto portuario funcione mal, sino que se desea mejorar sus resultados o aumentar su capacidad, etc. y para ello es indispensable conocer qué puntos son sobre los que hay que actuar y qué consecuencias tendrán las mo-

dificaciones propuestas; otras veces la pregunta será sobre la situación futura del puerto al evolucionar el tráfico a lo largo de los años y cuando sería necesario disponer de nuevas instalaciones para hacer frente a la demanda en las condiciones "óptimas" que previamente se determinen.

Pero por la complejidad del puerto se comprende la dificultad de realizar ésto disponiendo únicamente de los métodos empíricos donde cada modificacion de medios, subsistemas o componentes de los mismos, supondría unas largas y pesadas composiciones de situaciones de la actividad portuaria y en total un número tan grande que haría el empeño prácticamente imposible.

Claro está que un especialista portuario puede reducir considerablemente este trabajo, ya que de antemano, con sus conocimientos y experiencias sabe en muchos casos cual es la solución más apropiada para un "subsistema", y por otro lado, varias de las posibles alternativas tienen elementos comunes que pueden dejar de ser tomados en consideración en las comparaciones.

Pero no obstante debe reconocerse que el método empírico es demasiado simplista, y aun podríamos llamar rudimentario y sobre todo puede dar origen a graves errores sobre todo cuando intervienen factores dinámicos o aleatorios.

Tampoco es suficiente el método analítico pues se limita al análisis de partes del puerto consideradas independientemente y no es aplicable prácticamente cuando el número de muelles es mayor de uno o dos y las leyes de llegadas y servicios no son simples.

Por eso, si se pudiera disponer de un medio operativo que permitiera crear una imagen rápida del conjunto y la variación de los diferentes sistemas por variar los factores que influeyen en ellos se tendría un arma eficacísima para la planificación y dimensionamiento.

La estructura del puerto formada por una serie de subsistemas operacionales, los métodos de análisis de sistemas y la ayuda de los ordenadores electrónicos permiten desarrollar un método que suministre rapidamente la imagen de la situación del puerto para un tráfico dado y unas instalaciones, métodos de operaciones y condiciones de trabajo previamente señalados. Es decir que teóricamente se puede reproducir el desarrollo de la actividad portuaria para diferentes esquemas y dimensiones de instalaciones, con rendimientos, costos, tiempos, etc., variables a voluntad y en diferentes fechas o sea con evolución del tráfico previsto y comparar los resultados entre ellos, o sea, elementos necesarios y su costo, espera, congestiones o exceso de capacidad, para deducir el más conveniente y lo que es casi más impor-

tante, que resultado se obtiene al variar los elementos de uno de los subsistemas contemplándolo no sólo en el resultado para el subsistema considerado, sino sobre el conjunto del puerto, con lo que en resumen se puede conocer el "óptimo" de acuerdo con las bases de comparación establecidas.

En resumen: Estos métodos se basan en establecer un modelo matemático que represente la actividad portuaria en su conjunto con unas normas de funcionamiento, al que se le suministran una serie de datos y con la ayuda de una computadora ir obteniendo los resultados de las distintas fases y las acciones de unas sobre otras al modificar su estado; el ordenador va realizando la operación desde el principio hasta el fin representando los resultados durante un tiempo determinado; al variar sucesivamente los diferentes datos y factores, se obtendrán los resultados correspondientes para el período de tiempo fijado.

Estas técnicas se llaman de "simulación" y sencillamente en síntesis es la aplicación de la técnica de ordenadores a los métodos empíricos, ya que el modelo previo ha de establecerse de acuerdo con el esquema y los datos diversos han de suministrarse por la experiencia o conocimiento del proyectista.

Lo que supone el cambio "absoluto" es el poder representar miles de variaciones de los diferentes factores que intervienen durante períodos de tiempo largo de simulación en unas pocas horas.

Este método tiene aplicaciones diversas muy importantes para el proyectista y al mismo tiempo presenta limitaciones y errores que pueden ocasionar resultados inaceptables. Es indispensable conocer hasta que punto es útil este sistema, advirtiendo que a pesar de los aspectos negativos que actualmente pueda presentar, es el método del futuro y que gran parte de los errores o limitaciones se superarán con un mayor conocimiento de la realidad y con un perfeccionamiento del modelo. A continuación se exponen los puntos más importantes de este método sin entrar a fondo, ya que en realidad pertenece al campo de la informática; el portuario lo que tiene que hacer es dar los datos básicos para alimentar el modelo, asi como corroborar que los resultados de comprobación del modelo se ajustan a la realidad.

3.6.2. El proceso de simulación

El modelo del puerto será la representación del esquema operativo que existe en la realidad; cada actividad o subsistema estará representada por una ecuación y los diferentes factores que intervienen mediante variables.

Por la complejidad del puerto sería prácticamente imposible crear un modelo donde interviniesen todos los factores que pueden tomar parte en las operaciones por lo que debe acudirse a simplificaciones eliminando aquellos aspectos menos importantes y concentrarse en los aspectos fundamentales, dejando para programas más reducidos los problemas de detalle que pueden afectar a una parte concreta de la actividad portuaria. El proceso a seguir para realizar la simulación del puerto puede esquematizarse como sigue:

a) Definición del problema

b) Datos básicos del tráfico

c) Elaboración del modelo

d) Elaboración del programa del ordenador

e) Comprobación de la validez del modelo y ejecución de la similar

f) Información de salida

El proceso de simulación es muy complicado y sometido a errores por lo que es básico que sea comprobado rigurosamente, aunque una vez ajustados sus resultados su aplicación es automática sin necesidad de nuevos ajustes o comprobaciones.

a) Definición del problema

En primer lugar hay que determinar las condiciones existentes y los objetivos que se desean obtener, asi como la posible existencia de determinantes especiales en las operaciones (por ejemplo disminución de estadias, limitaciones de inversiones, posibilidad de modificación o no de normativas, etc.) y en resumen plantear el motivo y fin de la simulación.

b) Datos básicos del tráfico

Es uno de los puntos fundamentales del proceso: por facilidad y simplificación se separa del programa básico formando programas "satélites". Hay que disponer de datos actuales, previsiones y en consecuencia el posible tráfico en los diferentes períodos.

Los programas satélites o "subprogramas" empleados en el programas de la UNCTAD son los siguientes:

b_1) Programa de acumulación de datos: Son los datos relativos a las frecuencias y tipos de buques y cargas del trafico actual clasificándolos de acuerdo con sus posibles variaciones; confecciona los llamados FRELIS o listado de llegadas de barcos con sus características y circunstancias.

b_2) Programa de previsiones: Tiene como misión el tener en cuenta las variaciones que el futuro introducirá en los FRELIS, tanto debido a la evolución del trafico como a los cambios tecnologicos, etc.

b_3) Programa de generación de tráfico: Proporciona o genera la estructura del tráfico que debe ser simulada, mediante un muestreo aleatorio de los FRELIS en las condiciones actuales o en las fururas. Será la informacion del tráfico de entrada que se le suministra al ordenador para que realice la simulación de acuerdo con el modelo base.

c) Elaboración del modelo o esquema de funcionamiento

Aunque la misión de los puertos es identica en todos, sin embargo cada uno tiene unas caracteristicas propias que las diferencian en cierto grado entre si.

El modelo de simulación representará las operaciones básicas y las diferentes variables que pueden intervenir y habrá que aplicarlo a las características y condiciones especificas de cada puerto. Por ejemplo, habrá puertos con una larga ria y barra y zonas de fondeadero y otros donde la entrada del mar a muelle es directa; puertos donde se necesitan remolcadores y otros no; etc.; en los casos más sencillos el subsistema consiguiente no existirá produciéndose directamente el paso de una fase a la siguiente.

El esquema del puerto puede dividirse en las siguientes secciones operacionales:

1) Llegada al antepuerto
2) Toma de práctico
3) Toma de remolcadores
4) Puntos de amarre o fondeo
5) Muelles o atracaderos
6) Instalación de trasbordo
   - 6_1) Operaciones de descarga
   - 6_2) Transporte a almacén o carga a vehículo
   - 6_3) Almacenamiento
7) Carga a vehículo
8) Salida vehículo terrestre

Se prescinde de que existan exclusas, aparcamientos de vehículos terrestres, etc. para simplificar el ejemplo.

Puede suceder que no sean necesarios los remolcadores (3), que no exista el fondeadero (4) entrando directamente en muelle, y que la operación en tierra se reduzca desde el punto (6) a una simple operación de entrega continua como sucede con los petroleros.

En estos casos el esquema operacional se reduciría al siguiente:

1) Llegada al antepuerto
2) Toma de práctico
3) Atraque a muelle y dejar practico
4) Operación de descarga
5) Toma de práctico y de atraque
6) Abandono de práctico y salida del antepuerto

En cualquier caso podrían distinguirse los circuitos del barco, de los prácticos, remolcadores, mercancía, vehículos terrestres, etc.

En cada subsistema se pueden producir demoras y alteraciones en el ritmo del trabajo debido a que la siguiente fase o actividad no tenga elementos disponibles (por ejemplo no haya prácticos disponibles, ó atraques, o almacenes para la mercancía, etc.), debiendo permanecer en espera el barco ó el vehículo terrestre por no poder descargar su mercancía.

El modelo se basará en el proceso operativo que se desarrolla sobre el esquema general del puerto; es decir se dibuja el esquema diferenciando las secciones del puerto y los subsistemas o elementos que intervienen.

Posteriormente hay que definir las normas de realización de las operaciones, señalando las características y cantidad de los equipos o instalaciones, limitaciones que puedan existir en su utilización, condiciones especiales, prioridades, etc. tanto referente al buque como a la carga. También se incluyen todo lo referente a rendimientos, capacidades, etc.

d) Programa del ordenador

Pueden ser diversos, según sea el tipo elegido, ordenador, lenguaje, etc. Se comenta brevísimamente el ya citado de la UNCTAD.

Fundamentalmente consiste en un programa principal que determine el orden de las actividades y dentro de éstas los procedimientos que tratan los problemas específicos y suministran información para la simulación.

El programa lee y asimila en su memoria los datos del generador de tráfico y los valores de los parámetros asignados al modelo; al mismo tiempo se establece un eje de tiempos.

El funcionamiento es el siguiente:

- Procedimiento Piltugall que asigna prácticos y remolcadores cada vez que son necesarios en la simulación.
- Procedimiento Nounites que determina el número de unidades de carga y descarga que están disponibles cuando son requeridas.
- Actividad Ship "Acciona" los buques a través del puerto y dirige el proceso de carga y descarga.

  Para realizar ésto tiene a su disposición los siguientes procedimientos:

- Procedimientos Pilotleaves y Tugleaves que realizan las operaciones relativas al abandono de los buques por los prácticos y remolcadores.
- Procedimiento Berthtime que calcula los tiempos de carga y descarga.
- Procedimiento Caltim que acumula los tiempos de estancia en el puerto de cargas y buques de diferentes tipos para cada una de las estaciones del año.
- Procedimiento Test que investiga otras posibilidades de carga y descarga si la elegida en primera instancia resulta imposible.
- Procedimiento Berdat que controla los atracaderos.
- Procedimiento Sort que coloca los buques en cola durante las esperas, y les da salida según las prioridades y el orden de llegada.
- Actividad Shift controla los tiempos y equipos disponibles en cada "turno".
- Actividad Season tienen en cuenta las variaciones estacionales para la inclusión en el programa en el momento oportuno.
- Actividad High tiene en cuenta variaciones en mareas y alturas de calado de las diversas secciones del puerto.

  En el trabajo de la UNCTAD aparece con todo detalle el procedimiento seguido.

e) Comprobación del resultado

Es fundamental para determinar la bondad del sistema y el programa está preparado para determinar si la simulación debe continuar o no; la prueba consiste en verificar si las dife-

rentes simulaciones presentan una convergencia suficiente, que se admite cuando la diferencia del valor acumulado de los tiempos empleados por los buques entre dos años sucesivos con el mismo programa de tráfico es menor que una cifra dada.

Hay que eliminar las condiciones iniciales de la simulación, para evitar que puedan influir en los resultados finales, cuando aun no está en trabajo normal todo el sistema; para lograrlo se para la simulación al cabo de un cierto tiempo y se comienza de nuevo suponiendo que las condiciones iniciales del sistema son las que tenía en el instante de parar.

f) Información de salida

El programa da una información de una serie de puntos que interesan para la decisión y se refieren a datos sobre el tiempo empleado por los diferentes buques en las instalaciones portuarias tanto en lo referente a tiempo de espera como a tiempo de operación, y lo mismo respecto a la carga dando tiempos de almacenamiento y de carga, etc.

3.6.3. Campos de aplicación

Prácticamente toda la actividad portuaria puede ser tratada mediante un proceso de simulación y de hecho existen numerosos programas referentes tanto al desarrollo de las operaciones portuarias propiamente dichas, como al funcionamiento del equipo portuario, de los equipos laborales, remolcadores, utillajes, etc.

3.6.3.1. Utilización del método

En lo que se refiere al desarrollo portuario, el proceso de simulación puede utilizarse en los siguientes objetivos:

a) Juicio de las actuaciones anteriores. Consiste en volver a representar lo que ocurrió en el puerto en un período anterior (p.e. un año) donde se conocen los datos de entrada, rendimientos, pérdidas por diversas causas, etc. y los resultados de esperas, utilizaciones, costos, etc.

Si el modelo se estabiliza, se le suministran los datos de entrada y se varían los "subsistemas" (p.e. número de prácticos o remolcadores, longitud de atraques, equipos laborales, etc.) obteniendo fácilmente los resultados y por tanto se podrá juzgar la bondad de la organización que se utiliza o la conveniencia de introducir modificaciones.

Este tipo de simulación será cada vez más útil para los portuarios aunque solo se refieren al pasado; hay que tener cuidado con las extrapolaciones al tratar de aplicar los resultados a otra situación de tráfico diferente.

b) Capacidad del puerto. Al ir creciendo el tráfico, e incluso ir variando de características, el método de simulación nos puede aclarar hasta cuando podran valer las instalaciones actuales sin producirse una congestión, o sea, que capacidad admisible tiene el puerto y que modificaciones operacionales o de organización habría que introducir en cada momento para disminuir los costos sin necesidad de grandes inversiones.

c) Evolución del tráfico. Es el aspecto más importante de la aplicación de la simulación ya que permite ir encontrando el "optimo" económico en cada momento de acuerdo con el tráfico previsto y las posibilidades.

El método dará en cada momento los atraques y equipos necesarios, asi como estadias, costos operacionales y en resumen costos totales para cada alternativa al ir modificando las variables de los elementos.

d) Análisis de los subsistemas. Se emplea en el análisis del funcionamiento de cada instalación o subsistema por separado, dándole los datos de entrada y viendo los resultados de cada modificación. Hay que tener en cuenta sin embargo que en estos casos los resultados de buscar un "óptimo" parcial puede ser que vayan en contra de la operación conjunta: por ejemplo al analizar el trabajo de los prácticos, el aumentar el número, auqnue aumente el tiempo de estar ociosos puede ser beneficioso para el conjunto si disminuyen las estadias del barco que es lo más importante.

3.6.3.2. Limitaciones

Este método lleva muy poco tiempo en utilización y las limitaciones o errores que pueda tener se deben precisamente a que todavía no ha alcanzado su total desarrollo, por lo que no hay duda que conforme se vayan analizando por los expertos los diferentes aspectos de la vida portuaria y encontrando los modelos apropiados asi como definiendo los datos que deben utilizarse, el método irá perfeccionándose y ganando en exactitud y claridad.

Las principales limitaciones o puntos que pueden ocasionar errores son:

a) Datos estadísticos. Los datos de entrada se suministran al ordenador de acuerdo con las leyes de entrada y servicio del puerto; si las estadísticas estan equivocadas o no son lo suficientemente aproximadas pueden introducirse graves errores al adoptar una ley que después no se cumple en la realidad.

Otras veces lo que sucede es que ni siquiera existen estadísticas fiables de dirección de operaciones, pérdidas de tiem--

pos por varias causas, equipos utilizados, etc. por lo que será muy difícil establecer un modelo que sea concordante con la realidad.

b) Previsiones del tráfico. En la simulación dinámica hay que establecer la evolución del tráfico con el tiempo a base de suponer que el volumen del tráfico (medios de transporte y mercancías) varía aumentando con los años. Si las bases de cálculo de estas previsiones no son apropiadas los datos resultantes no serán ciertos y por tanto la información que se suministre al puerto será errónea y los resultados también.

c) Cambios tecnológicos. El contínuo avance de la tecnología de los barcos, tanto en lo que se refiere a sus posibilidades de maniobra, como de dispositivos de operaciones, dimensiones y capacidades, unido al perfeccionamiento y aumento de rendimiento de los equipos de manipulación en el puerto y los correspondientes del transporte terrestre, hace que al cabo de un tiempo las previsiones no sirvan, pues ni el número de unidades de barco (disminuirán proporcionalmente al aumentar el tamaño), ni las pérdidas por dificultades de navegación (serán menores por el mejor equipo de dirección), ni el tiempo en muelle (aumentará la capacidad y rendimiento y disminuirá el tiempo en operación), etc. será similar al que supondría el nuevo tráfico de mercancías con igual tecnología en los medios de transportes y puertos.

Es indispensable tener en cuenta estos aspectos cuando se establezcan las normas para el generador de tráfico o sucederá igualmente que en el apartado anterior.

d) Costos de obras, instalaciones y equipos. Es otro de los factores que pueden ocasionar errores. La optimización basada en un costo mínimo de barcos, instalaciones operacionales y transportes terrestres puede resultar errónea si la base no es cierta. Muchas veces, el costo de las instalaciones y equipos portuarios no responde a la realidad debido a una política tarifaria. Debe operarse a base de costos reales o de lo contrario nos expondremos a sacar conclusiones diferentes conforme varían los criterios de valoración.

Lo mismo podría decirse de la variación de los precios de los barcos con el tiempo, que al aumentar mucho más rápidamente que los de las obras e instalaciones, hará que el resultado económico sea diferente (pues valdrá más la unidad de tiempo de estadia perdida por el barco que la de la instalación portuaria y esto significa más atraques).

e) Complejidad del sistema del transporte. La posibilidad que un cambio en las condiciones de la red de transportes terrestres altere las condiciones de trabajo del puerto es evidente, por lo que para que el modelo sirva en años sucesivos debe tener-

en cuenta en las previsiones de tráfico. Lo mismo podría decirse de las consecuencia derivadas de una competencia portuaria o de una politica de coordinación de transporte.

f) Finalmente, podríamos hablar de las simplificaciones que es necesario introducir en el modelo derivadas de la casuística del tráfico portuario y de la normativa de explotación de los terminales.

En cualquier caso, es fundamental que no se enmascare todo lo que pueda constituir una alteración de las condiciones reales de trabajo para poder juzgar la bondad de la solución elegida y hasta que punto se pueden aceptar los resultados.

En la mayoría de las veces, las simplificaciones introducidas no tienen mayor importancia y en cambio facilitan la claridad y sencillez de la operación.

3.6.4. Aplicaciones del método

Por las características del método, las técnicas a emplear y los medios necesarios no es posible incluir un ejemplo ni tampoco adecuado por el carácter del curso, aparte de que es una técnica ajena al portuario siendo para él una herramienta -importantísima y de toda eficacia- que debe ayudarle incorporando el equipo especialista idóneo, limitándose a dar las normas y valores a los que debe sujetarse el modelo.

Solamente a título informativo, se comenta algunos de los aspectos que entran en un programa de simulación de la actividad del puerto.

Como ejemplo completo y claro se recomienda el estudio del programa elaborado por la UNCTAD aplicado a varios puertos tratando también el problema de la optimización.

Los puntos más interesantes de un programa de simulación son los siguientes:

A) Definición del problema

Se establece el esquema general del puerto a analizar; se examinan todas las condiciones y características de las obras e instalaciones existentes asi como los métodos de operaciones.

Un aspecto interesante es el de las normas especiales que al tráfico pueden imponerse (obligación de remolques, prácticos; paro en turnos festivos o nocturnos; número de obreros; prioridades de cualquier tipo, etc.).

B) Datos a suministrar al modelo

b_1) Acumulación de datos

Se suelen establecer una serie de clases para representar

las características del tráfico y pasarlas a las cintas del ordenador.

Los más usuales son:

- Tipo de buques :	Según el tráfico que sirven (regular, carga mixta, pasajeros, etc.).
- Tamaño del buque :	Por series de 0/1.000 TRB, 1.000/2.000, etc. según el puerto.
- Tipos de carga :	Se clasifican en varios grupos: No especializada, especializada, etc.
- Volumen de la carga :	En varias series, por ejemplo: 0 Tons.,1/100,,100/500, etc. varía con el puerto.
- Datos de la carga :	Relación de la carga al volumen total; parte del total a ser manipulada, etc.
- Tipo del muelle :	Para carga general, especializada, etc.
- Tipo de equipo :	Grúas, carretillas, etc.
- Tipo de almacén :	Al aire libre, refrigerado, cubierto, sin almacen, etc.
- Tipo de trasnporte - interior:	Carretera, ferrocarril, etc.
- Secciones portuarias :	Subsistemas o elementos que forman el puerto.
- Estructura estacionaria de la carga:	Variación según las estaciones.

Estos datos se suministran por la FRELIS al programa de previsiones.

b_2) Programa de previsiones

Con las combinaciones de tráfico posibles, y con la introducción de unas previsiones futuras, dará un listado similar al del FRELIS pero teniendo en cuenta las variaciones que pueden introducirse por las influencias de todo tipo a lo largo del tiempo.

b_3) Generación del tráfico

En los listados del apartado anterior y teniendo en cuenta todos los factores que pueden introducir variación en las características del barco y carga que transporte ley de entrada, prioridades, características de la carga, volumen y fracción, tiempo de permanencia en atraque, calado y tamaño del barco, necesidad de prácticos y remolcadores- se elabora un

programa de generador de tráfico que va impreso en cinta magnética, donde al dar información de la llegada del buque, da todas las características y datos sobre el mismo, programado de acuerdo con las matrices de entrada y eligiéndose con leyes aleatorias o determinadas.

En el programa de tráfico los datos que figuran son todo lo detallado que se quiera y entre otros están:

- Nº del buque en orden cronológico
- Hora de llegada expresada en unidades de tiempo desde el principio de
- Fracción de carga a granel en importación y exportación.
- Cantidad de carga
- Calado del buque
- Atracadero necesario
- Prioridad del buque
- Tipo de la carga
- Tipo del buque
- Nº de prácticos
- Nº de remolcadores
  etc, etc., etc.,

La cinta va suministrando estos datos al programa de simulación conforme informa de la llegada del nuevo barco.

C) El programa de simulación y los resultados

Los datos anteriores entran en el programa preparado, y de acuerdo con las actividades y procedimiento, se van calculando las necesidades del tráfico, las disponibilidades de elementos, el tiempo necesario en la operación y en espera, los equipos necesarios, etc. de acuerdo además con las prioridades y limitaciones que se impusieron al modelo.

El resultado aparece en forma de una hoja de ordenador a lo largo de un eje de tiempos; en la hoja de resultado lo que interesa realmente es lo que afecta a la actividad de los medios de transporte y equipos, por lo que solo aparecen a veces los datos requeridos.

Unas veces se puede seguir la historia del barco en puerto a lo largo del tiempo con todos los equipos y medios que ha necesitado y otras se hace lo mismo con un cargamento.

Para el conjunto, el modelo de simulación da una información integrada de los diferentes aspectos tales como:

- Buques entrados en el período con sus arqueos
- Tiempos totales de servicio y espera
- Tiempos medios y relación $\frac{Teb}{Ta}$
- Nº de barcos en cola
- Utilización de muelles
- Tonelajes de mercancías
- Ocupación de muelles, etc. etc.,

En el croquis adjunto se reproduce el ejemplo sacado de la publicación de UNCTAD sobre un barco en escala en el puerto de Casablanca.

Se trata del barco nº 249 de la simulación del puerto (aparecen todas las operaciones de todos los barcos, por unidades de tiempo y de ella se seleccionan las correspondientes al barco elegido).

Los datos básicos sobre este barco que suministra el programa de generador de tráfico son:

Buque nº 249

Hora de llegada : 3853,7

Nº de operaciones: 1 (carga mixta)

Nº de Tons. a la descarga : 0

Nº de Tons. a la carga : 50

Calado del barco : 7 mts.

Longitud del atracadero : 160 mts.

Orden de prioridad : 3 (según la clave)

En la columna de Claves, aparecen los diferentes tipos de sucesos a lo largo de la estancia del barco según el lenguaje del programa:

ARRI = Entrada del barco en el sistema

FIN = Salida del barco del sistema

SEIL = El buque se desplaza de una sección a otra

BERE = Buque en fondeadero, preparado para atracadero

BERL = Buque abandona atracadero

Ejemplo de datos de salida de comprobación obtenidos por el programa de simulación

Clave del suceso	*Número del buque*	*Hora en que se inicia el suceso*	*Sección en que se produce el suceso*	*Hora en que se inicia el suceso siguiente*	*Información complementaria*
ARRI . . .	249	3.853,7			
TUGQ . . .	249	3.853,7			
COND . .	249	3.881,0			
SEIL. . . .	249	3.900,0	1	3.900,0	
TUGQ . .	249	3.900,0	2		
SEIL. . . .	249	3.915,0	2	3.917,0	
SEIL. . . .	249	3.917,0	3	3.919,0	
BERE . . .	249	3.919,0	4	3.931,0	
LEBE . . .	249	3.931,0	4		
LOAD . . .	249	3.931,0	4		26,246 50 1
					29.402 3
					7.808,6
TUAY . . .	249	3.957,2	4		
BERL . . .	249	3.965,7	4	3.974,7	
SEIL. . . .	249	3.974,7	4	3.976,7	
SEIL. . . .	249	3.976,7	3	3.978,7	
SEIL. . . .	249	3.978,7	2	3.978,7	
FIN	249	3.978,7			0 50

LOAD = Comienza operaciones de carga

TUGQ = Espera de remolcador entrada

COND = Espera de apertura de acceso al puerto (si se cerrase durante algunas horas)

LEBE = Buque en atracadero dispuesto a la carga

TUAY = Espera de remolcador salida

Etc. etc. = Las diferentes operaciones que puedan realizarse.

En la fila de cabeza, el significado es el siguiente:

Clave:	Suceso u operación que realiza el barco
Nº del buque:	Orden de entrada en la simulación
Hora en que se inicia el suceso:	Se refiere al instante de llegada referida al comienzo de la simulación.
Sección en que se produce el suceso:	Indica la parte del puerto donde se realiza la operación: Antepuerto, Canal de entrada, dársena, etc.
Hora en que se inicia el siguiente suceso:	Es correlativo a la hora de inicio, e indica el tiempo que tarda en operación o en espera.
Información complementaria:	Los datos complementarios de las operaciones realizadas; en este caso 26.246 indica las unidades de tiempo hasta el suceso siguiente,, 50 las toneladas a cargar,, 1 el tipo de carga (según las claves del programa),, 29,402 la capacidad de almacenamiento de este tipo de carga y el tipo de almacén,, 7808,6 es la cantidad de carga del mismo tipo que queda en almacén. En cuanto al final, el 0 indica las toneladas descargadas y el 50 las toneladas cargadas.

De la hoja impresa anual se pueden seleccionar los datos deseados y deducir los resultados que se quieran analizar para su posible modificación.

D) El programa de optimización

Es similar al anterior aunque más complicado, siendo necesario aplicar una serie de parámetros relacionados con los costos del tiempo de equipos, instalaciones, barcos, mano de obras, etc.

Se comparan una serie de soluciones para cada uno de los "subsistemas" con los costos de inversión, mantenimiento y funcionamiento, llegando en resumen a una serie de soluciones compuestas cada una de las posibles políticas en cada elemento o subsistema a lo largo del tiempo conforme con las necesidades de evolución del tráfico.

En el citado informe de la UNCTAD puede estudiarse el camino seguido y los resultados en el caso de Casablanca.

DIRECTORIO DE ALUMNOS DEL CURSO "PROYECTO Y CONSTRUCCION DE OBRAS MARITIMAS" IMPARTIDO EN ESTA DIVISION DEL 10 AL 21 DE SEPTIEMBRE.

1.-	AGUILAR QUIÑONEZ JESUS JOSE INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO PROFESIONAL ASISTENTE AV. DE LOS 100 METROS	MOCTEZUMA No. 294-A COL. STA. ISABEL TOLA 07010 MEXICO, D.F.
2.-	BARRON DE LA PAZ CELSO ARMANDO PEMEX SUPERVISOR DE OBRA DOMICILIO CONOCIDO LAZARO CARDENAS, MICH.	VICENTE GRO. No. 304 LAZARO CARDENAS, MICH.
3.-	BERNARDO SANCHEZ JUAN PETROLEOS MEXICANOS AUXILIAR PRECIOS UNITARIOS CD. LAZARO CARDENAS MICH.	RETORNO 3 DE IGN. ZAR. No. 70 COL. JARDIN BALBUENA DELEGACION VENUSTIANO CARRANZA 784-21-67
4.-	BERISTAIN CONTRERAS DAVID PETROLEOS MEXICANOS SUPERVISOR DE OBRA DOS BOCAS TABASCO	TULIPANES No. 39 COMALCALCO TAB.
5.-	BUENO ESPINOSA DE LOS MONTEROS JAIME C. F.E. INGENIERO MECANICA DE SUELOS AUGUSTO RODIN No. 265 COL. NOCHEBUEBA	LOPE DE VEGA No. 148-5o. PISO COL. CAHPULTEPEC MORALES DELEGACION MIGUEL HIDALGO
6.-	CANALES LUNA MARIA LUISA PETROLEOS MEXICANOS ANALISTA MARINA NACIONAL COL. VERONICA ANZURES	CIPRES No. 9 COL. STA. MONICA DELEGACION EDO. DE MEXICO 397-62-50
7.-	CHACON RODRIGUEZ JAVIER PETROLEOS MEXICANOS JEFE MANTO. MUELLES Y BOYAS PAJARITOS, VER.	CALLE No. 10 LOTE No. 13 MANZ. 26 COL. PETROLERA DELEGACION MINATITLAN, VER.
8.-	FARFAN VILLEGAS RODOLFO EDUARDO PEMEX SUPERVISOR DE OBRA SALINAS DEL MARQUES, OAXACA	HOTEL DE PEMEX HAB. No. 23 COL. REFINERIA SALINA CRUZ, OAXACA

9.- GARCIA GARIBAY ALFONSO
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
INGENIERO CIVIL ESTRUCTURISTA
MISSISSIPPI No. 71
COL.
DELEGACION CUAUHTEMOC
06598 MEXICO, D.F.

CALLE GUADALUPE No. 223 EDIF. "A"
DEPTO. 101
COL. AGRICOLA ORIENTAL
IZTACALCO
08100 MEXICO, D.F.

10.-GARCIA NOVA PORFIRIO ESTEBAN
D.G.O.M.
ANALISTA ESPECIALIZADO
INSURGENTES SUR No. 664
COL. DEL VALLE
523-77-92

VIADUCTO TLALPAN No. 24
COL. HIPULCO
DELEGACION TLALPAN

11.-GONZALEZ ESPINOSA NORBERTO
PETROLEOS MEXICANOS
RESIDENTE
MARINA NACIONAL No. 379

TRIPOLI No. 713
COL. PORTALES
DELEGACION BENITO JUAREZ
520-69-68

12.-GOMEZ DUQUE VICTOR MANUEL
PETROLEOS MEXICANOS
SUPERVISOR
AV. LAZARO CARDENAS No. 1175

NICOLAS ROMERO Y LERDO DE TEJADA
APARTADO POSTAL No. 258
LAZARO CARDENAS MICH.

13.-GONZALEZ PEREDA ARMANDO
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
INGENIERO DISEÑADOR
AV. EJE CENTAL LAZARO CARDENAS
COL. NUEVA VALLEJO
DELEGACION GUSTAVO A. MADERO
567-66-00

OXO No. 23
COL. INDUSTRIAL
DELEGACION GUSTAVO A. MADERO
07300 MEXICO, D.F.
577-61-91

14.-GONZALEZ RUBIO ENRIQUE OGARRIO
IPESA

15.-GUTIERREZ ACEVEDO MIGUEL
IPESA
JEFE DE GRUPO
SAN LORENZO No. 153
COL. DEL VALLE
DELEGACION BENITO JUAREZ
559-15-23

AV. C. LAS TORRES No. 179-24
COL. CAMP. CHURUBUSCO
DELEGACION COYOACAN
04200 MEXICO, D.F.
544-54-68

16.-GUZMAN ZAVALA JOSE FRANCISCO
PETROLEOS MEXICANOS
DISEÑADOR ESPECIALISTA
MARINA NACIONAL No. 329
COL. VERONICA ANZURES
DELEGACION CUAUHTEMOC

ZACAVI 97
SAN LORENZO
IZTAPALAPA
09130 MEXICO, D.F.

17.- HUERTA HIP JESUS
DIRECCION GRAL. DE OBRAS MARITIMAS
JEFE DE OFICINA
INSURGENTES SUR No. 664
COL. DEL VALLE
DELEGACION BENITO JUAREZ
687-54-19

EDIF. 86 C-202
UNIDADCUITLAHUAC
DELEGACION ATZCAPOTZALCO
02500 MEXICO, D.F.
355-20-61

18.- LEON PINEDA CARLOS
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
INGENIERO PROYECTO
MISSISSIPI No. 71-10o. PISO
COL. CUAUHTEMOC
DELEGACION CUAUHTEMOC
06598 MEXICO, D.F.

CALLE AÑO 1821 No. 21
CO L. EL PARQUE
DELEGACION VENUSTIANO CARRANZA
15960 MEXICO, D.F.
552-12-33

19.- LOPEZ GUERRA FELIPE DE JESUS
PEMEX
SUPERVISOR
MARINA NACIONAL

20.- LOPEZ VILLAFAÑA FELIPE DE JESUS
S. C. T.
INGENIERO CIVIL
AV. INSURGENTES SUR No. 664-5o. PISO
COL. DEL VALLE
DELEGACION

RABAUL No. 100
COL. ELECTRICISTAS
DELEGACION ATZCAPOTZALCO
02060 MEXICO, D.F.
561-16-77

21.- LOPEZ VILLAFAÑA MIGUEL ANGEL
S. C. T.
CUANTIFICACION
INSURGENTES SUR No.640

RABAUL No. 100
COL. EL CTRICISTAS
DELEGACION ATZCAPOTZALCO
02060 MEXICO, D.F.
561-16-77

22.- LOPEZ MATA NESTOR
S. C. T.
ANALISTA
AV. INSURGENTES SUR No. 664
COL. DEL VALLE
DELEGACION BENITO JUAREZ
03160 MEXICO, D.F.

AV. CEYLAN No. 677
COL. INDUSTRIAL VALLEJO
DELEGACION ATZCAPOTZALCO
02300 MEXICO, D.F.

23.- LOPEZ SERRATOS RAMON
OCEANOGRAFIA, S.A.
ANALISTA
DARWIN No. 142-3er. PISO
COL. ANZURES
DELEGACION MIGUEL HIDALGO
11590 MEXICO, D.F.

ACULTZINGO MANZ 46 LOTE 14
COL. SAN FELIPE DE JESUS
DELEGACION GUSTAVO A. MADERO
07510 MEXICO, D.F.
757-17-41

24.- LOZANO CASTILLO MA. VICTORIA
D. G. O. M.
INSURGENTES SUR No. 667-6o. PISO
COL. NARVARTE

CEDRO No. 63-3
COL. STA. MARIA LA RIBERA
DELEGACION CUAUHTEMOC

25.- ALVARADO THOMASSINY ARMANDO
ING. Y PROCESAMIENTOS ELECTRICOS
JEFE DE PROYECTO
SAN LORENZO No. 153-6o. PISO
COL. DEL VALLE
DELEGACION BENITO JUAREZ
559-15-23

CARUSO No. 321-101
COL. VALLEJO
DELEGACION GUSTAVO A. MADERO
07870 MEXICO, D.F.

26.- MARTINEZ MEDINA GABRIEL
DIRECCION GRAL. OBRAS MARITIMAS
ANALISTA
PROVIDENCIA No. 807-7o. PISO
COL. DEL VALLE
DELEGACION BENITO JUAREZ

INSURGENTES NORTE 240-21
COL. STA. MA. LA RIBERA
DELEGACION CUAUHTEMOC

27.- MARQUEZ A. FERNANDO SALVADOR
PEMEX
ASISTENTE TECNICO
LAZARO CARDENAS MICH.

PATZCUARO No. 10
COL. 600 CASAS
LAZARO CARDENAS, MICH.

28.- MENDEZ MORALES PABLO
D. G. O. M.
ANALISTA
INSURGENTES SUR No. 664-6o. PISO
COL. DEL VALLE

ACOVADA No. 4-2
COL. ZACATENCO

29.- MONTOYA ALONSO MA. GUADALUPE
PEMEX
RESIDENTE
MARINA NACIONAL No. 329
COL. ANAHUAC

SABINO No. 75-501
COL. SANTA MARIA

30.- NAJERA REYNOSO RAMON

31.- NUÑEZ ROZA GERARDO
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
AUXILIAR DE SUPERINTENDENCIA
MISSISSIPPI No. 71-10o. PISO
COL. CUAUHTEMOC
DELEGACION MIGUEL HIDALGO
511-65-81

TORTOLAS No. 40
LAS ALAMEDAS
ATIZAPAN DE ZARAGOZA, EDO. DEMEXICO

32.- OSARRIO GONZALEZ RUBIO ENRIQUE
SERV. ESP. ING. CIVIL
JEFE DE GRUPO
CALLE SAN LORENZO No. 153-5o. PISO
COL. DEL VALLE
DELEGACION BENITO JUAREZ

AV. HERA No. 67-3
COL. FLORIDA
DELEGACION BENITO JUAREZ
03940 MEXICO, D.F.
524-53-57

33.- ORTIZ MELIN CESAR
PETROLEOS MEXICANOS

34.- ORTIZ MELIN CESAR
PETROLEOS MEXICANOS
RESIDENTE

35.- PEREZ JIMENEZ ESTEBAN REY
COMISIION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
JEFE DE PROYECTO
CUERNAVACA No. 5
COL. CONDESA
DELEGACION CUAUHTEMOC
06140 MEXICO, D.F.

AV. CUITLAHUAC No. 64-5
COL. GUADALUPE VICTORIA
DELEGACION GUSTAVO A. MADERO
07790 MEXICO, D.F.
355-67-73

36.- PEREZ RODRIGUEZ REYNALDO
D. G. O. M.
ANALISTA
INSRUGENTES SUR No. 664
COL. DEL VALLE
DELEGACION BENITO JUAREZ
03100 MEXICO, D.F.
523-80-94

2a. CDA. ARMAS NORTE No. 6
COL. SAN JOSE PUENTE DE VIGAS
352-25-98

37.- PEREZ PACHECO RAUL
PEMEX
SUPERVISOR
TERMINAL MARITIMA DOS BOCAS
TABASCO

PORTON No. 50
COL. JARDINESL DEL SUR
XOCHIMILCO

38.- QUEZADA CERVANTES RAMIRO
D. G. O. MARITIMAS
ANALISTA
INSURGENTES SUR NO. 664
COL. DEL VALLE
DELEGACION BENITO JUAREZ
03100 MEXICO, D.F.

CALZ. TLALPAN No. 458-5
VIADUCTO PIEDAD
DELEGACION IZTACALCO
08200 MEXICO, D.F.

39.- RAMIREZ OLMOS JORGE ALBERTO
PEMEX

40.- RIOS MONTERO GERARDO
D. G. O. M.
ANALISTA
INSURGENTES SUR No. 664-6o. PISO
COL. DEL VALLE
DELEGACION BENITO JUAREZ
03100 MEXICO, D.F.
523-84-52

HDA. DE TAPAXCO No. 21
COL. IMPULSORA AVICOLA
DELEGACION NETZAHUALCOYOTL

41.- RIVERA VALDEZ R. ARTURO
D. G. O. M.
PROVIDENCIA No. 804

TAJIN No. 96
COL. MIXCOAC
DELEGACION COYOACAN
523-48-53

42.- RODRIGUEZ ARAVIE GERMAN
SEDUE:
JEFE DE OFICINA
CULIACAN No. 123-3er. PISO
COL. HIPODROMO CONDESA
DELEGACION MIGUEL HIDALGO
06071 MEXICO? D.F.
564-00-44

CALLE 17 No. 123-2
COL. SAN PEDRO PINOS
DELEGACION BENITO JUAREZ
03800 MEXICO, D.F.
516-21-97

43.- RUIZ REYES VICTOR MANUEL
PETROLEOS MEXICANOS
DIRECTOR PROYECTO OBRAS PORTUARIAS
MARINA NACIONALNo. 329
COL. ANAHUAC
546-39-23

CRUZ DEL SUR No. 35
COL. PRADO CHURUBUSCO
04230 MEXICO, DF..
582-14-46

44.- SALINAS PEREZ ABDIA

45.- SALAS BENITEZ GERARDO
PETROLEOS MEXICANOS
INGENIERO "B"
MARINA NACIONAL

STA. VERACRUZNO. 48-BDEPTO. 8
COL. GUERRERO
06300 MEXICO, D.F.

46.- SOLANO VEGA ALEJANDRO GERARDO
D. G. O. M.
INSURGENTES SUR No. 664-6o. PISO
COL. DEL VALLE
DELEGACION BENITO JUAREZ

PERIQUELLO No. 12
UNIDAD INDEPENDENCIA
MAGDALENA CONTRERAS

47.- SOTO DE LA VEGA FRANCISCO
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
SUPERVISRO CIVIL DEL PROYECTO C.T.
MISSISSIPPI No. 71-7o. PISO
COL. CUAUHTEMOC

ORIENTE 166 No. 426
COL. MOCTEZUMA 2a. SECCION
DELEGACION VENUSTIANO CARRANZA

48.- TRINIDAD BAUTISTA MAURO
PEMEX
AYUDANTE TECNICO "A"
MARINA NACIONAL No. 329

MARTIN CARRERA No. 105-16
COL. MARTIN CARRERA
DELEGACION GUSTAVO A. MADERO

49.- VARGAS GODINEZ ADOLFO
D. G. O. M.
CALLE PROVIDENCIA No. 807
COL. DEL VALLE
DELEGACION BENITO JUAREZ

CALLE IXTAPAN No. 324
COL. LAS FUENTES
DELEGACION NETZAHUALCOYOTL

50.- VAZQUEZ MARTINEZ GUSTAVO

51.- VILLERA MORALES MODESTO
D. G. O. M.
ANALISTA
PROVIDENCIA No. 807
COL. DEL VALLE
DELEGACION BENITO JUAREZ

TAMPICO No. 5
COL. EL PUERTO
TLALNEPANTLA EDO. MEXICO

52.- ZWANZIGER ZEBADUA FRANCISCO A.
PETROLEOS MEXICANOS
AUDANTIA TECNICA DE LA SUPTCIA.
MARINA NACIONAL No. 350
DELEGACION CUAUHTEMOC

ARLEQUIN No. 46
COL. VERGEL DE ARBOLEDAS
ATIZAPAN DE ZARAGOZA
EDO. DE MEXICO