



\*D-5000\*

7/  
623.83  
A366  
c. 4

*Diseño de un Dique Flotante de  
1.500 Toneladas de Capacidad Nominal*

*Eloy* FOR  
**NESTOR ALEJANDRO OCHOA**

SUPERVISOR: Miguel Puig Ortiz  
MASTER EN INGENIERIA NAVAL

**TESIS**  
SOMETIDA COMO REQUERIMIENTO PARCIAL  
PARA OBTAR EL TITULO DE INGENIERO  
NAVAL ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DEL LITORAL

**1.974**

*Diseño de un Dique Flotante de  
1.500 Toneladas de Capacidad Nominal*

TESIS

APROBADA POR EL DEPARTAMENTO DE  
INGENIERIA MARITIMA Y CIENCIAS DEL MAR  
DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DEL LITORAL

Firma del Autor: .....

Certificado: .....

Aprobado: .....

*La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta Tesis corresponden exclusivamente al Autor.*

*Art. Sexto del Reglamento de Exámenes y Titulos Profesionales de la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.*

*NESTOR ALEJANDRO O.*

*Guayaquil, Febrero de 1974*

El patrimonio intelectual de la  
presente Tesis de Grado pertenece  
a la ESCUELA SUPERIOR POLI  
TECNICA DEL LITORAL.



A MIS PADRES

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Transactions, Volume 65, 1957  
*The Society of Naval Architects and Marine Enginem.*
  
- 2.- Design Manual - Drydocking Facilities, Vol. II.  
*Department of the Navy.*  
*Bureau of yards and docks.*
  
- 3.- Principles of Naval Architecture.  
*Henry Rossel . Lawrence Chapman*  
*The Society of Naval Architects and Marine Engineers.*
  
- 4.- Floating Dry Dock - Training Manual.  
*Department of the Navy.*  
*Bureau of yards and docks.*
  
- 5.- Problems of Drydocking unusual Ships.  
*Paul S. Crandill*  
*The Society of Naval Architects and Marine Enginem.*

## LISTAS DE FIGURAS

	<u>FIGURA N.º</u>	<u>PAG .</u>
<i>Dique tipo ARV</i>	<b>1</b>	<b>12</b>
<i>Dique tipo AFDL</i>	<b>2</b>	<b>12</b>
<i>Pique tipo AFDM</i>	<b>3</b>	<b>15</b>
<i>Pique tipo AFDB</i>	<b>4</b>	<b>17</b>
<i>Sección típica</i>	<b>5</b>	<b>29</b>
<i>Capacidad nominal de levante</i>	<b>6</b>	<b>48</b>
<i>Capacidad real de Levante</i>	<b>7</b>	<b>48</b>
<i>Posición del dique en la ola</i>	<b>8</b>	<b>55</b>
<i>Madero prismático homogéneo</i>	<b>9</b>	<b>58</b>
<i>Madero prismático accionado</i>	<b>10</b>	<b>58</b>
<i>Condiciones críticas</i>	<b>11</b>	<b>64</b>
<i>Estabilidad aplicada a buques</i>	<b>12</b>	<b>70</b>
<i>Estabilidad del dique vacío</i>	<b>13</b>	<b>73</b>
<i>Estabilidad del dique semi-inundado</i>	<b>14</b>	<b>73</b>
<i>Estabilidad del dique inundado</i>	<b>15</b>	<b>75</b>
<i>Estabilidad con buque varado</i>	<b>16</b>	<b>75</b>
<i>Secciones del pontón</i>	<b>17</b>	<b>78</b>
<i>Extremo del pontón</i>	<b>18</b>	<b>78</b>
<i>Secciones del pontón</i>	<b>19</b>	<b>86</b>
<i>Eje neutro de la sección extrema del pontón</i>	<b>20</b>	<b>86</b>
<i>Curvas para cálculo de potencia de bombas</i>	<b>21</b>	<b>108</b>
<i>Diagrama para cálculo de diámetro de tubería</i>	<b>22</b>	<b>108</b>

<i>Sistema de ventilación</i>	23	122
<i>Pescantes</i>	24	134
<i>Molinetes</i>	25	134
<i>Accesorios de remolque</i>	26	154
<i>Plano de varamiento</i>	27	157
<i>Curva de cuñas</i>	26	160
<i>Buque centrado</i>	29	168
<i>Varamiento de un buque asentado</i>	30	175
<i>Varamiento de un buque escorado</i>	31	177

#### ANEXO .-

##### 1.- *Curva de altura metacéntrica*

# Í N D I C E

I.-	<i>Proyección al uso de un Dique Flotante en el Ecuador.</i>	1
II.-	<i>Introducción.</i>	3
III.-	<i>Ventajas y Desventajas de Diques Secos Flotantes .</i>	6
IV.-	<i>Tipos de Diques Flotantes.</i>	9
V.-	<i>Definición Generales.</i>	19
VI.-	<i>Selección del Tipo.</i>	22
VII.-	<i>Selección de Dimensiones.- Longitud del dique.- Manga.- Profundidad y forma del pontón.- Alto de las paredes laterales.- Distribución interna de espacios de flotamiento y boyantez .- Desplazamiento y Capacidad de levante.</i>	28
VIII.-	<i>Longitud inundable.</i>	51
IX.-	<i>Esfuerzo Estructural.- Esfuerzo longitudinal.- Esfuerzo longitudinal debido a las olas durante el remolque.- Esfuerzo longitudinal requerido por el peso del buque, distribuido no uniformemente.- Esfuerzo transversal.- Esfuerzo torsional.</i>	53
X.-	<i>Cálculo de Estabilidad.- Aplicación a buques.- Aplicación a diques flotantes.- Aplicación al dique vacío.- Dique parcialmente sumergido.- Pique com</i>	69

	<i>pletamente sumergido.- Estabilidad con buque en dique.- Cálculos preliminares de estabilidad.- Estabilidad longitudinal.</i>	
XI.-	<i>Selección de maquinaria.- Generalidades Sistema Hidráulico.- Sistema de Control de averías.- Servicios de agua salada a baja presión.- Sistema de agua dulce.- Indicadores de nivel.- Sistema de ventilación.- Sistema eléctrico.- Grúas o p acantes.- Molinetes.- Sistema neumático.- Soldadoras.- Maquinaria de reparación.</i>	102
XII.-	<i>Remolque del dique.- Factores de resistencia.- Efectos dinámicos.- Fórmulas.- Resistencia Friccional.- Resistencia por formación de olas Resistencia por acción del viento.- <u>Re</u>sistencia total.</i>	143
XIII.-	<i>Preparación para varamiento.- Plano de varamiento.- Plan de bombeo.- Varamiento y Desvaramiento de un buque Pruebas durante la primera sumergencia Tiras o líneas de manipuleo.- Mariobra para centrar al buque.- Elevación de buque y dique.- Varamiento de un buque con asiento.- Varamiento de un buque escorado.- Varamiento de un buque averiado.- Varamiento múltiple.</i>	155
XIV.-	<i>Principios de construcción</i>	181
XV.-	<i>Análisis económico.- Conclusiones</i>	184

## 1.- PROYECCION AL USO DE UN DIQUE FLOTANTE EN EL ECUADOR.-

Durante la última década ha sido notorio el progreso industrial del Ecuador en los diferentes campos de actividades humanas y de consumo, progreso que significa ingreso de divisas, utilización de materia prima y empleo de mano de obra nacionales, todo lo cual contribuye a llevar al País a un estado de progreso que le permitirá salir del subdesarrollo en que ha estado estancado y ubicarse entre las naciones que han superado esta etapa cuyo adelanto es evidente.

Entre las industrias que se destacan en el progreso, merece mencionarse la de construcción naval, industria que se presentó con una fuerza inicial muy grande en el siglo pasado que luego de una etapa de decadencia y falta de tecnicismo, está tomando en la actualidad un giro de recuperación, que con un plan de trabajo adecuado y proyecciones futuristas convenientes, puede llegar a ser una industria de mucha importancia, puesto que los resultados positivos que de ella derivan, benefician directamente al País.

El aumento progresivo de estructuras flotantes en servicio, implica necesariamente la creación de la industria de reparación y mantenimiento de buques, que se encarga de prolongar la vida útil de estas, mediante un adecuado plan de carenamiento, manteniéndolas a un grado de eficiencia y seguridad considerables.

El proyecto de creación de la Flota Pesquera Nacional, conjuntamente con el servicio de transporte de petróleo en la costa ecuatoriana, hacen que esta industria de reparación y mantenimiento sea de una necesidad imperiosa a corto plazo, puesto que las condiciones actuales en que se realizan estas faenas no ofrecen la seguridad y técnica necesaria. Además, la instalación de un Astillero para construcción no se estima como una salución para la futura demanda de buques a vararse, puesto que una construcción tarda no menos de cuatro meses hasta su lanzamiento, en tanto que un carenamiento regular o de rutina tarda de seis a ocho días, trabajo que puede hacerse simultáneamente a dos buques, cuando se utilizan los servicios de un Dique Flotante.



## II.- INTRODUCCIÓN.

Los diques acoea flotantes han sido usados por más de medio siglo habiendo tenido especial importancia desde el comienzo de la II Guerra Mundial jugando un papel importante en las reparaciones de emergencia en alta mar, constituyendo su facilidad de movilización, la principal ventaja sobre otros tipos de diques y varaderos.

Todos los buques y estructuras flotantes, sin tomar en cuenta materiales de construcción y condiciones de servicio, sufren el deterioro periódico de sus partes sumergidas principalmente por acción de la corrosión galvánica cuando es una estructura de hierro y por la acción de las larvas y moluscos marinos cuando se trata de una estructura de madera, obstruyendo en ambos casos, cajas de mar rejillas, sonares, etc., disminuyendo en forma notable la eficiencia de la misma. •

Por lo tanto, toda embarcación requiere un varamiento periódico, cuyo intervalo varía desde uno, relativamente corto para buques que operan en agua salada, en los cuales los daños son mayores, hasta uno relativamente largo, de varios años para estructuras flotantes que operan en agua dulce o para estructuras de concreto.

El carenamiento en dique seco flotante, provee de facilidades para la limpieza de la obra viva, sea ésta por medio manuales (rasqueteeo, cepilla

do) o por la aplicación de arena húmeda o seca, a presión de aire, para fijar. Luego las capas protectoras, chequeo de desgaste de ejes propulsores, cambio de protectores galvánicos y en fin, para hacer reparaciones en general de la obra viva, que en algunos casos son producto de averías o accidentes en todo caso el dique ayuda a mantener la eficiencia de operación de los buques extendiendo además su vida útil.

Los diques secos, constituyen un gran adelanto de la práctica antigua de varar buques para ser reparados. En una primera etapa esta maniobra era ejecutada, aprovechando las amplitudes de marea, en la cual se halaba el buque en alta mar, ubicándolo sobre una playa con cierta pendiente, previamente se confeccionaba un plano inclinado de madera sobre el cual asentaba la embarcación, exponiendo el fondo del casco para el carenamiento una vez que el nivel de agua estaba en su punto más bajo, El buque quedaba en una inclinación tal que se carenaba la mitad al descubierto, Luego, por medio de tiras atadas al mástil, se lo inclinaba al lado opuesto, procediéndose a carenar la parte restante.

Como es lógico suponer, las estructuras sufrían esfuerzos fuera de lo común, ocasionadas por la distribución irregular de pesos sobre la playa, concentrándose el peso de la embarcación en pequeños sectores, que en muchas ocasiones sufrían roturas y en la mayoría de los casos, se deformaban, disminuyendo las seguridades de la nave.

Además este método imponía un límite en cuanto a las dimensiones del buque se refiere, puesto que las embarcaciones con estora, calado y desplazamiento mayores resultaba imposible vararlos en esta forma. (Cabe a notar que este primitivo método de varar embarcaciones para reparación es todavía usado en nuestro medio precisamente por la falta de diques adecuados).

Posteriormente, hacia el año de 1822, se presentó una de las primeras facilidades para varar un buque sobre rieles, siendo este el "Potomac" el mismo que se ubicó sobre rieles de madera, que se deslizaban sobre o tros del mismo material; era izado por medio de un rústico winche movido por fuerza humana.

A comienzos del presente siglo surgieron los primeros diques secos flotantes, y dada su importancia, han venido modernizándose de tal modo que los Ingenieros Arquitectos Navales, se han ocupado activamente del diseño, construcción y mantenimiento de diques, conociéndose actualmente con amplitud las provisiones para su estudio, constituyendo una rama especial dentro del campo de la Ingeniería Naval.

### III.-VENTAJA Y DESVENTAJA DE DIQUES SECOS FLOTANTES.-

El concepto de movilidad está muy relacionado con las ventajas de un dique seco flotante, constituyendo esta, la principal, ya que con la necesidad de operaciones en cualquier parte del mundo, se incrementa enormemente su importancia por ofrecer facilidades para ser transportado al sitio donde se requiere su trabajo o donde la demanda de buques a carenarse satisfaga su aspecto económico.

Otro factor que nace de la movilidad una gran ventaja es la dificultad de predecir donde un dique puede ser necesitado por ejemplo en casos de accidentes o siniestros en alta mar, averías o roturas ocasionadas por encallamientos, choques, etc.

En resumen los diques secos flotantes, pueden ser movidos fácilmente a nuevos sitios, proporcionando así gran utilidad y rapidez de servicio.

Otra ventaja, constituye el hecho de que pueden ser construidos en sitios en que los materiales y la mano de obra son disponibles a más bajo costo, y una vez construido, ser enviado a su sitio de operación.

Además, el tiempo requerido para la construcción de un dique flotante, es mucho menor que aquel que se necesita para la construcción de un dique seco de tamaño similar.

Un dique seco flotante tiene además otra ventaja sobre uno fijo permanentemente, ya que si este es construido en partes, puede contraerse o expandirse fácilmente de acuerdo a las necesidades.

Otra ventaja de un dique seco flotante es que puede hacerse en cualquier rango de tamaño deseado. Esta es una ventaja muy definida cuando se compara con diques secos fijos o rieles marinos. Estos últimos no pueden ser construidos económicamente favorables en tamaño con una capacidad menor de 5.000 toneladas, mientras que muy pocos diques secos flotantes son considerados antieconómicos.

Otro factor que hace de un dique seco flotante muy ventajoso, es que pueden ser construidos con un alto grado de autosuficiencia, al disponer de bombas, válvulas y otros accesorios que a más de bajar y elevar el dique, proveen de diferentes servicios al buque que se encuentra reparando como ser: Servicios de agua salada, Agua dulce, Poder eléctrico, Descar-gas de aguas servidas, Aire a presión para limpiar el casco, etc., servicios de los que dispone en cualquier sitio en que se encuentre operando.

Una ventaja más del dique flotante, es que puede alistarse para re-cibir a un buque averiado, asentándose, encabuzándose, escorándose o combinaciones de estas, colocándolo en condiciones practicamente normales , ventaja que está reducida a un grado mínimo cuando se trata de varaderos de rieles o diques secos fijos.

Los diques secos flotantes así también tienen dos ventajas importantes; en primer lugar los problemas de mantenimiento son muy serios, además de que su operación requiere especiales conocimientos y cuidados.

Esta desventaja es muy marcada para diques pequeños, que no disponen de facilidades para autocarenamiento y necesariamente deben entrar a otro dique de dimensiones mayores para efectuar los trabajos de mantenimiento y reparación. Lo que implica un gasto considerable y una pérdida de tiempo laborable, muchas veces perjudicial.

Este grado de desventaja disminuye a medida que aumenta el tamaño y capacidad del dique, es decir, cuando la estructura la conforman 3 ó más partes que pueden carenarse alternativamente sin necesidad de recurrir a los servicios de otro dique, ya que estos poseen un alto grado de autosuficiencia.

Para grandes diques flotantes, existe además una desventaja secundaria, puesto que si son construidos en tiempos de guerra, resulte muy difícil la disponibilidad de materiales para su construcción.

#### IV.- TIPOS DE DIQUES FLOTANTES.

Los diques secos flotantes, pueden ser clasificados en diferentes formas. Una de las principales es aquella que agrupa tipos militares y no militares. El tipo no militar comprende principalmente, a aquellos diseñados para uso comercial (YARD) y contiene solamente la maquinaria necesaria para la operación del dique y el varamiento de los buques; generalmente es complementado por fuentes externas para el suministro de poder eléctrico, agua y en algunas ocasiones, aire comprimido.

El tipo militar, por el contrario, es una unidad con auto-contenido y auto-suficiencia, además del equipo de bombeo y descarga, y el manipuleo del varamiento del buque, tiene maquinaria para la generación de poder eléctrico, agua dulce, aire comprimido, vapor, bombas y circuitos contra incendio, etc.

Cuando está acompañado de una barcaza de accesorios, que contiene equipo de reparación y cuartos suplementarios, constituyen un sitio de reparación con la misma capacidad de una avanzada base.

Otro tipo de clasificación de diques, la constituyen los que tienen la proa cerrada y los que tienen proa y popa abiertas.

El primer tipo (proa cerrada) tiene en la popa una compuerta movida.

hidráulicamente y es un tipo de dique en yue parte de la boyantez requeri da para soportar un buque de dimensiones máximas, se phovee por medio de los tanques inferiores, tiene asímismo, La desventaja de tener una limita ción en la longitud de los buques yue pueden vararse, no así en el tipo a bierto en proa y popn en el cual, pueden vararse buques de una eslora m yor que la del dique.

Otro método de clasificar diques y probablemente la más importante cuando se trata de diseñar un dique, a designándolos como: tipo de una pieza g tipo seccional o seccional modificado.

El primer tipo, ofrece la ventaja de una gran resistencia longitudi nal y rigidez: tiene dos desventajas sin embargo, y es que requiere varar se en otro dique para carenarse y su tamaño se limita para propósitos prác ticos a alrededor de 8.000 a 10.000 toneladas de capacidad de levante ca mo máximo. Un dique mucho más grande tendrá dimensiones tales que para efectos de cálculos estructurales requerirán materiales de espesor poco común y en un aspecto secundario no le permitirían el pa60 por el canal de Panamá, sin una preparación especial.

A este tipo de diques pertenecen aquellos cuyos símbolos son:

ARD.- Auxiliary Repair Dock

AFDL.- Auxiliary Floating Drydock, Little.



La característica distintiva de los diques ARV es su forma de buye en sí. Difiere de todos los otros tipos que tienen los extremos abiertos ya que este tiene cerrado un extremo (proa) g el otro (popa) una compuerta pivoteada en la parte inferior g movida hidráulicamente Fig. 1

Los diques de este tipo contruídos hasta ahora tienen una capacidad que varía desde 2.200 toneladas hasta 3.500 toneladas.

Los diques AFDL como dijimos anteriormente tienen los extremos abiertos g no son autocarenables, pero siendo relativamente pequeños pueden ser varados en una "parrilla" o varadero de rieles o en un dique de dimensiones mayores.

Este tipo puede subdividirse en 4 sub-grupos de acuerdo a su tamaño, g capacidad de levante.

a.- Capacidad .- 1.000 Tons.

Estos diques son de una construcción de acero soldado g tienen una capacidad promedio de 1.000 tons. Son adecuados para varamientos de barreminas (AM) caza submarinos (PC); tanqueros para agua (AT) g obviamente para buques de tamaño similar como remolcadores, buques de pasajeros pequeños, pesqueros, etc. Fig. 2

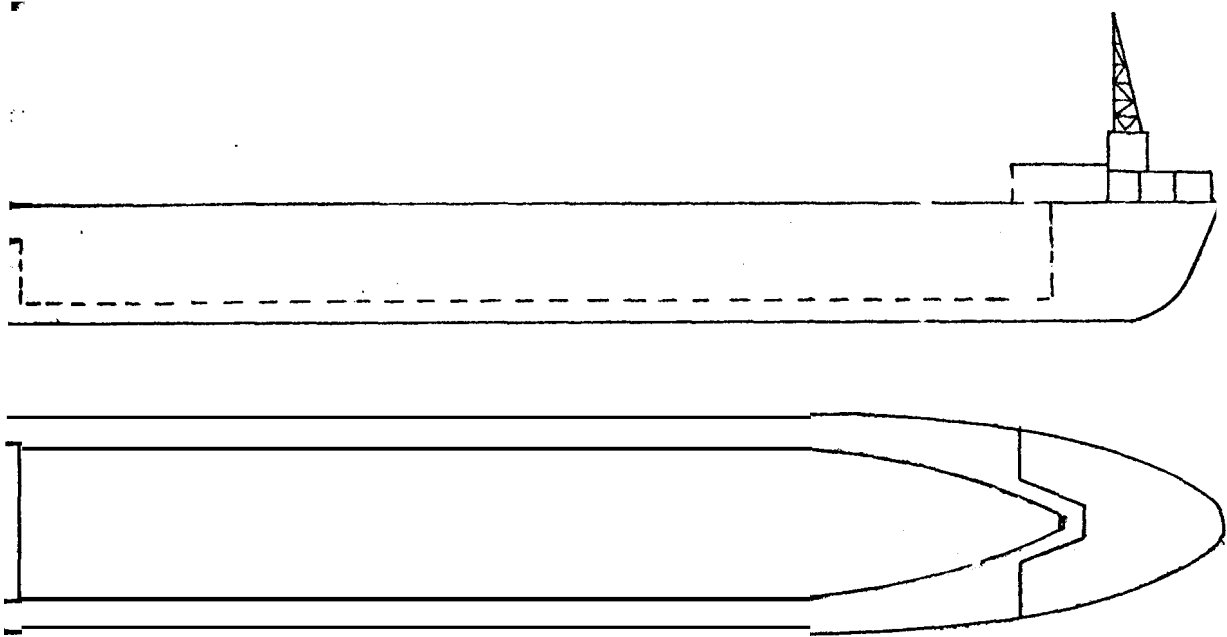


FIG. 1 - DIQUE TIPO ARD

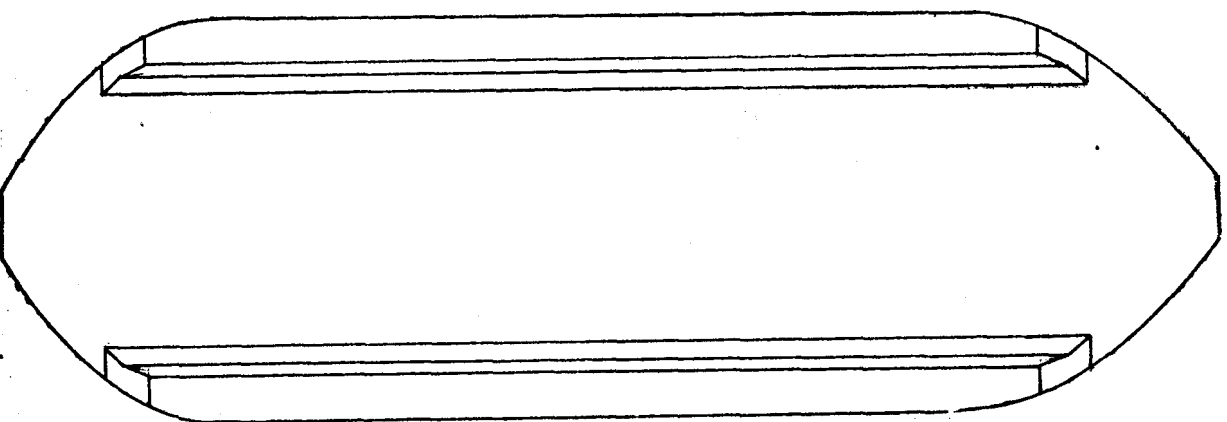


FIG. 2 - DIQUE TIPO AFDL

b.- Capacidad.- 1.900 tons.-

Los diques de este grupo son substancialmente similares a los diques de 1.000 toneladas, con la excepción de que pueden ser hechos con paredes laterales más altas y más largas para acomodar buques (€)€ destructores y ciertos tipos de submarinos.

c.- Capacidad. - 2.800 Tons -

La más distintiva característica de estos diques es que no son construidos de concreto reforzado y son adecuados para varamiento de submarinos (SS) buques transporte (LST) y otros buques de tamaño similar.

d.- Capacidad.- 6,500 Tons.-

Existe a la presente solamente un dique de este grupo, es el más largo dique de una sola pieza y es adecuado para varamiento de buques mercantes y requiere para su carenamiento de el uso de dique seco o de un dique seco flotante multiseccional.

#### DIQUES TIPO SECCIONAL

Tipo AFDM (Auxiliary Floating Drydock Medium).-

Los diques de este tipo son construídos en 2 tamaños 8 de los 10 construídos tienen una capacidad de 18.000 toneladas, los otros 2 , son de 15,000 toneladas.

Excepto por esta diferencia en capacidad de levante y dimensiones , las características básicas y principios de operación son los mismos en todos los diques de este tipo.

Los diques AFOM se construyen de acero soldado se componen de una sección central y 2 pequeñas secciones extremas, cada aeccidn consiste de un pontón y 2 paredes rectangulares laterales y fijas. Las secciones de los extremos y las paredes de los costados en sus extremos (sección central) son construídos de tal modo que las tres secciones se ensamblan formando un solo cuerpo, contínuo, abierto en los extremos.

Las secciones de los extremos son diselados con suficiente capacidad de levante, de modo que cuando se desconecten de la aeccidn central pueden usarse para elevar esta aeccidn con suficiente espacio para hacer carenamiento ,

El varamiento de las secciones extremas se logra fácilmente girando Lea 90° y varándolos como cualquier otro buque dentro de la aeccidn central. Fig. 3

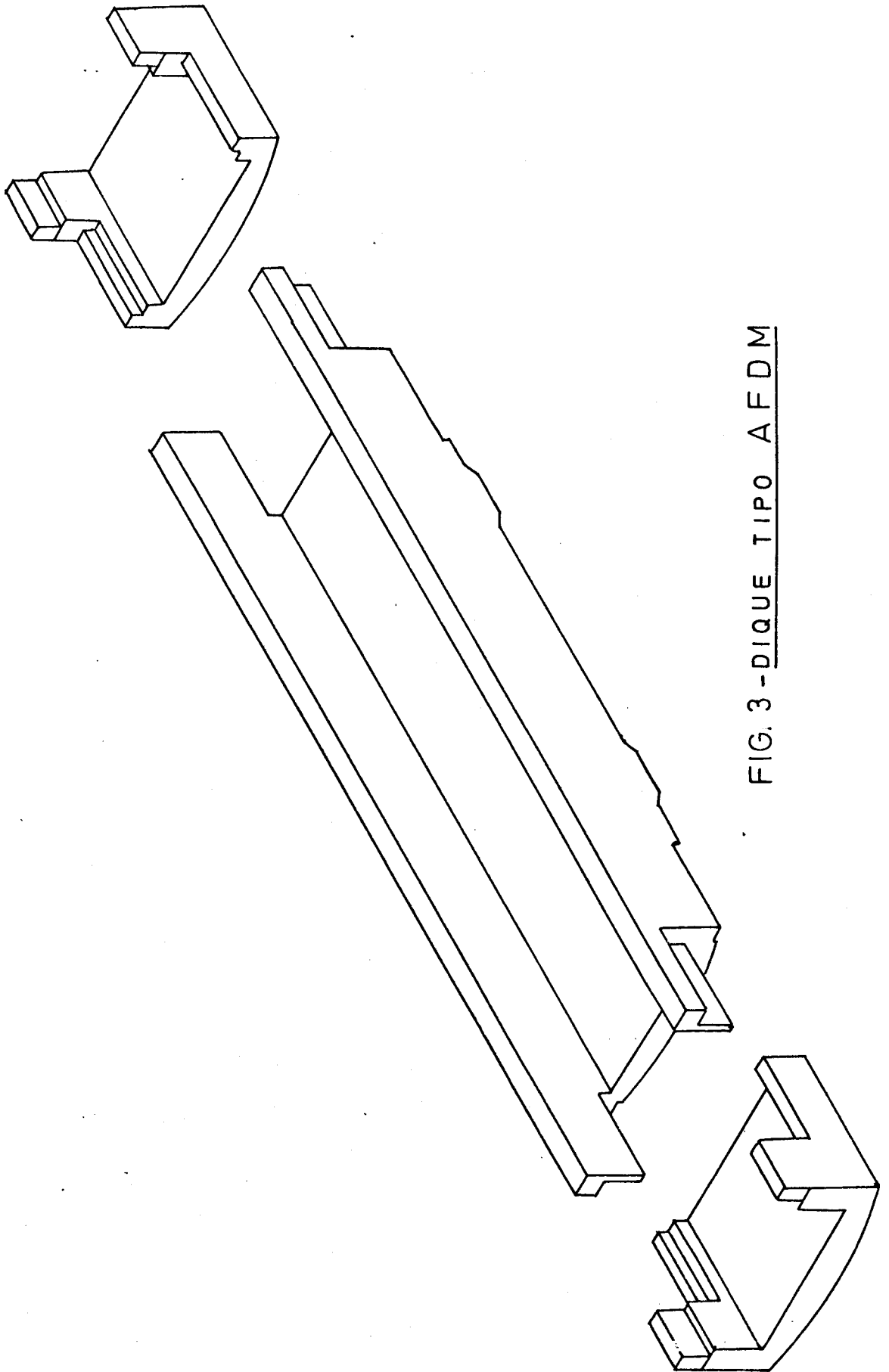


FIG. 3-DIQUE TIPO AFDM

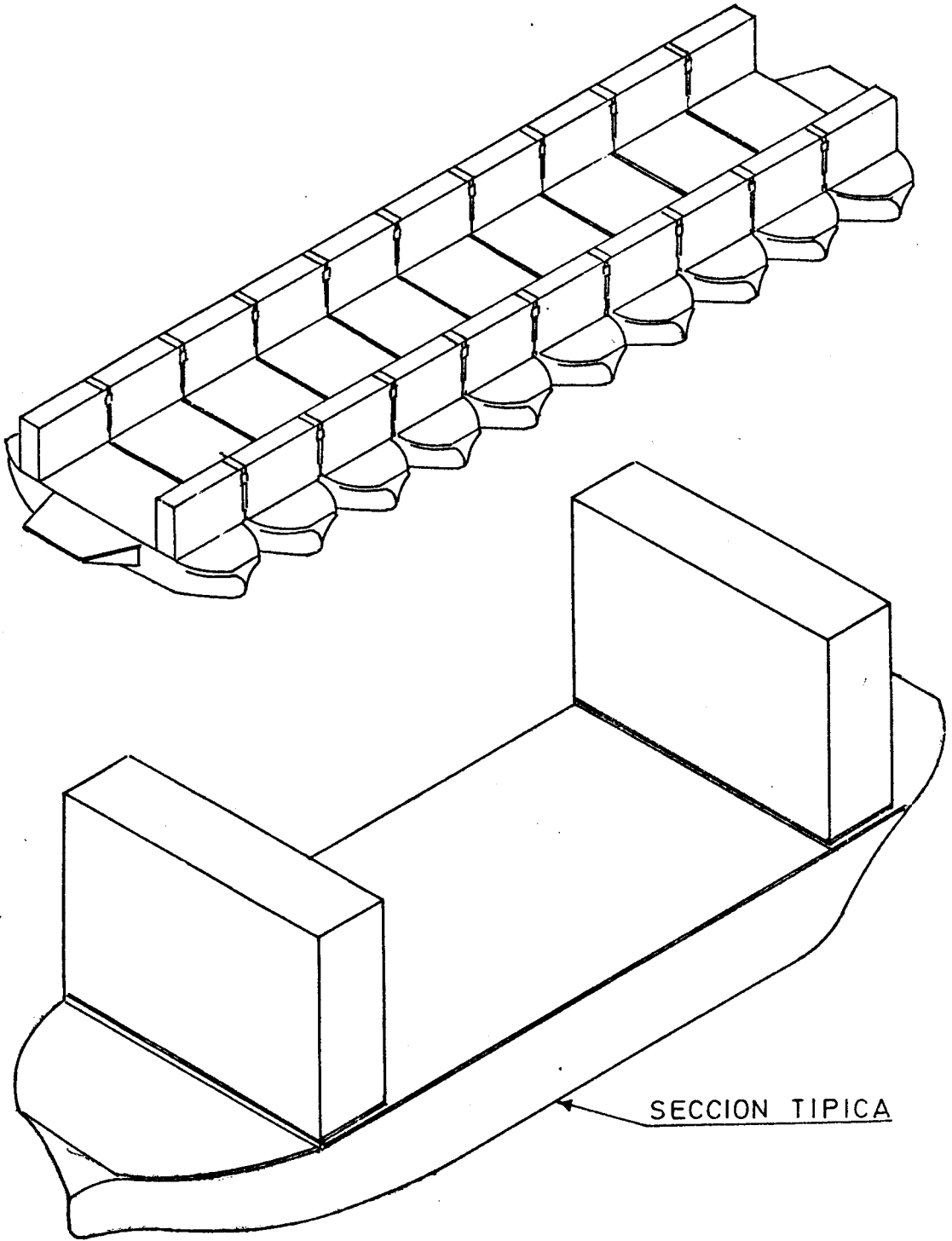
## Tipo AFDB (Auxiliary Floating Drydock Big .-

Es el tipo de dique flotante más grande que existe, se componen de varias secciones, cada sección puede remolcarse a una **base** distante y **en** samblarse a otras secciones similares para constituir un dique de extremos abiertos, capaz de varar la más grande estructura flotante, asimismo pueden ser desconectadas las secciones y remolcarse a otro sitio para re ensamblarse de acuerdo a la necesidad.

Cada sección del dique tiene su propios contenido de plantas de poder, equipos de suministros, bombas, etc. Los espacios dentro de las paredes laterales están subdivididas a determinadas alturas por las cubiertas de seguridad, bajo estas, se forman los compartimientos de inmunda - ción. Los espacios sobre las cubiertas de seguridad se usan para vivien - da y talleres.

Cuando las varias secciones han llegado al lugar seleccionado, el ensamblaje del dique se logra, elevando primero las paredes laterales en sus secciones individuales y asegurándolas en la parte inferior del pontón. Las paredes laterales de las secciones adyacentes se conectan entonces por medio de platinas de acero especiales.

Esto da al **dique** la rigidez longitudinal necesaria para funcionar coma una sola estructura. Fig. 4



DIQUE TIPO A FDB - FIG. 4

La capacidad de estos diques, varían de acuerdo al número de piezas ensambladas. En general tienen una capacidad de levante mínimo requerida para los fines económicos, y una capacidad de levante máxima, determinada por las limitaciones de espacio y peso, estas capacidades se encuentran entre 30.000 y 60.000 toneladas respectivamente.

Las ventajas y desventajas analizadas en el capítulo anterior son comunes a cada uno de los tipos de diques exceptuando lo concerniente a carenamiento, reparación y mantenimiento en general, ya que los diques seccionales poseen la gran ventaja de ser autocarenales, según se analizó en dicho capítulo y en la descripción de estos tipos de diques.



## V.- DEFINICIONES GENERALES.-

La porción horizontal inferior de la sección transversal en forma de U, la cual forma la estructura del dique, se llama PONTON. La parte superior del pontón forma una plataforma plana, en la cual, a través de 3 ó más filas de bloques, asienta el buque que va a ser reparado.

La quilla del buque descansa sobre los bloques de quilla. "En los costados de los bloques de quilla, hay una ó más columnas de "bloques laterales" . En ciertos tipos de buques se usan cuñas laterales móviles, en lugar de bloques laterales, siendo móviles a través de un sistema de cadenas, ubicadas al costado de las paredes laterales, manipulándose desde cubierta por medio de llaves especiales, siendo halados, hasta llegar a una posición de tope con el casco del buque y soportarlo, luego de que la quilla ha asentado sobre los bloques centrales ,

La cubierta del pontón constituye el principal espacio de trabajo en el cual están concentradas todas las actividades relacionadas con los trabajos a ser realizados en el buque.

Para incrementar el espacio longitudinal o espacio de trabajo generalmente se colocan plataformas en cantiliver a los extremos de la cubierta de los pontones. Estas plataformas no constituyen específicamente una parte del casco del buque, pero son convenientes prácticamente para colocar andamios de trabajo alrededor de los extremos del buque.

A lo largo de los costados del pontón se encuentran las paredes laterales que se extienden verticalmente para formar con el pontón la forma de "U" del dique en su sección transversal, y son hechas de tal altura - que la porción superior tendrá una determinada distancia sobre el nivel de agua aún cuando el dique está sumergido para recibir o desvarar al más grande buque que sea capaz de entrar.

Longitudinalmente, las paredes laterales usualmente se extienden en toda la longitud del dique, aunque algunas veces pueden ser cortados en pequeños sectores en los extremos. La cubierta superior de las paredes laterales provee durante la etapa de sumergencia el equipo necesario y el espacio de trabajo para manipuleo.

Sobre esta cubierta se deslizan las grúas que se encargan del transporte de materiales.

Los "Puentes Volantes" a menudo se instalan en uno o ambos extremos del dique, para proveer un paso entre las paredes laterales, consisten en brazos pivotados en cantilever, los cuales pueden ser abiertos a voluntad para permitir la entrada o salida del buque.

La mayoría del espacio contenido dentro del pontón y paredes laterales se utilizan para la distribución de los "compartimientos de lastre" o "cámaras de flotación". La admisión o remoción de agua desde estos es-

pacios constituyen la operación fundamental que obliga al dique a sumergirse o elevarse.

Es obvio que si se permitiera al agua llenar todos los espacios cerrados entre el pontón y las paredes laterales, el dique se hundiría ; por esta razón ciertas porciones de estos espacios, se hacen estancos y se mantienen desocupados. Las cámaras de aire entonces formadas, mantienen al dique flotando y su tamaño determina el límite, el cual el dique, se sumergirá cuando cuando los compartimientos de lastre estén llenos.

Las cámaras de boyantez en el pontón y los compartimientos de seguridad sobre las cubiertas de seguridad, son intencionalmente para este propósito. Los compartimientos de lastre, de seguridad y cámaras de boyantez se subdividen además por medio de mamparos estancos, en numerosos compartimientos más pequeños; esto se hace para añadir estabilidad al dique y para seguridad en caso de avería.

## VI.- SELECCION DEL TIPO.-

*EL diseño de un dique seco ~ L o ~ está regido por una variedad de factores técnicos y operacionales.*

*Las consideraciones militares específicas tienen también importan-  
cias primaria en el diseño de un dique de tipo militar, algunos de los  
cuales son usados en el diseño de un dique no militar.*

*Usualmente, la mayor cantidad de requerimientos básicos dados al  
diseñador, la constituyen las características de diseño de los buques a  
vararse, los mismos que se determinan por la selección de una longitud  
total, manga máxima, calado, desplazamiento y centro vertical de grave-  
dad (KG) de una lista completa de buques para los cuales el dique esta-  
rá disponible.*

*Estando dirigido nuestro criterio al diseño de un dique no mili-  
tar, será lógicamente necesaria la selección de un tipo de dique que  
reuna estas condiciones.*

*Estará por lo tanto desprovisto de sistemas de defensa, almacena-  
miento de municiones, sistemas contra incendio, etc. y contará con la  
maquinaria indispensable para el bombeo de agua y provisión de servi-  
cios varios.*

Considerando el aspecto económico, el dique debe ser abierto en proa y popa para dar cabida a buques de una eslora mayor a la seleccionada para el dique propiamente. Además de acuerdo a la factibilidad de la demanda puede construirse un dique de dimensiones similares al ya construido, para acoplarse a éste una vez hechos los arreglos necesarios para la operación conjunta, duplicándose en esta forma la capacidad de levante, operando por lo tanto de acuerdo a la necesidad, sin desperdicio de energía y tiempo.

Considerando todavía el aspecto económico, de ser posible el dique debe tener facilidades para efectuar el "autocarenamiento" es decir que no necesite entrar en otro dique de mayor tamaño a fin de hacer mantenimiento y posibles reparaciones o averías.

Debe considerarse además los aspectos de construcción, ya que no existiendo actualmente en nuestro medio un astillero que permita la construcción de estructuras flotantes de dimensiones relativamente mayores, resulta imposible concebir la construcción de un dique de una eslora considerable.

Además, el dique debe ser de geometría sencilla que permita una construcción así mismo sencilla y rápida, sin las complicaciones propias de un dique de dimensiones mayores.

Por lo analizado en las características de los diferentes tipos de diques, y de acuerdo a las necesidades económicas y operacionales expuestas, aislamos un tipo de dique que reúne los requisitos más importantes de tamaño, operación y factibilidad de construcción; es el tipo AFDL, que como describimos en forma breve anteriormente, corresponde al tipo de una sola pieza, abierto en proa y popa, con cubierta de seguridad que sirve a la vez para habitabilidad, sala de controles, pañoles y para proveer reserva de boyantez en la operación de inundación.

El principio de operación, corresponde al básico de los diques fluyentes, es decir, bombeo de agua al interior de las cámaras y paredes laterales innovándose el sistema de achique el mismo que se estudiará para ocasionar un mínimo gasto de energía y tiempo.

Este tipo de dique originalmente no reúne el requisito indispensable de tener facilidades para el autocarenamiento, por ser de una sola pieza o sección, debiendo necesariamente entrar en un dique o varadero de dimensiones mayores a fin de efectuar el mantenimiento de rigor.

En nuestro medio no existe aún un varadero-taller que provea esta facilidad, proponiéndose como solución a esto, un estudio paralelo relacionado a la construcción de un astillero de grada en pendiente para impulsar la construcción naval, proyecto que está en vías de elaboración y que tenderá a aumentar su capacidad conforme aumenta la demanda de construcción.

trucciones y, que luego de una etapa de progreso efectivo, estará en capacidad de recibir el dique flotante, si consideramos que el desplazamiento de éste es relativamente bajo en comparación con las medidas principales y su peso podría considerarse uniformemente distribuido, por la forma del casco.

También, podría disponerse el dique con pines o ejes actuando a un costado, contra un muelle o amarra, de modo que al achicarse un costado y estando sujeto el lado opuesto, el dique adquirirá una escora tal que permita el trabajo de mantenimiento e inspección en el fondo; por to tanto, en dos sucesivas operaciones, la extensión completa de la estructura puede ser expuesta para una completa inspección. Este último método tiene la desventaja de implicar un gasto extra en la construcción de un muelle especial para este fin, pese a que serviría para las futuras maniobras.

El material a usarse en la construcción de un dique flotante he establece usualmente de acuerdo a los requerimientos básicos y el estudio de selección está supeditado a consideraciones de costo y disponibilidad,

El problema de mantenimiento es también considerado como uno de los factores predominantes.

Hasta el presente, solo 3 materiales básicos han sido adoptados para este tipo de construcción: madera, acero y concreto reforzado.

La construcción en madera, particularmente en embarcaciones, es la más antigua y tiene como principales ventajas la alta disponibilidad de varias clases y grados; a un costo relativamente bajo, en su confección, se utilizan herramientas simples; la tendencia natural a flotar debido a su baja densidad hace al dique prácticamente no hundible, aún en condición de avería. La boyantez de la madera es por sí misma ampliamente suficiente para eliminar la necesidad de cámaras de boyantez y tanques. Finalmente, con un tratamiento y protección adecuadas, la madera sumergida constantemente en agua no se deteriora en una apreciable extensión, disminuyendo así los gastos de cuidados y mantenimiento.

La principal desventaja la constituye el excesivo peso por unidad de longitud y la baja resistencia estructural de este material.

La construcción en acero constituye la tendencia moderna en la industria naval. Las ventajas técnicas son ampliamente satisfactorias para esta preferencia.

Un dique con estructura de acero es mucho más fuerte, rígido y menos voluminoso y abultado que una estructura de madera del mismo peso. Debido a las nuevas técnicas es también mucho más fácil de construir.



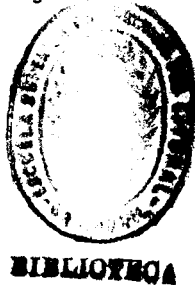
En cuanto al costo relativo, este es un poco mayor, pero la influencia de los factores anteriores son suficientes a favor del acero.

Su principal desventaja es el mantenimiento periódico y sus consecuentes gastos, como consecuencia del deterioro del acero en el agua salada

El concreto reforzado, por otro lado, ofrece la gran ventaja de eliminar en alto grado el problema de cuidado y mantenimiento, debido a la acción prácticamente nula del agua en la superficie de concreto.

En cambio, este material tiene el campo restringido por ciertas limitaciones, ya que las dificultades técnicas de diseño limitan el tamaño del dique en proyecto. La relación peso-esfuerzo es finalmente una desventaja adicional.

Por lo expuesto anteriormente, el material apto para la construcción de un dique flotante es el acero; material disponible en nuestro medio y la técnica en construcciones con este material, ha alcanzado un grado tal que hace perfectamente factible la ejecución del proyecto.



## VII.-SELECCION DE DIMENSIONES.-

### DIMENSIONES DE LINEAS EXTERIORES.-

Las características dimensionales del dique flotante se establecen por un número de consideraciones los cuales pueden agruparse bajo 2 títulos principales:

- a.- Requerimiento impuestos por los buques a ser varados.
- b.- Aquellos concernientes al auto-carenamiento.

El primer grupo define los requerimientos de desempeño y capacidad de levante, determinados por factores tales como: manga máxima, calado y longitud total de los buques que van a ser introducidos dentro del dique, así como también la longitud máxima soportable, peso y altura del centro de gravedad KG.

El segundo grupo cubre los requerimientos de esfuerzos seguridad y estabilidad del dique.

Para propósitos de diseño, consideramos el diseño de una sección standard, tal como la sección típica mostrada en la Fig. 5

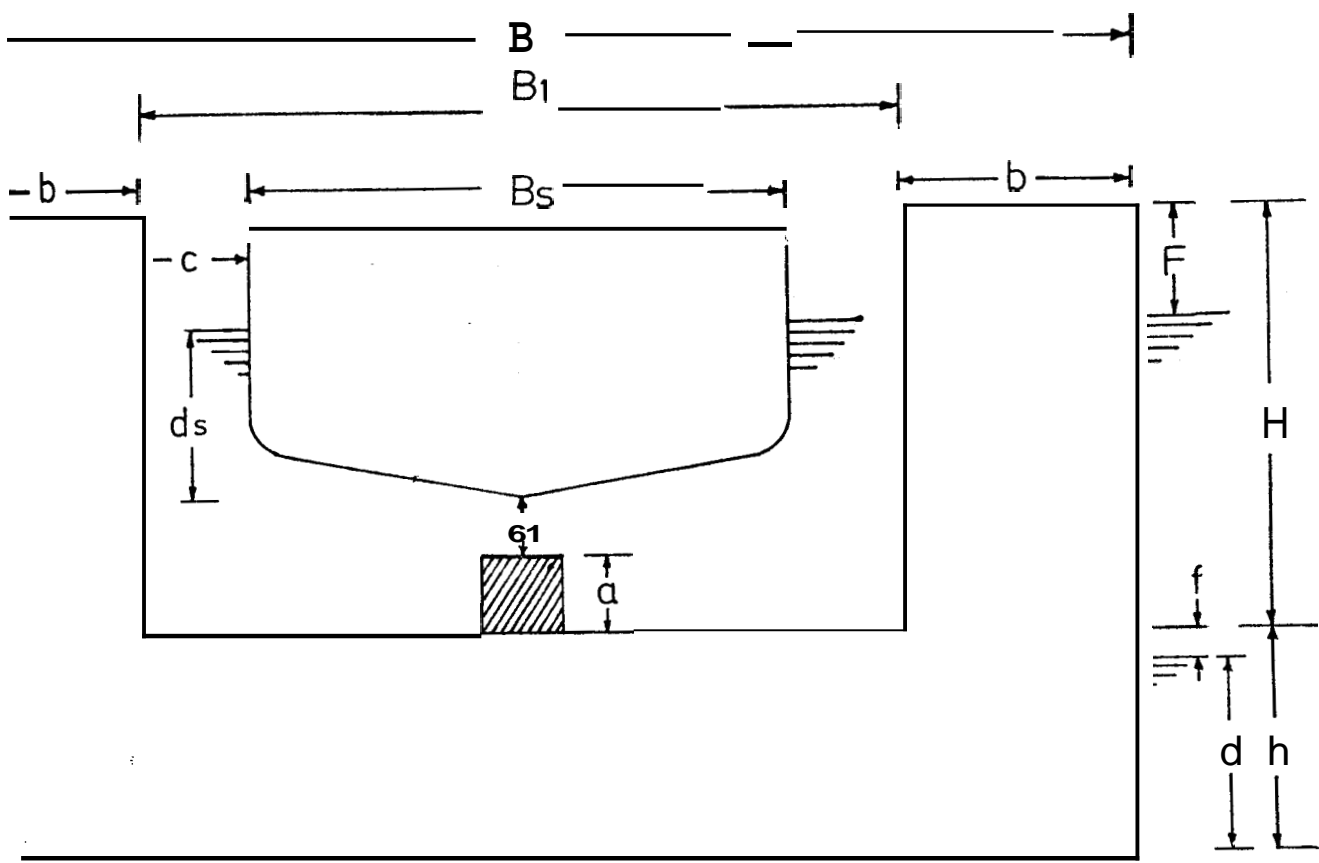


FIG. 5

Las características dimensionales se indican con las siguientes anotaciones:

$B$  = Manga del dique.

$H$  = Alto de las paredes laterales sobre la cámara de varamiento.

$b$  = Ancho de las paredes laterales.

$h$  = Profundidad o alto del pontón o tanque de fondo.

$B_1$  = **Ancho** a manga interior del canal del dique.

$D$  = Puntal del dique.

$a$  = Alto del bloque central

$c$  = Espacio entre paredes laterales y buque varado.

$F$  = Franco bordo del dique en máxima sumergencia.

$f$  = Mínimo franco bordo del pontón.

$B_s$  = Manga del buque varado.

Con estas notaciones las principales dimensiones del área seccional pueden ser resumidas como sigue:

$$B = B_1 + 2b \quad (1)$$

$$B = B_s + 2c \quad (2)$$

$$D = H + h \quad (3)$$

$$H = d_A + a + c_1 + F \quad (4)$$

Las dimensiones referentes a longitud del pontón, puntal, ancho entre paredes laterales, altura de paredes laterales, constituyen las principales funciones de las características de los buques a ser varados. Por lo tanto, es necesario establecer una estadística de los posibles buques a vararse para componer una lista de las medidas críticas o máximas de los buques.

## LONGITUD DEL DIQUE

La longitud del dique se mide por la longitud de la cubierta del pontón. Es obvio que esta longitud deberá ser suficiente para acomodar la longitud completa del buque que usará sobre los bloques centrales. Siendo nuestro tipo de dique con proa y popa abiertas, resultará perfectamente factible permitir la entrada de buques de mayor longitud que la del pontón del dique, pudiendo sobresalir el sector de proa inmediata a la parte en que ajustan los bloques laterales, ya que generalmente en esta parte no se concentran mayores pesos a excepción de anclas, cadenas, winches y otros; y el sector de popa en el que se hallan palas de timones, hélices, ejes propulsores.

Para facilitar el trabajo en estos sectores, proveeremos el dique de secciones extremas en forma de proa común, no para soportar pesos mayores o constituir parte estructural del dique, sino para el uso arriba indicado, y además, disminuyendo los efectos de resistencia friccional cuando se trate de remolcarlo.

Para la selección de la eslora, nos basamos en primer lugar en la estadística de los posibles buques a vararse, tomando de ellos las características o dimensiones principales que van a incidir directamente en las medidas del dique y en segundo término, en la factibilidad de construcción en nuestro medio.

De acuerdo a la estadística efectuada en los archivos de la Dirección de la Marina Mercante y del Litoral, existen registradas embarcaciones motorizadas de diferentes tipos, considerando desde una eslora de 60 pies en adelante (se estima que las embarcaciones menores de esta medida no representan un factor económico considerable y son factibles de vararse con relativa facilidad en las parrillas existentes).

Para visualizar en una forma clara las características dimensionales de estas embarcaciones, las agrupamos en series de buques con diferencias de 10' de eslora, tomando las dimensiones máximas de cada grupo, de las cuales a su vez se seleccionarán las medidas de diseño, es decir las dimensiones de un buque imaginario que tenga estas características, las cuales servirán de base para la selección de las medidas características del dique.

Estas medidas son consideradas, asumiendo que el buque a vararse, entra en condiciones de máxima carga, situación que suele ocurrir en casos de varamientos de buques con averías imprevistas en la obra viva como hélices, palas, etc.

La técnica seguida en la elaboración de esta estadística ha consistido en agrupar las embarcaciones conforme se explica anteriormente, de allí que no existe una continuidad en ellas, ya que las características de una a otra embarcación difieren de acuerdo al diseño y uso. Así por ejemplo: un remolcador de 90' puede tener un calado similar a un tanque

no de 180'

<u>L</u>	<u>B</u>	<u>H</u>	<u>Δ</u>	<u>#</u>
62 - 70	18'	6'	b6	652
71 - 80	20'	7'	150	236
61 - 90	24'	13'	224	64
91 - 100	24' 3"	6'	330	26
101 - 110	24' 9"	17' 3"	450	12
111 - 120	25'	8' 7"	490	14
121 - 130	26'	9"	536	8
131 - 140	27' 2"	12' 2"	617	6.
141 - 150	28' 4"	11' 4"	750	2
151 - 160	29'	10' 9"	972	, 11
161 - 170	32' 3"	11'	1108	8
171 - 180	32' 10"	12' 4"	1200	10
181 - 200	35'	13'	1190	12

*Analizando el cuadro anterior podemos diferenciar numericamente dos grupos definidos de embarcaciones: el grupo de 60 a 130 pies y el de 131 a 200 pies. Puede notarse que el primer grupo es numeroso en comparación con el segundo, Lo que haría razonar en un dique apto para recibir estas embarcaciones; sin embargo, considerando las dimensiones de los buques del segundo grupo, estos tendrían facilidad para vararse en un dique de tales dimensiones y lógicamente sería suficiente para las embarcaciones del primer grupo, Lo que no ocurriría en el caso contrario, M decir,*



que un dique de 200 pies de eslora daría cabida a un alto porcentaje de las naves de la Marina Mercante Nacional, lo que se justifica si se considera que el varamiento de unidades grandes significa un volumen de trabajo, y consecuentemente, ingresos mucho mayores. Además los programas de varamiento pueden arreglarse de modo que puedan vararse simultaneamente 2 embarcaciones entre 60 y 100 pies; evitando de este modo que el dique opere en una forma muy por debajo de su real capacidad.

Finalmente, debemos considerar que las instalaciones actuales no permiten construir una estructura de dimensiones mayores.

## MANGA DEL DIQUE

*El ancho del dique entre paredes laterales debe poseer espacio de trabajo adecuado alrededor de la máxima manga del buque de diseño. El mínimo para a t e espacio es usualmente 5 pies a cada lado, de tal manera que el ancho del dique medido en el interior de las paredes laterales será igual a La máxima manga del buque a vararse o del dique del diseño más 10'.*

*Este ancho, en conjuntto con el ancho "h" de las paredes mostrada en el gráfico debe proveer un efecto de plano de agua suficiente para dar a decuada estabilidad en La condición máxima de "dique sumergido". Esto será explicado más detalladamente en La sección relativa a estabilidad.*

*Este ancho de paredes laterales es también afectado por otros factores tales como: Espacio de trabajo en las cubiertas, espacio para alojamientos, mamparos, talleres, etc.*

*En base a los requerimientos operacionales, el ancho "b" de las paredes laterales deben tener un mínimo de 10', medida que al igual que la eslora esta sujeta a una variación pequeña si los cálculos de estabilidad así lo determinan.*

Es decir que tenemos seleccionadas las medidas "b" y "c" de la sección transversal.

Ahora analizando el cuadro de la estadística realizada con los posibles buques a vararse, de acuerdo al cuadro de medidas determinandos, observamos que la manga " $B_{\delta}$ " es 35' por lo tanto de (2) =

$$B_1 = B_{\delta} + 2c$$

$$= 35 + 2 \quad (5)$$

$$= 45' \quad \text{distancia entre paredes laterales; de (1):}$$

$$B = B_1 + 26$$

$$= 45 + 2 \quad (10)$$

$$= 65' \quad \text{manga moldeada del dique}$$

## PROFUNDIDAD Y FORMA DEL PONTÓN

Cuando la longitud y el ancho del dique han sido determinados como se describe, la profundidad y forma del pontón deben entonces ser establecidos, determinados y ajustados para satisfacer varios requerimientos.

En efecto, la profundidad del pontón y su conformación externa, son directa o indirectamente relacionadas a la eslora, manga, capacidad de levante y aún para el franco bordo de la cubierta del pontón cuando el buque de mayor tonelaje está en dique.

Por razonamientos lógicos de Arquitectura Naval deducimos que el máximo desplazamiento del dique o sea aquel desplazamiento determinado por el varamiento del más grande buque que pueda tener cabida, nos permite conocer el alto del pontón "d".

Este desplazamiento está determinado por :

Peso del buque ;

Peso del dique y

Peso del agua de lastre.

El peso del buque, por la estadística anterior es 1.200 tons. pero por razones que estudiaremos bajo el título "Desplazamiento y capacidad de levante". Este peso debe incrementarse con un margen de seguridad

que determina la máxima capacidad de levante. Asumimos este peso en 1.500 tons.

El peso del dique, por comparación con diques de medidas similares o aproximadas es 1.000 tons. (BUREAU OF YARDS AND DOCKS).

El peso del agua de lastre, es el peso del agua que no puede ser bombeada y alcanzará una altura aproximada de 1/2' en toda la superficie de los tanques. Asumiendo que la forma del pontón es uniforme en los 200' tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Volumen de agua } V &= 200 \times 65 + 0,5 \\ &= 6.500 \text{ p} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso de agua} &= \frac{6.500}{35} \\ &= \underline{165 \text{ tons.}} \end{aligned}$$

El desplazamiento total será:

$$\begin{aligned} &= 1.500 + 1.000 + 165 \\ &= \underline{2.665 \text{ tons.}} \end{aligned}$$

Por principios básicos de hidrostática, sabemos que cuando un cuer

po flota, el peso de este cuerpo es igual al peso del volumen de agua que desplaza la parte sumergida; es obvio entonces que si la longitud y ancho del dique son más o menos fijos, la profundidad y forma del pontón, las cuales son las que determinan el desplazamiento del dique deben establecerse de tal modo que satisfaga aquel principio básico.

Asumiendo una disminución de 10' en la eslora por efecto de la curvatura de proa y popa y considerando así mismo, el pontón de forma uniforme tenemos:

$$2.685 \times 35 = 93.980 \text{ p}^3$$

$$93.980 = L \times B \times d$$

$$93.980 = 190 \times 65 \times d$$

$$d = \frac{93.980}{190 \times 65}$$

$$= 7' 6''$$

La profundidad del pontón está dada también por los requerimientos de esfuerzos estructural, añadiéndose a esto, el franco bordo del pontón, que según reglas establecidas tiene un mínimo de 1' para diques de 1.000 tons. siendo nuestro dique de capacidad 1.500 tons. asumiremos un franco bordo  $f$  de 1'6", por lo tanto la profundidad del pontón será:

$$h = d + f$$

$$\begin{aligned}
 &= 1' 5'' + 1' 6'' \\
 &= 9' 0''
 \end{aligned}$$

### ALTO DE LAS PAREDES LATERALES.-

Usualmente, tratándose de requerimientos básicos, hay uno que establece el mínimo franco bordo a la parte superior de ad cubierta de las paredes laterales cuando el dique se sumerge a la máxima profundidad. - En esta condición de máxima sumergencia se requiere generalmente como medida de seguridad que un espacio de por lo menos 1' se permita entre la parte superior del bloque de quilla y la quilla del buque con más calado que va a ser varado, siendo designado con  $\underline{a}$  en el gráfico. (Fig.5)

Estos espacios y el franco bordo se estiman por consideraciones prácticas y de experiencia operacional, así, la altura  $\underline{a}$  del bloque de quilla, debe permitir el acceso al fondo del buque y trabajar con cierta comodidad en ese sector, y el franco bordo  $\underline{F}$  debe proveer la reserva de boyantez necesaria. Los siguientes son los valores mínimos recomendados por el Bureau de diques:

$$a = 5' \qquad F = 3'$$

Siendo el máximo calado  $\underline{ds} = 13'$  Tomado de las estadísticas de los buques a vararse, podemos deducir el alto de las paredes laterales

*medido desde la cubierta del pontón*

$$\begin{aligned} H &= ds + a + c_1 + F \\ &= 13 + 5 + 1 + 3 = 22' \end{aligned}$$



## DISTRIBUCION INTERNA DE ESPACIOS DE FLOTAMIENTO Y BOYANTEZ.-

En la condición de máxima sumergencia todos los compartimientos de lastre del dique, están completamente llenos. En otras palabras, todos los espacios donde por medio de la abertura de ciertas válvulas, se permite la entrada de agua ya sea por gravedad natural o por medio del sistema normal de bombeo, están completamente inundados.

Esto se arregla en el diseño del dique, de tal modo que aún en el caso de falla u operación errónea no puede entrar más agua al dique cuando se ha alcanzado el límite establecido de sumergencia, y además el dique no puede hundirse mientras se mantenga íntegramente la estanquedad de los espacios de boyantez. Por lo tanto en esta condición, el principal fundamento hidrostático para un cuerpo que flota debe satisfacer entonces:

Peso del dique + Peso de máximo contenido de agua = Desplazamiento del dique en máxima sumergencia.

Además :

Peso del dique = Desplazamiento de los espacios de boyantez bajo la línea de agua cuando el dique está flotando al mínimo calado.

Por geometría externa se establece que el desplazamiento a máxima

sumergencia es:

$$\begin{aligned} \text{Paredes laterales} &= 28' \times 10' \times 160' \times 2 \\ &= \underline{89.600 \text{ p}^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pontón} &= 45' \times 9' \times 180' \\ &= \underline{72.900 \text{ p}^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total} &= 89.600 + 72.900 = \underline{162.500 \text{ p}^3} \\ &= 4640 \text{ tons} \end{aligned}$$

Por lo tanto, el peso total de máxima agua contenida debe ser:

$$4.640 = 1.000 + \text{Peso máximo agua contenida.}$$

$$\text{Peso máximo agua} = 3.640 \text{ toneladas.}$$

Para conocer el alto de los tanques laterales desde La cubierta del pontón tenemos:

$$\text{Volumen de agua} = 3.640 \times 35 = 127.400 \text{ p}^3$$

A este volumen de agua total disminuimos el volumen del pontón:

$$= 127.400 - 104.300$$

$$= 23.100 \text{ p}^3$$

Por lo tanto:

$$23.100 = 2 \times 160' \times 10' \times h'$$

$$23.100 = 3.200 h'$$

$$h' = 7.2' \text{ (pies)}$$

Esta altura variará para compensar el espacio ocupado por bombas, tuberías y accesorios, como se verá más adelante.

Con la geometría externa del dique, ya establecida, el arreglo de esta cantidad máxima de agua contenida y el volumen de la cámara de boyantez puede lograrse fácilmente por medio de la distribución interna de los espacios de boyantez y flotamiento.

## DESPLAZAMIENTO Y CAPACIDAD DE LEVANTE

*La capacidad de Levante de un dique seco flotante, puede definirse como la cantidad de carga que puede colocarse en el dique sin causar su emergencia más allá del límite pre-establecido. En esta condición, el desplazamiento del dique cargado, incluirá no solo el peso del dique mismo, sino también el peso del buque varado.*

*Las consideraciones hechas en el título anterior relativas a la profundidad y forma del pontón de un dique seco flotante, son también aplicables al problema de la capacidad de Levante.*

*Como una consecuencia de la uniformidad de la sección del dique a lo largo de su eslora, la capacidad de Levante del dique es también uniformemente distribuido a lo largo de su eslora.*

*Para que un dique ejerza su máxima capacidad de Levante, todos los compartimientos de lastre deben bombearse completamente como sea practicable. El caso ideal ocurre cuando el peso del buque actúa con intensidad uniforme en los bloques en toda la longitud de la cámara del dique. Además, para permitir asiento longitudinal, el centro de gravedad del buque debe corresponder con el centro de boyantez del buque debe corresponder con el centro de boyantez del dique, el cual es el punto imaginario de aplicación de la fuerza soportante que el dique recibe desde el agua.*

Esta condición ideal nunca puede ser realizada completamente. **EL** peso del buque está usualmente lejos de ser uniformemente distribuido a lo largo de toda la longitud del **dique**.

Esto se puede ilustrar en el gráfico N<sup>o</sup> 6 en que el área bajo la línea gruesa representa la distribución del peso del buque a lo largo del dique. Indica claramente que la intensidad de la carga colocada por el buque en el dique está lejos de ser uniforme, siguiendo una trayectoria irregular. Se asume varado un buque cuya eslora es igual a la del dique.

Por otro lado, el dique se construye con una forma más o **meno**a uniforme a lo largo de la eslora. Es obvio **que** sería imposible hacer que la distribución de la capacidad de levante sea emparejada o igualada a aquella del peso del buque.

La capacidad nominal de levante del **dique** se representa en la Fig. 6 por el área contenida bajo la línea quebrada. Esta área es igual, excepto por su distribución al área representada por el peso del dique.

Teóricamente entonces, el exceso en capacidad de levante del dique sobre el peso del buque representando por las áreas marcadas con "A", deben corresponder a las áreas marcadas con "B" las que representan el exceso de peso del buque sobre la capacidad de levante del dique. Esto sin embargo induciría en el dique y en el buque un efecto de quebranto, si-

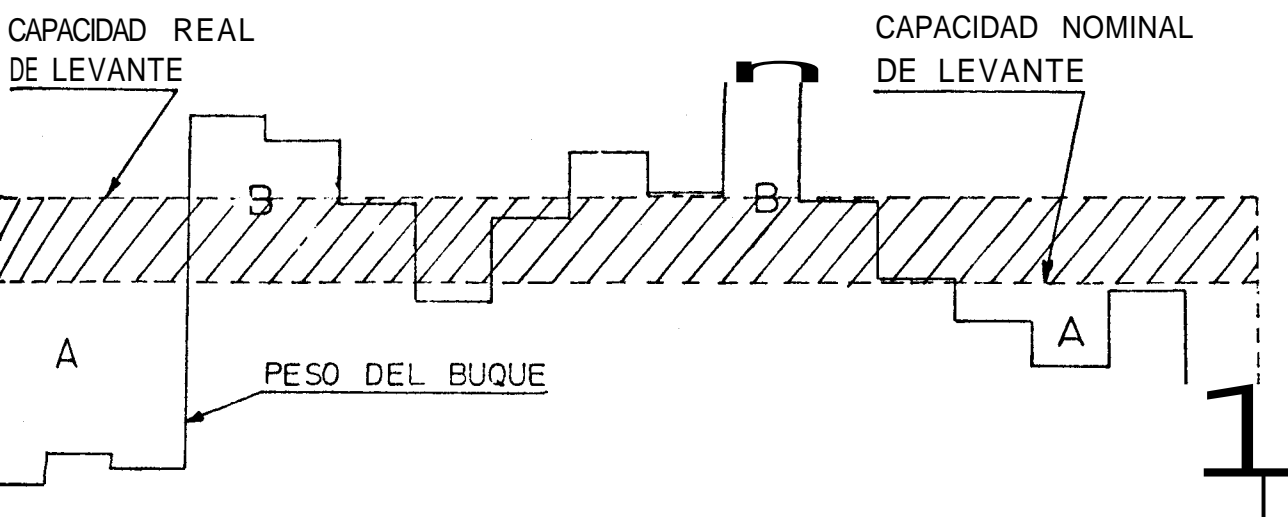


FIG. 6

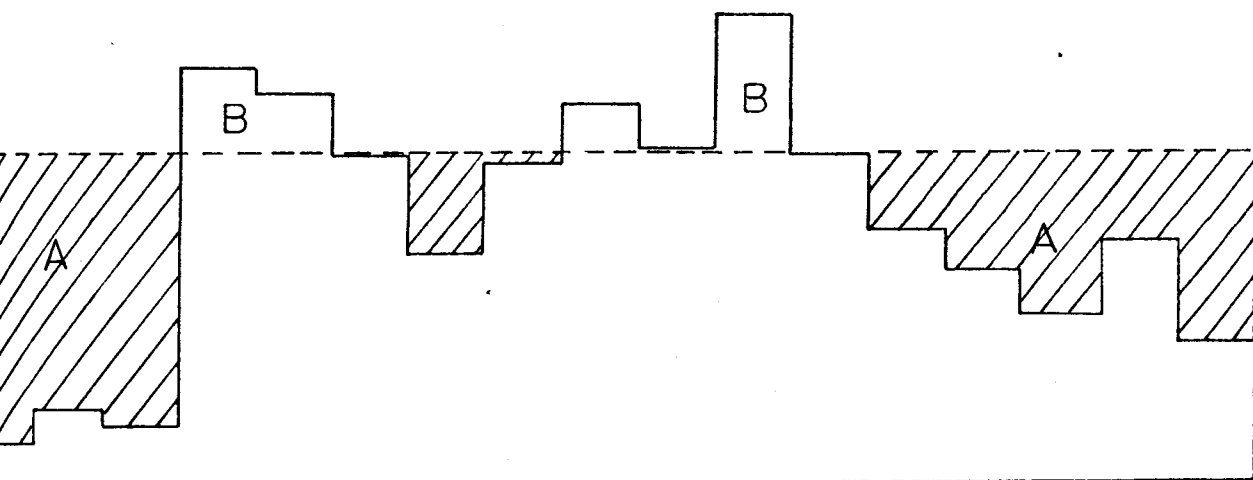


FIG. 7

milar en principio a aquel de una viga soporiada en los extremos y carga da en el centro.

La estructura del dique es capaz de resistir este esfuerzo solamen te hasta un cierto límite. Para evitar un sobreesfuerzo es más deseable y seguro proveer al dique con un razonable margen de capacidad de levante establecido simplemente por el peso del buque de diseño.

En la Fig. 7 , esto se representa cambiando hacia arriba la línea grabada de la capacidad de levante. EL área formada entre la antigua y nueva posición de la línea, representa el margen arriba mencionado.

Refiriéndose ahora a la Fig. 7 , es obvio que las áreas 8 son más pequeñas que las áreas A, el efecto de quebranto es mucho más pequeño.

Solamente una pequeña porción de las áreas A se requiere para balan cear las áreas 8.

El resto de las áreas A se moverán hacia arriba por efecto del agua distribuida a través de los compartimientos de lastre del dique en las regiones donde la carga del buque es más pequeña.

El procedimiento discutido puede ser explicado más simplemente:  
"Cuando la distribución del peso del buque es irregular, es igualado por

cantidades apropiadas de agua de lastre del dique, y la capacidad de **Re -**  
vante del dique, se hace lo suficientemente grande para satisfacer la -  
condición peso del buque - agua contenida" .



### VIII. LONGITUD INUNDABLE. -

*La longitud inundable de un buque se define como La máxima porción de la longitud del buque que puede inundarse sin que el buque se sumerja más allá de los límites de seguridad.*

*Los diques secos flotantes se diseñan para sumergirse por efecto de la inundación de los tanques de lastre que se extienden a lo largo del dique. Debido a esta naturaleza de operación, un dique seco flotante requiere como un procedimiento normal la inundación y achique alternado de una gran porción del espacio contenido dentro del casco del dique.*

*Cuando el dique se sumerge a su máximo calado de seguridad para recibir o desvarar el más grande buque que puede entrar, aproximadamente el 75 u 85% del espacio encerrado es inundado con agua de lastre.*

*Hay en un dique ciertos espacios que deben permanecer impermeables tales espacios son los compartimientos de seguridad ubicados sobre la "cubierta de seguridad" y las cámaras de boyantez en el pontón (si el dique se diseña con este tipo de cámaras). Es la boyantez de estos espacios la que limita el hundimiento del dique a un franco bordo de seguridad cuando todos los compartimientos de lastre han sido inundados.*

*Si uno de estos espacios se inunda por efecto de una avería o sinies*

tro imprevisto, debe tener este compartimiento una longitud tal que no represente ningún peligro de inundación del compartimiento o compartimientos contiguos. Estas secciones de boyantez por lo tanto deben ser distribuidas de tal forma de mantener el asiento y franco bordo de seguridad.

La longitud de los compartimientos no inundables, así como otros necesarios para mantener el dique dentro de los límites de seguridad en la condición de máxima sumergencia, es lo que determina la longitud inundable del dique.

El problema no reviste mayor importancia puesto que se limita a dividir la cubierta de seguridad en un número de compartimientos estancos, que son necesarios para la distribución de talleres, sala de control, vivienda, etc. y contribuyen a la vez a mantener la estanquedad del dique.

## IX.- ESFUERZO ESTRUCTURAL.

Una de *la* más importantes consideraciones en el diseño de *!Indique* flotante es el esfuerzo de la estructura. En general, el dique flotante *debe* considerarse como una unidad de trabajo pesado.

Durante las varias fases de operación tales como sumersión, varamiento, desvaramiento de buques y remolque, la estructura está sujeta a va-  
rias consideraciones de esfuerzo, obviamente, es necesario que la estruc-  
tura se analice, diseñe y construya para resistir todas las condiciones  
anticipadas de carga y los esfuerzos que resultan de ello.

Las cargas a las cuales la estructura del dique puede sujetarse, va-  
rían en tipo e intensidad sobre un rango considerable de acuerdo a las  
condiciones que las causan tales como: varamiento, desvaramiento, movi-  
mientos de mar, etc. por esta razón cuando hablamos de esfuerzo estructu-  
ral, es necesario distinguir entre: (1) longitudinal, (2) transversal y  
(3) torsional.

### Esfuerzo longitudinal.-

En el análisis de esfuerzo longitudinal, la estructura del dique *be*  
considera como una estructura integral, como si fuera un solo miembro.  
Hay 2 condiciones principales que requieren un análisis de esfuerzo Ron-

gitudinal, La una es la condición de mar, el efecto de las olas durante la operación de remolque. La otra en la condición de varamiento, con y sin buque en dique, donde los esfuerzos debido a su distribución desigual del peso del buque cuando está en dique pueden posiblemente ser de consideración.

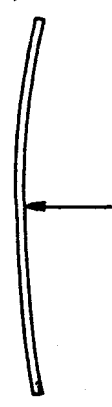
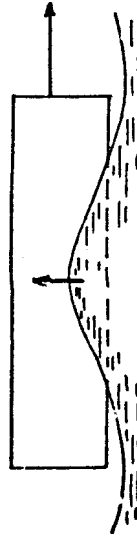
#### Esfuerzo Longitudinal debido a las olas durante el Remolque.-

En las olas de mar se asume generalmente, que el alto de ésta, medido como una diferencia vertical del nivel entre el seno y el valle es igual a  $1/20$ , siendo  $L$  la longitud de la onda, la cual se toma como la distancia entre 2 senos de dos ondas consecutivas, se asume así mismo, que la longitud de la ola es igual a la longitud del dique.

Si el dique en remolcado en dirección del movimiento de las olas, esto es, encontrando las olas en ángulo recto, se hallará periódica y alternativamente en las posiciones mostradas en el gráfico # 8.

En estas condiciones críticas, las porciones del dique en las partes, correspondientes a los senos de las olas, estarán más profundamente sumergidas, por lo tanto, la fuerza de boyantez se concentra allí con gran intensidad.

Consecuentemente, las porciones del dique ubicadas sobre un valle



FIG\_8

de la  $o$  h, tendrá bajo nivel de agua y las fuerzas de boyantez serán pequeñas .

Si el dique se considera como una viga rígida, la estructura se comportará como tal, representándose esquemáticamente en *Fig. 8* , bajo el efecto de tales cargas, la viga tiende a deflectarse hacia abajo en la parte central donde el soporte se considera nulo, esta es la llamada condición de "arrufo". El otro caso en el cual la "viga", se apoya en el centro, se llama condición de "quebranto". Ambos casos inducen en la viga o en el caso actual, en *Fig. 8* estructura del dique un esfuerzo de pandeo tal que *Fig. 8* estructura por sí mismo debe ser capaz de resistir.

Esfuerzo longitudinal requerido por el peso del buque, distribuido no uniformemente .-

En un tema anterior de esta L a d , bajo el título "Desplazamiento y capacidad de levante" se discutió la condición que se origina por la distribución no uniforme del peso del buque a lo largo de la longitud del dique, mencionándose en relación a la necesidad de proveer el dique con un exceso de margen de capacidad de levante, consideraciones similares surgen del estudio del esfuerzo longitudinal del dique.

EL problema puede ilustrarse como sigue: Asumamos un madero de densidad uniforme y sección transversal constante, en otras palabras, homogéneo y prismático, FIG. 9

Cuando está colocado en aguas tranquilas el madero flotará y su peso y boyantez siendo uniformemente distribuidos a lo largo de la longitud, se balancearán el uno al otro en cualquier punto a lo largo del madero, en efecto, si el madero fuera cortado transversalmente en cualquier punto, no habría tendencia en las dos caras cortadas a moverse o levantarse alrededor de la otra.

Esto también es cierto si una carga uniforme se coloca sobre el madero a lo largo de su longitud, con la única diferencia de que el madero flotará un poco más hundido.

MADERO PRISMATICO  
HOMOGENEO

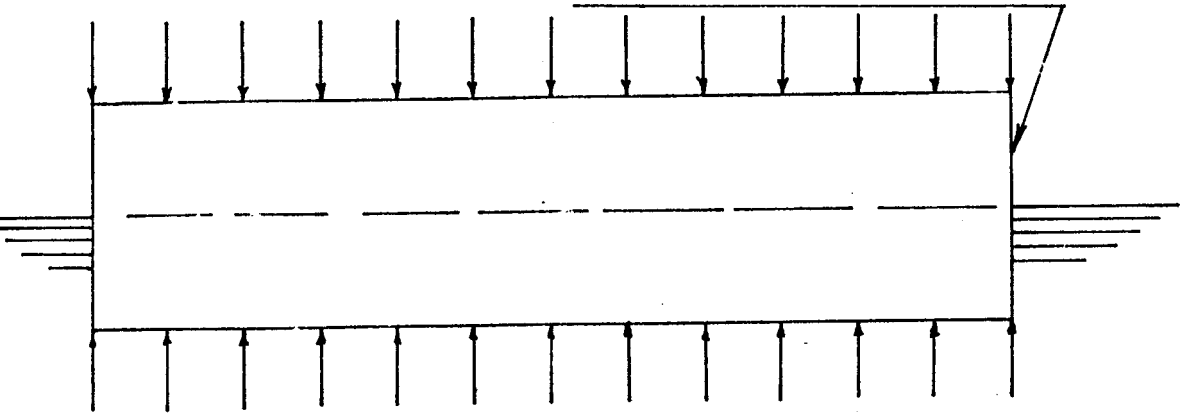


FIG. 9

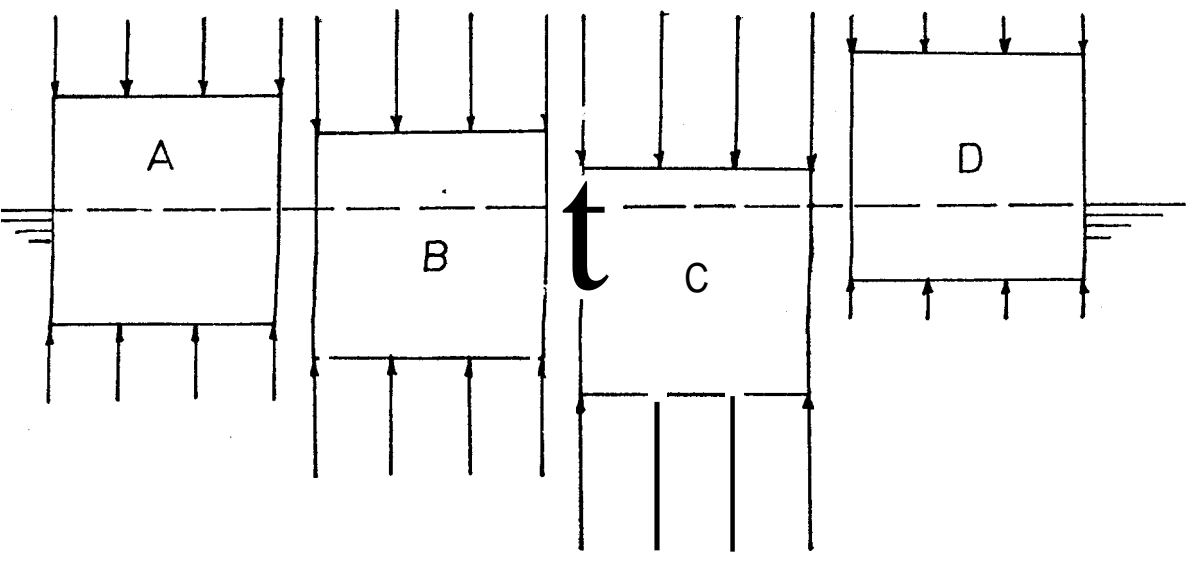


FIG. 10



Si colocamos ahora en el madero una carga no uniforme, si el madero se supone subdividido en varios sectores más cortos, topándose unos a otros peso libres para moverse, los varios sectores tendrán una tendencia para sumergirse más o menos dependiendo de la cantidad de carga colocados sobre ellas.

Esto sucede porque cada longitud del madero tiende a obtener del agua suficiente boyantez para balancear el peso que está llevando.

El madero, sin embargo, no está verdaderamente cortado en secciones, ya que es ciertamente una sola pieza. Esto equivale a decir que las secciones imaginarias A, B, C y D, mostradas en la Fig. 10, están limitadas a moverse una alrededor de otra. En el caso actual, entonces el madero flotará a un calado medio tal que el valor total de la boyantez será igual al valor total del peso.

Pero esto induce en el madero ciertos esfuerzos, en efecto, refiriéndose otra vez a las secciones ficticias en las cuales el madero se dividió imaginariamente, la sección A está ayudando a soportar a la sección B que por sí misma tendría tendencia a deslizarse hacia abajo y arrastrará a "A" hacia abajo consigo.

Esta mutua interacción entre las dos secciones hace que todas las fuerzas actuando a lo largo de la línea imaginaria o superficie de corte que separa las dos secciones, actúan la una respecto a la otra; es-

tas fuerzas son llamadas "cortantes". Similarmente, la sección B cuyo extremo izquierdo está arrastrando hacia abajo a "A", sostiene a "C" hacia arriba en el extremo derecho. "C" empuja hacia abajo a "B" a la izquierda y a "D" a la derecha. "D" a su vez tiende a hablar a "C" hacia arriba por su caha izquierda.

Las mismas consideraciones deberían repetirse haciendo los cortes imaginarios en cualquier otro punto a lo largo de la longitud del madero.

De esto se deduce que todo el madero se hundirá según la carga y estará sujeto a efectos de pandeo. Si la estructura interna del madero así mismo, no es lo suficientemente fuerte para resistir aquel efecto de pandeo, el madero fallará.

Regresemos ahora al estudio de los diques flotantes. Usualmente, los diques secos flotantes se construyen con una sección transversal la que es sustancialmente la misma a lo largo de toda la longitud del dique. El peso del dique por si mismo es también para los propósitos, un peso uniformemente distribuido a lo largo de toda la longitud.

A este respecto, el dique puede considerarse como un cuerpo prismático homogéneo, como el ejemplo del madero.

Consecuentemente, cuando el dique se sumerge a un calado dado estará sujeto a una fuerza de boyantez la cual **a** también constante para toda la longitud. La condición mostrada en la Fig. 6 , corresponde al caso ideal de un buque descansando sobre el dique y accionando hacia **a** bajo **a** través de los bloques centrales, con intensidad uniforme a través de toda la longitud del dique. Sabemos sin embargo que esta condición ideal en rara vez completamente realizable.

La distribución longitudinal del peso del buque es usualmente muy irregular, particularmente en el caso de buques tanqueros en condición liviano, en los que los pesos de maquinaria en la popa, u otros equipos adicionales causan concentraciones de carga en estos sitios.

En el diseño del dique, se asume que el buque no tiene esfuerzo longitudinal en sí mismo, es decir, que no es capaz de distribuir cargas a las partes ligeras del buque. Con estos hechos asumidos, entonces, el caso de un buque en dique es precisamente como aquella de la longitud del madero con carga irregular, en este caso, es la estructura del dique la que debe diseñarse con suficiente esfuerzo para soportar las fuerzas inducidas y los consiguientes efectos de pandeo.

En el dique, sin embargo, la magnitud del esfuerzo cortante y efectos de pandeo se pueden reducir substancialmente por medio de un bombeo apropiado, el cual se hace efectivo mediante un ajuste de la boyantez pa

ra igualar las cargas irregulares.

Los espacios de lastre del dique, se subdividen en varios compartimientos los cuales pueden achicarse independientemente. Cuando un buque con una distribución irregular de peso es lanzado al agua, cantidades variables de agua permanecen en los compartimientos de lastre de tal manera que la distribución resultante del agua estará al menos parcialmente compensada y neutralizada por la desigualdad del peso del buque.

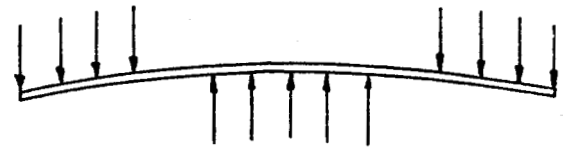
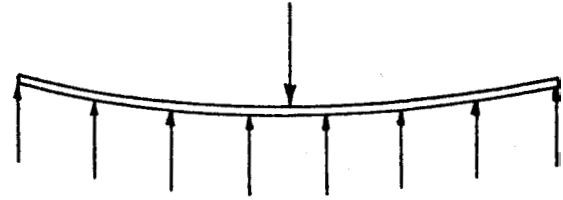
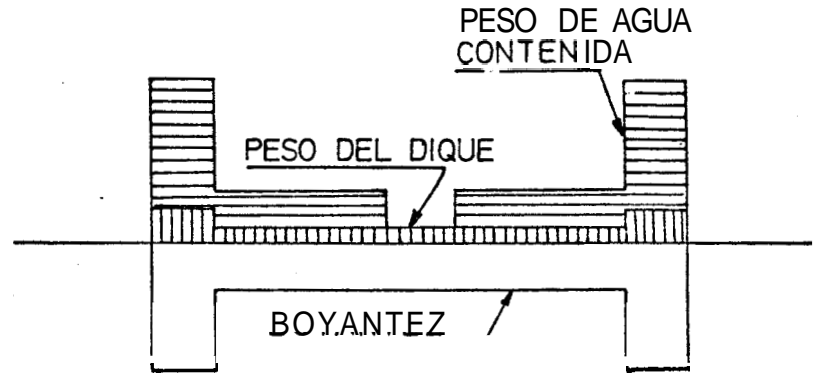
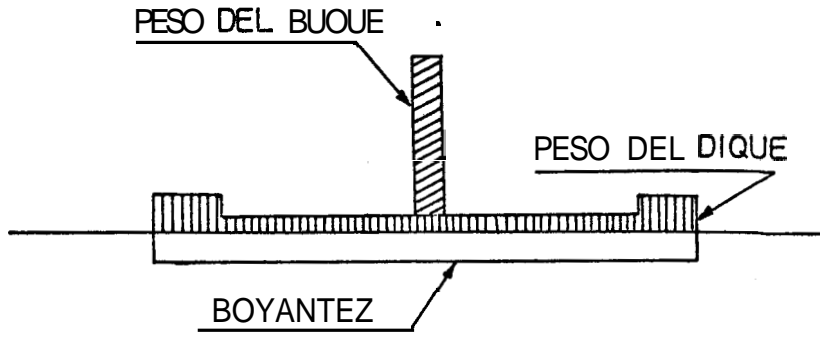
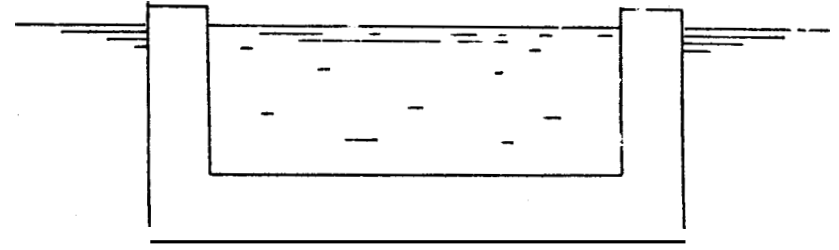
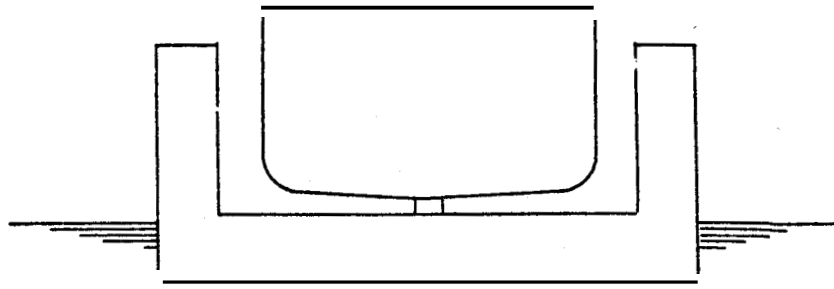
Como resultado de lo indicado sobre el esfuerzo longitudinal del dique, **debe** ser diseñado para soportar las fuerzas cortantes y los efectos de pandeo los cuales pueden ser eliminados por bombeo diferencial.

### Esfuerzo Transversal.-

Cuando la estructura de un dique seco flotante, se analiza para cargas y esfuerzos actuando en una dirección transversal, es decir perpendicularmente a la línea de crujía del dique, el análisis no es extensivo a aquella estructura tomada como una sola pieza hecha en el estudio de esfuerzo longitudinal. El análisis de esfuerzo transversal es usualmente limitado a una típica sección de dique, formando el cuerpo una de las principales cuádrernas del esqueleto transversal del dique. Este análisis es posible asumiendo que la misma condición que existe en la sección escogida, ocurre también en cualquier otra sección similar tomada en cualquier sitio a lo largo del dique. Esta consideración por supuesto no es válida en un dique que no tiene forma prismática o dicho de otro modo si la forma geométrica de las secciones transversales no son las mismas a lo largo del dique.

Las condiciones de carga en una sección transversal, varían considerablemente durante el ciclo de operación del dique. Usualmente, las condiciones más críticas e importantes son aquellas representadas en la Fig. 11.

Excepto para otras consideraciones de esfuerzo local que se describirán más tarde, estas condiciones son las únicas que gobiernan el diseño de los miembros de los que se compone la cuádrerna transversal.



CONDICION : BUQUE EN DIQUE  
 minimo franco bordo de pontón

CONDICION : MAXIMA SUMERGENCIA

FIG. 11

La figura representa una sección o cuaderna transversal del dique, cuando está flotando al franco bordo de la cubierta del pontón soportando un buque de dimensiones máximas sobre los bloques de quilla.

En esta condición, la armadura está sujeta a cargas consistentes del propio peso de la sección del dique, el peso del agua residual contenida y la carga en los bloques de quilla debido a la acción del peso del buque. En base al hecho de que el peso del buque no es uniformemente distribuido a lo largo de la longitud y que además la carga de los bloques centrales no es así mismo igual, se toma ya sea un valor máximo de la curva de distribución de pesos del buque o como un promedio incrementado por un margen de seguridad, digamos 25%.

Contra este peso, reacciona la boyantez que soporta el sector del dique, la cual se determina de la configuración y geometría de la porción sumergida del pontón.

De la figura anterior, es lógico deducir que bajo tales condiciones de carga y soporte, el sector del dique tiene una tendencia a doblarse en el centro, donde el peso del buque se asume aplicado a través de los bloques centrales.

La figura nos muestra además otra condición crítica de carga, que constituye prácticamente el inverso del problema anteriormente examinado;

es llamada la condición de "máxima sumergencia". El dique se sumerge al límite de seguridad del franco bordo de las paredes laterales, no habiendo dentro ningún buque. El sector típico bajo análisis es ahora objeto de las siguientes cargas: El peso propio del sector del dique y el peso del agua contenida la cual ahora está sobre la cubierta de seguridad. Contra estas fuerzas reacciona la boyantez de los compartimientos de lastre deben considerarse como balanceándose uno al otro.

La condición de *La figura a* máxima sumergencia no es una condición crítica para aquellos diques donde no hay cámara de boyantez en el centro del pontón. En aquellos casos, peso y boyantez están bien balanceados y no hay apreciable esfuerzo en la estructura.



### Esfuerzo Torsional.-

EL dique flotante puede algunas veces estar sujeto a condiciones de cargas que inducen en la estructura del dique, considerado en conjunto, una tendencia a torcerse. Un mar agitado, con olas a un ángulo determinado con el eje longitudinal o transversal del dique causará una condición de esta naturaleza. Con esta clase de ondas se puede asumir que a veces el dique flotará con dos esquinas diagonalmente opuestas en correspondencia con dos crestas de olas consecutivas. Las otras dos esquinas al mismo tiempo, corresponderán a los declives de los perfiles de olas.

En agua tranquila, la distribución de la boyantez es más o menos uniforme en toda el dique en comparación cuando el dique se sujeta a la acción del oleaje en la forma arriba descrita. Habrá por lo tanto un exceso de boyantez en las 2 esquinas en correspondencia a las crestas de ola y una deficiencia de boyantez en las otras 2 esquinas y en el centro del dique.

Esto causará una condición de carga asimétrica, ya que las esquinas del dique sobre crestas tienden a doblarse hacia arriba, las otras 2 tienden a hacerlo hacia abajo, y el centro del dique tiende a combearse.

Una condición similar ocurre si en agua tranquila, dos pesos considerables, tales como grúas móviles se colocan en 2 esquinas diagonalmente opuestas o si dos buques son varados simultáneamente en una posición diag-

nal. En tales casos, la condición es teóricamente equivalente a aquel de sujetar los extremos del dique y torcerlo en direcciones opuestas.

Los problemas de esfuerzo torsional resultados de condiciones como a aquellas antes mencionadas pueden usualmente considerarse, debido a su complejo efecto en la estructura, como combinación de problemas de esfuerzo longitudinal y transversal, pero rara vez, sin embargo tiene efectos predominante en el diseño de la estructura.

## X.- CALCULUS DE ESTABILIDAD.-

*EL* diseño de un dique flotante involucra problemas de estabilidad, causados por el dique propiamente dicho, el buque asentado sobre los bloques y las cantidades variables de agua de lastre.

Esta combinación de factores da como resultado condiciones de estabilidad no usuales. Aunque se aplican los principios básicos de estabilidad para objetos flotantes. Las características de estabilidad para buques, varían uniformemente a través de un amplio margen de condiciones de operación, mientras que aquellas para diques sufren cambios abruptos en ciertas etapas de un ciclo de operación.

### Aplicación a Buques.-

La Fig. 12 , ilustra los principios de estabilidad transversal generalmente aplicado a buques. WL es el plano de agua exterior con cambios gradual y uniformemente desde un mínimo a un máximo calado. K es la quilla o línea base la cual sirve como una referencia para medidas verticales. G es el centro de gravedad del buque y B su centro de boyantez en la posición vertical.

Si se aplica un momento inclinante como H.C el buque girará un ángulo  $\theta$  y se establecerá un equilibrio si hay estabilidad positiva.

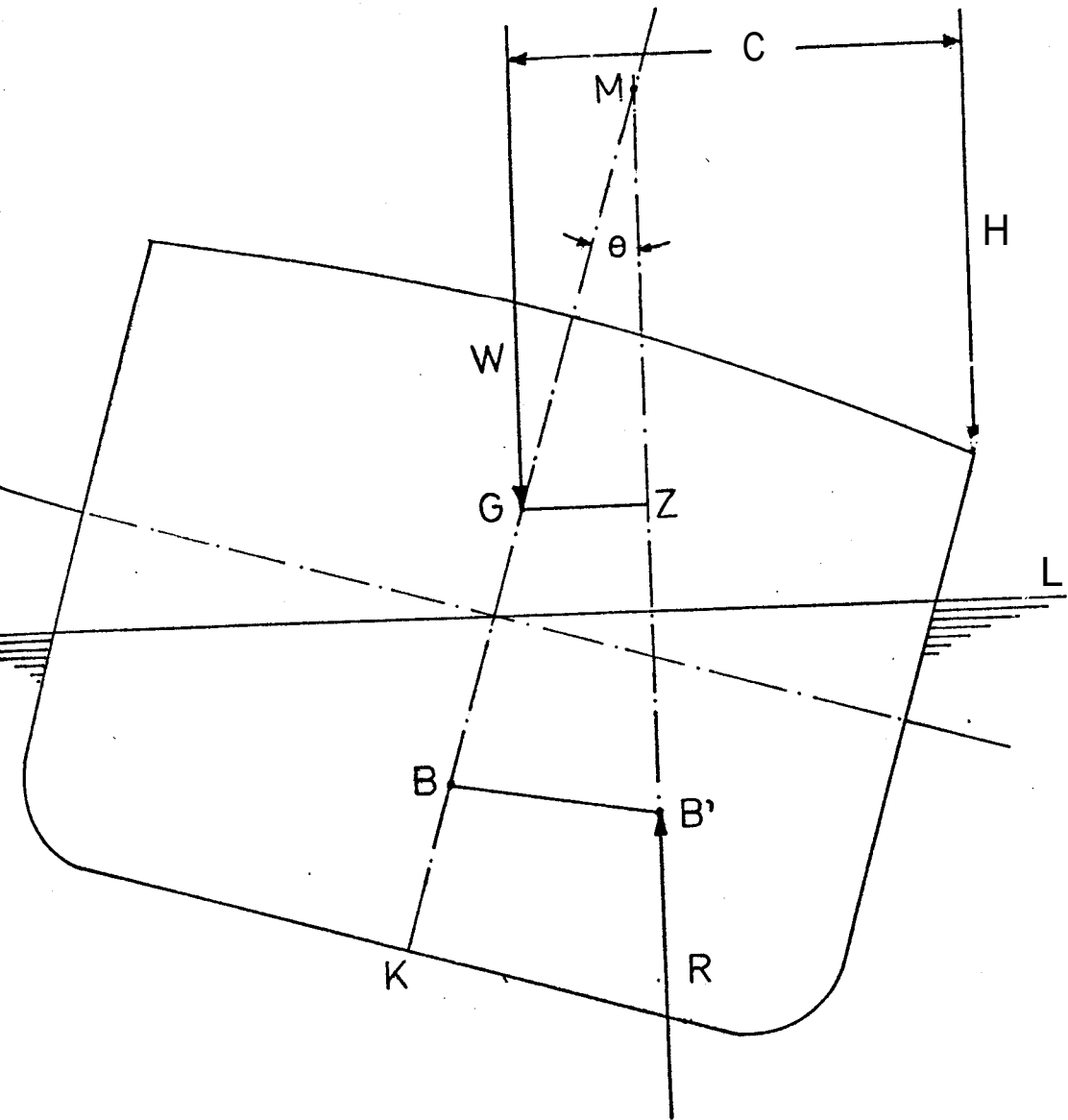


FIG. 12

La fuerza de boyantez efectiva cambiará de su punto de aplicación con el buque adrizado - B - hasta la posición B' con el buque escorado.

La fuerza de boyantez resultante R actúa verticalmente a través del nuevo centro de boyantez B' e intercepta el plano de la línea central vertical (línea de crujía) del buque en un punto M, conocido como ~~meta~~ centro del buque. Para formas convencionales de buques, el punto M permanece virtualmente fijo para ángulos hasta  $7^\circ$  aproximadamente. La distancia GZ ( $GM \sin \theta$ ) representa el brazo adrizante correspondiente a las condiciones particulares de desplazamiento, calado, localización del centro de gravedad y ángulo de inclinación.

#### Aplicación a diques flotantes.-

Los principios discutidos para la estabilidad de un cuerpo flotante son igualmente aplicables para diques secos flotantes.

Cuando un buque está en dique, el efecto de su peso debe ser combinado al del dique, como si ambos fueran un solo cuerpo.

Entonces el punto G debe representar el centro de gravedad combinado de dique y buque. Además mientras el buque está parcialmente sumergido, la fuerza de boyantez actuando en el buque y su centro de boyantez, debe también ser combinados con los del dique.

Otro factor importante que debe ser considerado, ya que tiene gran influencia en la estabilidad del dique es la presencia de superficie libre del agua contenida en el pontón y compartimientos de lastre de las paredes en las varias etapas del varamiento y desvaramiento, ya que es, ampliamente conocido que la presencia de superficie libres ocasiona una elevación virtual del centro de gravedad, pudiendo llegar a casos extremos en que la estabilidad se vuelva negativa.

#### Aplicación al Dique Vacío (sin buque varado).-

En la Fig. 13, se ilustra la condición del dique en la primera etapa de varamiento de un buque, en decir, en la condición liviano, sin agua de lastre y con un ángulo de inclinación  $\theta$  que servirá para analizar esta condición.

Los puntos B, B', G, K, M y Z tienen el mismo significado para diques como para buques convencionales, el plano de agua del dique cambia abruptamente cuando la cubierta del pontón pasa a través de la superficie de la línea de agua W.L.

Debido a la influencia de la extensión y forma del plano de agua en la estabilidad, ocurre entonces el correspondiente cambio abrupto en las características de estabilidad.

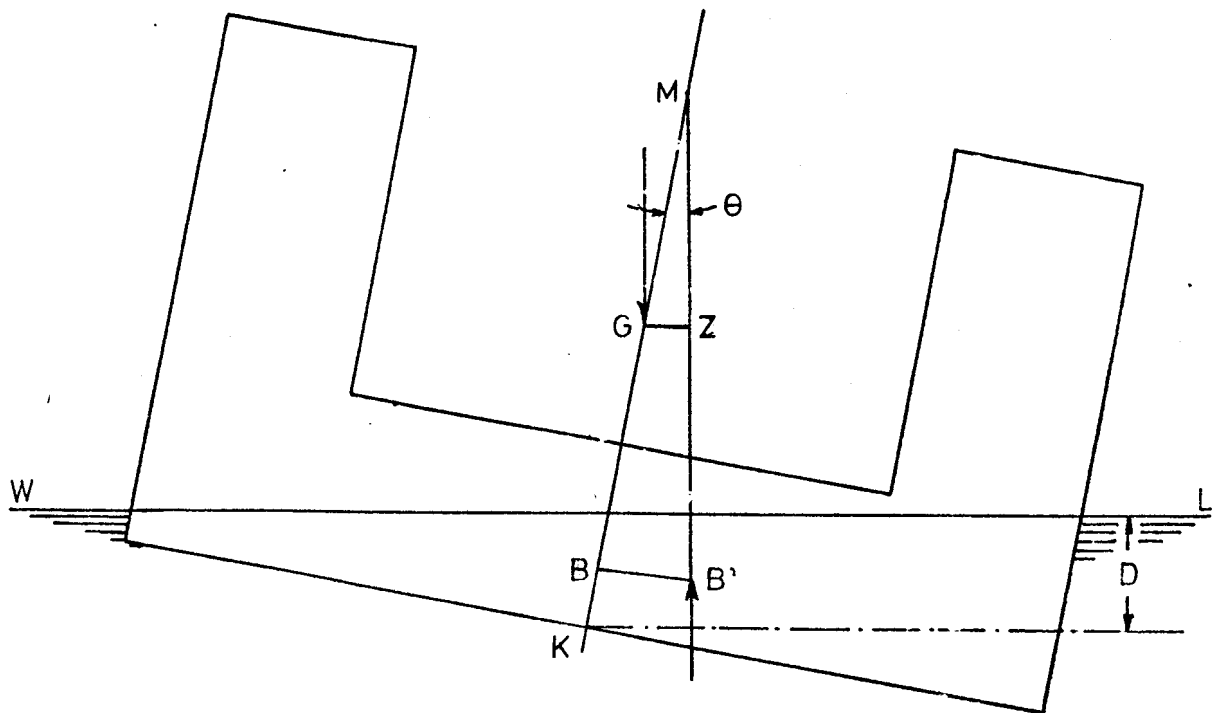


FIG. 13

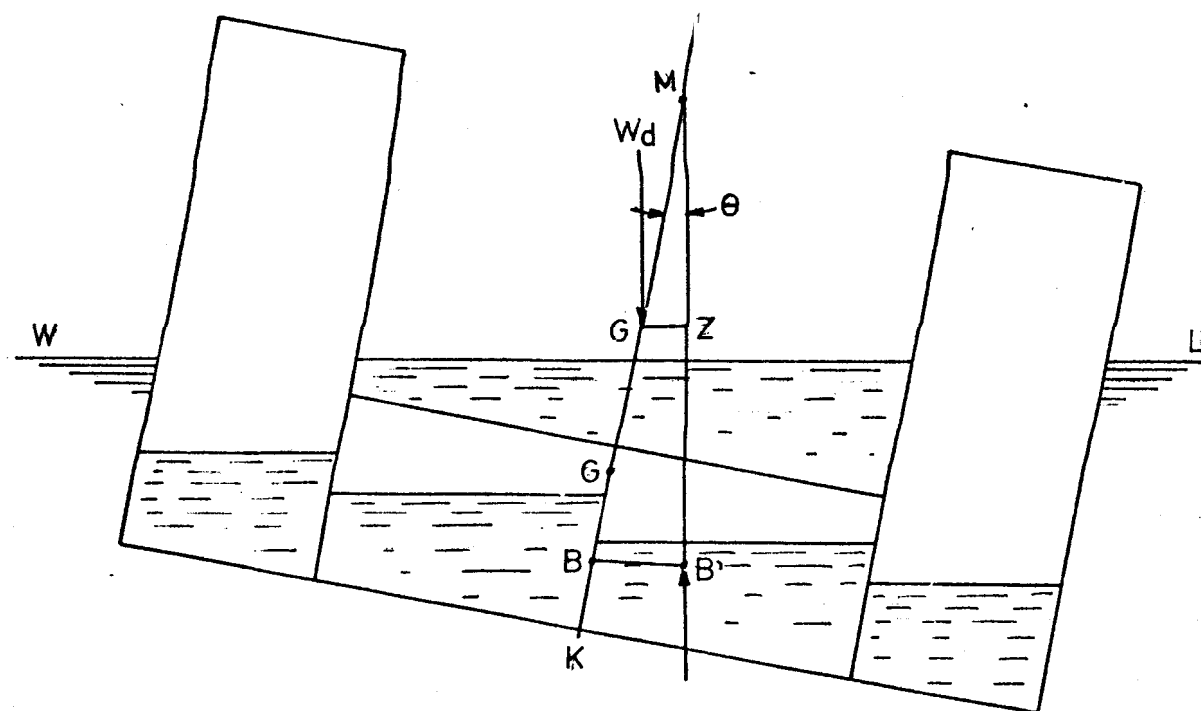


FIG. 14

### Dique parcialmente sumergido.-

A medida que el agua entra a los tanques de lastre, se introduce la condición de estabilidad con superficie libre; es decir, si el compartimiento está lleno parcialmente, el agua fluirá al lado en que el dique se inclina (Fig. 14 ). Esto motivará un traslado del centro de gravedad del agua contenida y consecuentemente, el centro de gravedad del dique como un conjunto.

EL efecto del movimiento o traslado del centro de gravedad ocasionará la reducción del brazo adrizante  $GZ$ , que equivale a una elevación virtual del centro de gravedad de  $G$  a  $G'$  y/o en casos extremos, invertirá el brazo que tiene a la banda, causando una estabilidad negativa.

Lógicamente, para efectos de estabilidad resulta conveniente reducir la superficie libre, lográndose esto con una subdivisión adecuada de los espacios de lastre.

### Dique completamente sumergido.-

Si los compartimientos están completamente llenos de agua, ésta actúa como un sólido y además, el centro de gravedad del agua contenida, no se mueve cuando el compartimiento se inclina. Entonces el análisis y cálculo de estabilidad se hará considerando aumento de peso con hundimiento paralelo Fig. 15



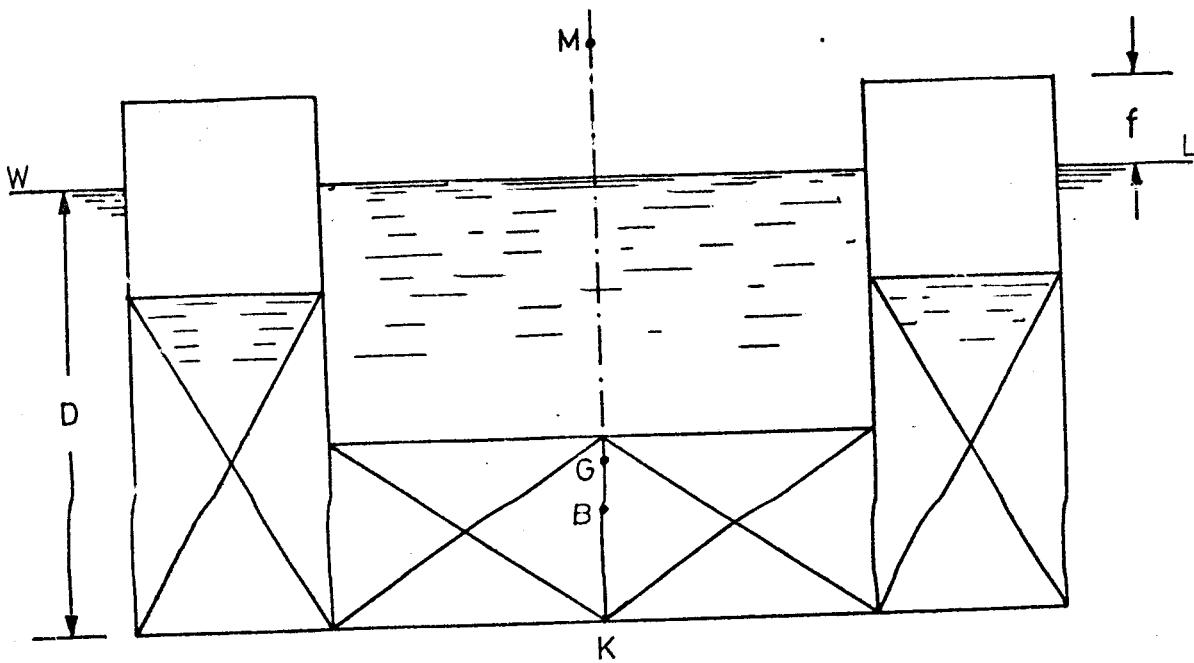


FIG. 15

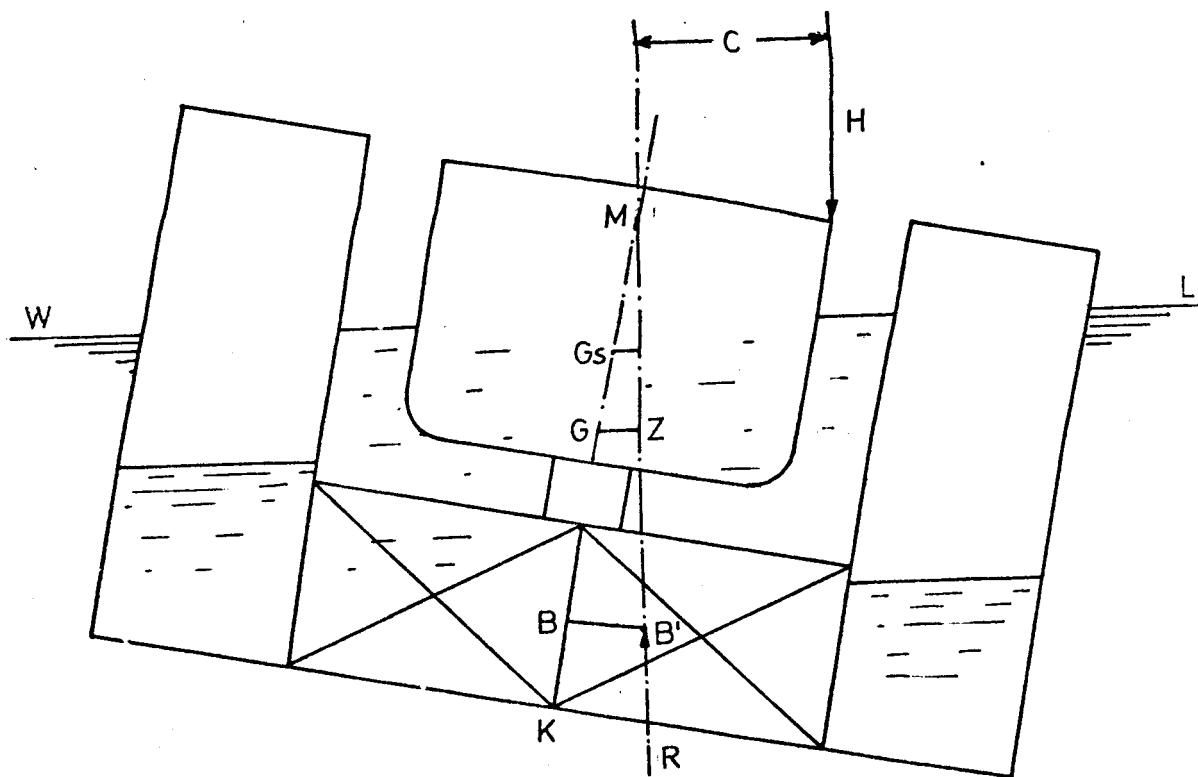


FIG. 16

### Estabilidad con buques en dique.-

Las características de estabilidad para esta combinación serán influenciadas por el tamaño y líneas de forma del buque, así como del compartimentaje del pontón.

Cualquier buque, sin tomar en cuenta la forma, cuando flota libremente obedece las leyes básicas de equilibrio, todas las fuerzas de gravedad se combinan en un peso resultante  $W$  actuando verticalmente hacia abajo a través de  $G$ . Las fuerzas de boyantez se combinan también en una fuerza resultante  $R$ , igual en magnitud a  $W$ , actuando vertical hacia arriba a través de  $B$  a  $B'$ .

Cuando se aplica un momento de escora como  $HC$  (Fig. 16) se crea una cupla de resistencia  $R.GZ$ , siendo  $R$  el peso combinado de buque y dique,  $GZ$  el brazo de adrizamiento y  $G$ , es así mismo la gravedad resultante de  $G_s$  y  $G_p$ . Esta cupla es conocida como "momento adrizante" y su magnitud depende de la geometría de la sección sumergida y de la posición vertical del centro de gravedad.

### Cálculos preliminares de estabilidad.-

El primer paso en el cálculo de estabilidad se basa en el trazado de la forma del pontón, el mismo que deberá tener la proa y popa en for-

ma afinada con el doble propósito de disminuir la resistencia al avance cuando tenga que ser remolcado (Fig. 17 ) y proporcionar superficie de trabajo cuando se vare un buque cuya proa y popa sobresalgan de las paredes laterales.

Siendo el plano de agua constante en todo el alto del pontón, bastará calcular el área y el momento de inercia de este plano para conocer , los valores exactos del volumen de desplazamiento y radios metacéntricos puesto que el centro de boyantez en esta primera etapa es determinado , por simple inspección.

Para efectos de cálculos, el área de este plano lo descomponemos en 3 secciones (Fig.17) los de los extremos y la del centro igual consideración hacemos para la inercia.

$$A_2 = 100 \times 65 = 6.500 \text{ p}^2$$

$$A_1 = A_3 ; \text{ aplicando la primera regla Simpson:}$$

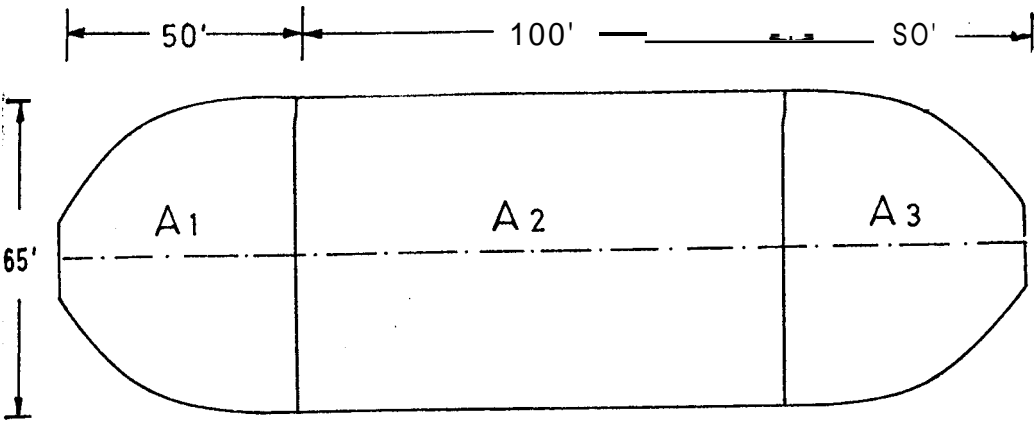


FIG. 17

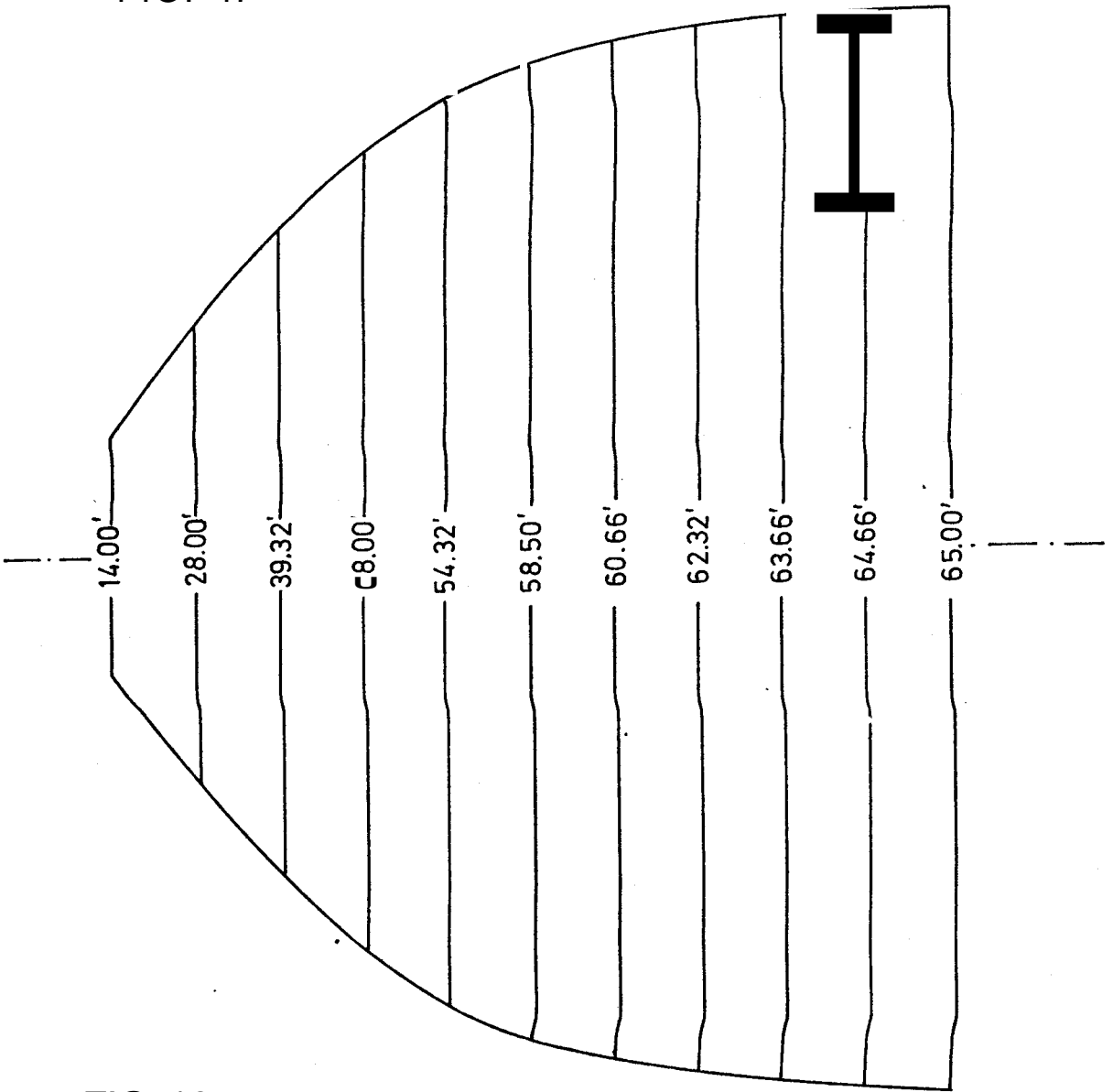


FIG. 18

ORD/2	δ.s	Prod.A	ORD <sup>3</sup>	δ.s	Prod. I
7,0	1	7,00	343,00	1	343,00
14,0	4	56,00	2.744,00	4	10.976,00
19,66	2	39,32	7.598,98	2	15.197,96
24,00	4	96,00	13.824,00	4	55.296,00
27,16	2	54,32	20.034,85	2	40.069,70
29,25	4	117,00	25.025,13	4	100.100,52
30,33	2	60,66	27.900,57	2	55.801,14
31,16	4	124,64	30.253,24	4	121.012,96
31,83	2	63,66	32.246,97	2	64.493,94
32,33	4	129,32	33.791,32	4	135.165,28
32,50	1	32,50	34.328,12	1	34.328,12
		εA=780,42			632.784,62

$$A_1 = A_3 = \frac{1}{3} S \times 780,42 \times 2 \quad S = 5'$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 5 \times 780,42 \times 2$$

$$= \underline{2.600} \text{ p}^2$$

$$A_T = A_1 + A_2 + A_3 \cdot 2 (2.600) + 6.500 = 77.700 \text{ p}^2$$

$$I_{T_1} = I_{T_2} = \frac{1}{3} \varepsilon I \times \frac{2}{3} \times S$$

$$= \frac{2}{9} \times 5 \times 632.784,62$$

$$= \underline{703,094 \text{ p}^4}$$

$$I_T = \frac{1}{12} bh^3$$

$$I_T = \frac{1}{12} 100 \times 65^3$$

$$= 2'288.541 \text{ p}^4 \quad \therefore$$

$$7 \quad = I_{T_1} + I_{T_2} + I_{T_3} = 2(703.094) + 2'288.541$$

$$= \underline{3'694.729 \text{ p}^4}$$

Teniendo el pantoque una curvatura de 3' de radio, de acuerdo al stan  
dard del Bureau de buques, por geometría simple calculamos el volumen v<sub>1</sub>  
que equivale a la diferencia entre el volumen de esta sección si tuviera  
extremos terminados en ángulo (Fig. 5 ) y el volumen real de la sección

Por lo tanto el volumen de desplazamiento a 3' de calado será:

$$V_3 = 11.700 \times 3 = 940$$

$$= 34.160 \text{ p}^3$$

$$= 976 \text{ tons.}$$

<u>Calado</u>	<u>Area</u>	<u>V Desplazamiento</u>
3'	17.700' p <sup>2</sup>	34.160 p <sup>3</sup> (976 tons)
4.5'	11.700' p <sup>2</sup>	51.710 p <sup>3</sup> (1477 tons)
6'	11.700' p <sup>2</sup>	69.260 p <sup>3</sup> (1978 tons)
7.5'	11.700' p <sup>2</sup>	66.610 p <sup>3</sup> (2479 tons)
9'	11.700' p <sup>2</sup>	104.335 p <sup>3</sup> (2981 tons)

#### CALCULO VE BM

<u>Calado</u>	<u>I<sub>T</sub></u>	<u>V</u>	<u>BM = I/V</u>
3'	3'694.729 p <sup>4</sup>	34.160 p <sup>3</sup>	108'
4.5'	3'694.729 p <sup>4</sup>	51.710 p <sup>3</sup>	72.2'
6'	3'694.729 p <sup>4</sup>	69.260 p <sup>3</sup>	53.3'
7.5'	3'694.729 p <sup>4</sup>	66.810 p <sup>3</sup>	42.5'
9'	3'694.729 p <sup>4</sup>	104.335 p <sup>3</sup>	35.4'

Por tener el pontón una figura geométrica regular (sin tomar en cuenta la disminución de volumen por el pantoque)\*, los centros de boyantez estarán ubicados en el centro geométrico de la posición sumergida; entonces el metacentro estará a una distancia KM desde la quilla.

\* La variación de posición del centro de boyantez, considerando la curva del pantoque, es insignificante y puede despreciarse, sin incurrir en error considerable.

<u>Calado</u>	<u>K B</u>	<u>B M</u>	<u>KM = K B + B M</u>
3'	7.5'	708'	709.5'
4.5'	2.75'	72.2'	74.45'
6'	5.0'	53.3'	56.3'
7.5'	3.75'	42.5'	46.25'
9'	4.5'	35.4'	39.9'

Asumiendo un  $KG = 12'$  en condición liviano (en comparación con diques de medidas similares), a medida que entra el agua a los compartimientos de inundación, el centro de gravedad del conjunto dique-agua, bajará de su posición en sentido vertical en proporción a la cantidad de agua agregado, este cambio de posición de  $KG$  a  $KG'$  estará dado por:

$$KG' = \frac{W (KG) + w (Kg)}{W + w} \quad (a)$$

Siendo =

$W$  = peso del dique en condición liviano (100 tons)

$KG$  = altura del centro de gravedad medido desde la quilla (12')

$w$  = peso de agua embarcada (tons)

$Kg$  = altura del centro de gravedad de la masa de agua (pies)



Calado	Desplazamiento	$w \text{ agua} = W - 1000$	$h = \frac{y}{X}$	$Kg = \frac{h}{2}$
3'	-	-	-	-
4.5'	1.477 tons	477 (76.695 p )	1.43	0.72'
6'	1.978 tons	978 (34.230 p )	2.92'	1.46'
7.5'	2.479 tons	1.479 (51.765 p )	4.42,'	2.21'
9'	2.981 tons	1.981 (69.335 p )	5.93'	2.97'

Aplicando (a) tenemos :

$$(3') \quad KG' = \frac{1000 \times 12 + 477 \times 0.72}{1000 + 477} = 8.35'$$

$$(6') \quad KG' = \frac{1000 \times 12 + 978 \times 1.46}{1000 + 978} = 6.79'$$

$$(7.5') \quad KG' = \frac{1000 \times 12 + 1479 \times 2.21}{1000 + 1479} = 6.16'$$

$$(9') \quad KG' = \frac{1000 \times 12 + 1981 \times 2.97}{1000 + 1961} = 5.99'$$

Podemos observar que a medida que entra el agua, el centro de gravedad  $KG'$ , desciende, aumentando el grado de estabilidad positiva, pero por la existencia de superficie libre, el centro de gravedad tendrá una elevación virtual hasta un punto  $G''$  que disminuye este grado de estabilidad positiva, dependiendo directamente de la magnitud del momento de inercia transversal del área del compartimiento inundado.

Según lo anterior, la condición crítica ocurrirá si toda la parte inferior del dique forma una bola superficie (77.700 p ) elevándose G'' hasta un punto, arriba de M, llegando el dique a tener estabilidad negativa, como efectivamente ocurre en el comienzo de la inundación y - aún, en la etapa final de la inundación de esta primera parte (9') la altura metacéntrica GM y por lo tanto el brazo GZ, son negativos.

$$\begin{aligned}
 G'G'' &= \frac{i}{V_1'} \\
 &= \frac{3'694.729 p^4}{704.335 p^3} \\
 &= 35
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 KG'' &= KG' + GG'' \\
 KG'' &= 5.99 + 35 \\
 &= 40.99'
 \end{aligned}$$

Siendo KM = 39.9', el brazo GZ, será escorante no pudiendo por lo tanto existir una superficie libre de esta magnitud.

Para eliminar el efecto de superficie libre subdividiremos el dique en sentido transversal en 4 secciones separadas por mamparos estancos \* que formarán los tanques, que a bu vez servirán para fines prácticos de operación, es decir, inundar a voluntad los tanques para asentar enca.be



zar o escorar el dique según las necesidades.

\* Esta subdivisión podrá cambiarse en una pequeña cantidad de acuerdo a las necesidades.

Consideremos en primer lugar la superficie rayada de la Fig. 19 , integrando las ordenadas en el sentido OX y OY, obtenemos el centroide a 13' del eje OX, o sea de la línea de crujía del dique. El momento de inercia de esta área de superficie libre se calculará tomando como eje la paralela a la línea de crujía que pasa por este centro geométrico, FIG. 20

ORD	ORD <sup>3</sup>	f. s	Func. ORD <sup>3</sup>
0	0	1	0
1.0	1,0	4	4,0
0.66	295,4	2	590,8
11.0	1.331,0	4	5.324,0
14,16	2.839,1	2	5.678,2
16.25	4.274,7	4	17.098,8
17.33	5.204,2	2	10.408,4
18,16	5.989,2	4	23.956,8
18,83	6.676,5	2	13.353,0
19.33	7.222,6	4	29.890,4
19,5	7.415,9	1	7.415,9
			7.415,9
			εF = 112.720,3

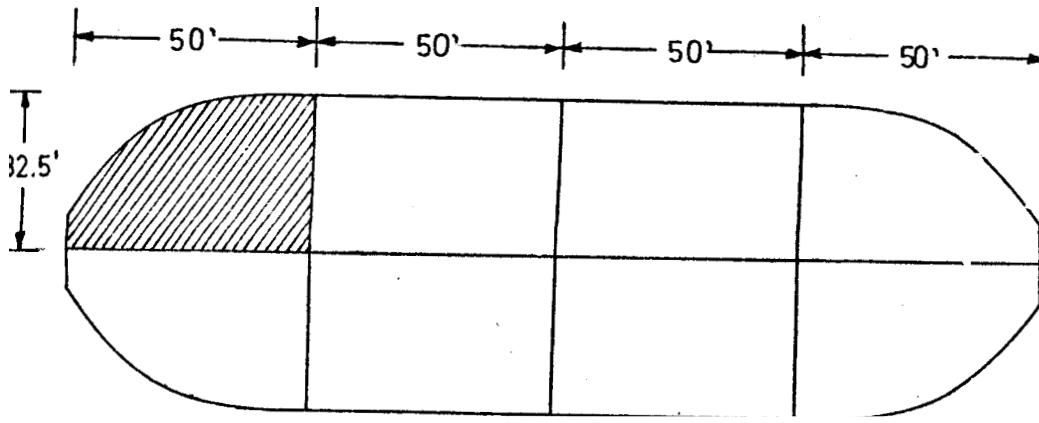


FIG. 19

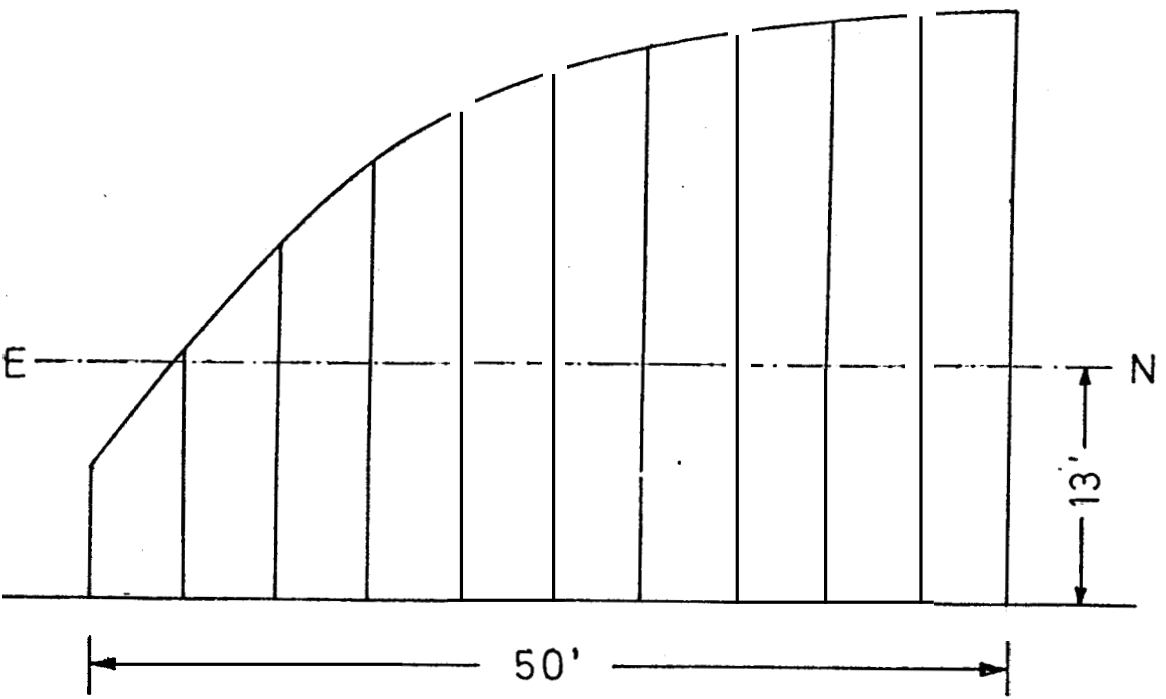


FIG. 20

$$I_{T_1} = \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} \times S \times 112.720,3$$

$$= 64.644 p^4$$

$$I_{T_2} = \frac{1}{3} \times S_0 \times 13^3$$

$$= 36.016 p^4$$

$$I_A = I_{T_1} + I_{T_2} =$$

$$= 64.844 + 36,016$$

$$= 101.460 p^4$$

El momento de inercia de las secciones centrales será:

$$I_B = \frac{1}{12} + 50 \times 32.5^2$$

$$= 143.034 p^4$$

Por lo tanto, la elevación virtual del centro de gravedad por cada 1.5' de calado será:

$$G'G'' = \frac{\nabla}{L} \frac{\delta}{V}$$

$$\begin{aligned}
 G'G'' &= 4 \frac{101.460}{V} + 4 \frac{143.034}{V} \\
 &= \frac{4}{V} ( 101.460 + 143.034 ) \\
 &= \frac{4}{V} ( 244.494 ) \\
 &= \frac{977.976}{V}
 \end{aligned}$$

Calado	V (p)	$G'G'' = \frac{977.976}{V}$	KG'	KG'' = KG' + G'G''
3'	34.160			
4.5'	51.710	18.9'	8.35'	27.25'
6'	69.260	14.1'	6.79'	20.89'
7.5'	86.810	11.2'	6.16'	17.36'
9'	104.335	9.3'	5.99'	15.29'

Comparando los valores obtenidos de  $KG''$ , observamos que en esta primera etapa de inundación, estos valores son mayores que  $KG'$ , lo que significa que la estabilidad es positiva, aún en los primeros momentos de inundación, que son críticos debido al poco volumen de desplazamiento.

Las alturas metacéntricas serán:

Calado	$G''M = KM - KG''$
3'	-
4.5'	47.2'
6'	35.4'
7.5'	28.9'
9'	24.6'

II.- Al calcular la estabilidad en la segunda etapa haremos una consideración especial en la forma de las paredes laterales. Debido al cambio brusco de los volúmenes sumergidos, al hundirse completamente el pontón e iniciarse la sumersión de las paredes laterales, ocurren cambios - también bruscos en las condiciones de estabilidad, que inducen a darle a las paredes laterales un ligero corte inclinado en la vista de perfil, que ayudará a disminuir esta condición, a la vez que suministrará facilidades de acceso a la cámara de varamiento y finalmente proporcionará un perfil adecuado a las necesidades de estética.

Esta ligera disminución de volumen en la cámara de inundación se com pensará con un aumento en el alto del volumen inundable de las paredes la terales, aumento que deberá hacerse además debido a su permeabilidad ( $\mu$ ) como se verá más adelante.

Asumiendo una figura rectangular constante el área sumergida de las paredes laterales y considerando una inclinación de 10' con respecto a la vertical en las paredes laterales, los momentos de inercia de las áreas sumergidas serán:

- a) 9'1" - 2'446.660 p<sup>4</sup>  
 30' - 2'146.780 p<sup>4</sup>

Es decir que a calados intermedios (entre 9'1" y 30") los momentos de inercia se los obtendrá interpolando estos valores para la cual tendremos una variación de  $\gamma = 21.420 \text{ p}^4$  por cada 1.5' de aumento de calado.

Calado	Volumen	I Transv. (pie <sup>4</sup> )	BM=I/V (pie)	KB (pie)	KM (pie)
10.5	109.114 p <sup>3</sup>	2'425.240	22.2	4.70	26.9
12.0	114.660 p <sup>3</sup>	2'403.620	20.9	5.05	26.0
13.5	116.550 p <sup>3</sup>	2'362.400	20.0	5.20	25.2
15.0	123.205 p <sup>3</sup>	2'360.980	19.2	5.77	24.9
16.5	127.623 p <sup>3</sup>	2'339.560	15.3	6.18	24.5
16.0	132.398 p <sup>3</sup>	2'318.140	17.5	6.60	24.1
19.5	136.932 p <sup>3</sup>	2'296.720	16.7	7.07	23.8
21.0	141.425 p <sup>3</sup>	2'275.300	16.0	7.50	23.5
22.5	145.876 p <sup>3</sup>	2'253.580	15.4	8.05	23.4
24.0	150.303 p <sup>3</sup>	2'232.460	14.8	8.56	23.3
25.5	154.660 p <sup>3</sup>	2'211.040	14.2	9.10	23.3
27.0	158.990 p <sup>3</sup>	2'169.620	13.7	9.64	23.3
28.5	164.287 p <sup>3</sup>	2'166.200	13.2	10.70	23.3



Siguiendo un razonamiento igual al anterior determinamos la altura del centro de gravedad de la masa de agua, medido desde K, el mismo que se calcula por simple inspección hasta cuando se ha llenado completamente el pontón. A partir de este punto, es decir, cuando comienza a inundarse las paredes, se aplicará la fórmula:

$$KG' = \frac{W (KG) + w (Kg)}{W + w} \quad (a)$$

Calado	V	w agua ( V = 35.000)	h	Kg (h/2)
10.5'	109.114 p <sup>3</sup>	74,114 p <sup>3</sup> (2.117 <b>kom</b> )	6.34'	3.17
12.0'	114.660 p <sup>3</sup>	79.860 p <sup>3</sup> (2.262 <i>tons</i> )	6.82	3.41
13.5'	118.550 p <sup>3</sup>	83.550 p <sup>3</sup> (2.367 <i>tons</i> )	7.14'	3'57
15.0'	133,206 p <sup>3</sup>	68.206 p <sup>3</sup> (2.520 <i>tons</i> )	7.54	3.77
16.5'	127.623 p <sup>3</sup>	92.623 p <sup>3</sup> (2.652 <i>touts</i> )	7.93'	3.96
18.0'	132.396 p <sup>3</sup>	97.396 p <sup>3</sup> (2.783 <i>tons</i> )	8.32'	4.16
19.5'	136.932 p <sup>3</sup>	101.932 p <sup>3</sup> (2.912 <i>tons</i> )	6.71"	4.35
21.0'	141.425 p <sup>3</sup>	106.425 p <sup>3</sup> (3.040 <i>tons</i> )	9.00'	4.50
22.0'	145.676 p <sup>3</sup>	110.876 p <sup>3</sup> (3.166 <i>tom</i> )	2' *	4.60 *
24.0'	150.303 p <sup>3</sup>	115.303 p <sup>3</sup> (3.294 <i>tons</i> )	3.5' *	5.00 *
25.5	154.660 p <sup>3</sup>	119.660 p <sup>3</sup> (3.416 <i>tom</i> )	4.7' *	5.37 *
27.0	158.990 p <sup>3</sup>	123.990 p <sup>3</sup> (3.543 <i>tom</i> )	6.3' *	5.71 *
28.5	164.267 p <sup>3</sup>	129.287 p <sup>3</sup> (3.693 <i>tom</i> )	7.9' **	6.13 **

\* Los valores de  $h$  a partir de 22.5' de calado corresponden a la altura del volumen de agua sobre la cubierta del pontón y se obtiene por interpolación de la diferencia entre el volumen de agua total y el volumen del pontón. La altura  $Kg$  se calcula con (a).

\*\* Los valores de  $w$ ,  $h$  y  $Kg$  son teóricos, puesto que el dique flota hasta 28' como máximo.

Ahora aplicando la misma fórmula anterior localizamos la posición de  $KG'$  a partir de este calado, en una forma similar al cálculo efectuado hasta 9' de calado.

Calado	$K G'$
10.5'	5.9'
12.0'	6.0'
13.5'	6.06'
15.0'	6.10'
16.5'	6.16'
18.0'	6.23'
19.5'	6.30'
21.0'	6.36'
22.5'	6.57'
24.0'	6.64'
25.5'	6.85'

27.0'	7.09'
26.5'	7.38'

Al igual que en la primera etapa del cálculo existe también la superficie libre del agua contenida en las paredes laterales que ocasiona una elevación virtual del centro de gravedad ( $G'G''$ ) que será muy pequeña debido al bajo valor de  $I$  (inercia del área del plano de agua con superficie libre, alrededor de su eje baricéntrico) y al aumento progresivo de  $V$ . Esta elevación oscila entre 0.24' y 0.14' (9' y 28.5' de calado), cantidad que es perfectamente despreciable sin incurrir en un error de magnitud.

<u>Calado</u>	<u>Desplazamiento</u>	<u>G'M = KM - KG'</u>
10.5'	3.116 tons	21.0'
12.0'	3.262 tons	20.0'
13.5'	3.387 tons	19.7'
15.0'	3.520 tons	18.8'
16.5'	3.652 tons	18.3'
18.0'	3.783 tons	17.9'
19.5'	3.912 tons	17.5'
21.0'	4.040 tons	17.1'
22.5'	4.168 tons	16.8'
24.0'	4.294 tons	16.7'
25.5'	4.418 tons	16.4'

27.0'	4.543 tons	16.3'
28.5'	4.693 tons	16.2'

Hasta aquí hemos hecho el cálculo de estabilidad del dique en condición liviana, es decir sin buque varado, condición que ocurrirá siempre en 2 ocasiones en cada varada, el inundar y achicar el dique, a la entrada y salida del buque.

Ahora analizaremos la condición de estabilidad con buque varado, condición que variará de acuerdo a la geometría, configuración y condición de carga de cada buque, para lo cual asumiremos un buque ideal, de dimensiones máximas y con su centro de gravedad más bien elevado.

Al entrar flotando el buque dentro de la cámara del dique su desplazamiento no influye en la condición actual del dique. A medida que el agua sale del interior de las cámaras, el dique "sube" hasta tener en su interior un calado sobre los bloques igual al calado del buque que se vara; en ese instante, es decir cuando el buque asiente sobre los bloques el dique comienza a soportar el peso del buque, que al principio es insignificante, para luego aumentar progresivamente hasta que la integridad del casco ha emergido, soportando entonces el peso neto del buque.

Supongamos un buque con un área de plano de agua de 4.000 p<sup>2</sup> (aproximadamente L = 160', B = 35' CwL = 0.7) uniforme en todo su calado, es

te buque tendrá un desplazamiento de:  $\frac{4.000 \times 1.5}{3.5} = 171.4$  tons por ca-

da 7.5' de calado; es decir, que será el peso que soportará el dique por cada 1.5' de emerger.

Teniendo el dique un calado ds. permisible de 73', al momento de asentar el buque en los bloques (Fig. 5 ) el calado del dique será de 27' y a partir de este calado se hará el cálculo en sentido reversible hasta 7'6" de calado mínimo con buque varado, debido a que esta condición de estabilidad se hace más crítica a medida que el dique emerge.

Consideremos el buque como parte constitutiva del dique; es decir, el momento de inercia, el volumen desplazamiento y el centro de gravedad será el del conjunto buque - dique.

El momento de inercia asumido  $a$  de 430.000 p<sup>4</sup> que corresponde a un área de 4.000 p<sup>2</sup> , con manga 35' y un delineamiento en los extremos similar al de un buque corriente, este valor de  $I$  se mantiene constante en todo el calado y es sumado al correspondiente valor de la inercia del dique.

Calado	Volumen de Desplazamiento Dique+buque	Inercia Transv. Dique+buque	$BM = \frac{I}{V}$	K B	K M
27.0'	210.990	2'619.620	12.4	13.2	25.6
25.5'	200.660	2'641.040	13.1	12.4	25.5
24.0'	190.303	2'662.460	13.9	11.5	25.4
22.5'	179.676	2'663.860	14.9	10.4	25.3
21.0'	169.425	2'705.300	15.9	9.7	25.6
19.5'	156.932	2'726.720	17.1	9.0	26.4
18.0'	148.398	2'748.140	18.5	8.1	26.6
16.5'	137.827	2'769.560	20.0	7.1	27.1
15.0'	127.208	2'790.980	21.5	6.1	27.5
13.5'	116.550 *	2'362.400	20.0	5.2	25.2
12.0'	114.860 *	2'403.620	20.9	5.05	26.0
10.5'	109.114 *	2'425.240	22.2	4.7	26.9
9.0'	104.335 *	3'694.729	35.4	4.5	39.9
7.5'	86.810 *	3'694.729	42.5	3.6	46.3

\* Los valores de V e I desde 13.5' hasta 7.5' de calado son iguales a los calculados anteriormente, debido a la similitud de condiciones.

Ahora hacemos el siguiente análisis:

Para que el dique emerge cierta cantidad es necesario que una correspondiente cantidad de agua haya salido. Por ejemplo, al "subir" el

dique de 27' a 25.5' de calado, ha habido una diferencia de  $210.990 \text{ p} - 200.660 = 10.330 \text{ p}$  de volumen de desplazamiento; es entonces esta cantidad de agua la que se necesita que salga para que en esta condición el dique emerge 1.5'

Cuando el dique tiene 27' de calado el agua contenida es  $123.990 \text{ p}$  y el alto de esta "columna" de agua (desde la cubierta del pontón) es 6.3' es decir que al tener 25.5' el volumen de agua será  $123.990 - 10330 = 113.660 \text{ p}$ , el que corresponde un valor de  $\text{Kg} = 4.1$  de acuerdo a la curva  $\text{Kg vs. W}$  agua. El mismo razonamiento aplicamos a las demás condiciones de calado y obtenemos el siguiente cuadro de valores de  $\text{Kg}$  que nos va a servir para hallar la posición final del centro de gravedad del conjunto buque-dique.

<u>Calado</u>	<u>Volumen que emerge</u>	<u>Cantidad de agua restante</u>	<u>Kg</u>
27.0'			
25.5'	$10.330 \text{ p}^3$	$113.660 \text{ p}^3$ (3.248 tom)	4.1
24.0'	$20.687 \text{ p}^3$	$103.303 \text{ p}^3$ (2.951 tom)	4.4
22.5'	$31.112 \text{ p}^3$	$92.878 \text{ p}^3$ (2.654 tom)	3.9
21.0'	$41.565 \text{ p}^3$	$82.425 \text{ p}^3$ (2.355 tons)	3.4
19.5'	$52.658 \text{ p}^3$	$71.932 \text{ p}^3$ (2.055 tom)	3.1
18.0'	$62.592 \text{ p}^3$	$61.398 \text{ p}^3$ (1.754 tons)	2.6
16.5'	$73.163 \text{ p}^3$	$50.827 \text{ p}^3$ (1.452 tons)	2.3
15.0'	$63.782 \text{ p}^3$	$40.208 \text{ p}^3$ (1.148 tons)	7.8

13.5'	92.440 p <sup>3</sup>	31.550 p <sup>3</sup> ( 901 tons)	1.3
12.0'	96.130 p <sup>3</sup>	27.860 p <sup>3</sup> ( 796 ton6)	1.2
10.5'	101.876 p <sup>3</sup>	22.114 p <sup>3</sup> ( 632 ton6)	0.9
9.0'	106.655 p <sup>3</sup>	17.335 p <sup>3</sup> ( 495 ton6)	0.7
7.5	123.980 p <sup>3</sup>		

El cálculo de KG final, se efectúa en forma similar al anterior, con siderando ahora el peso del buque y la localización del centro de gravedad, asumido a 15' desde & quilla del buque o a 29' sobre & quilla del dique, seleccionándose este alto valor en consideración a que los buques al entrar al dique lo hacen en condición liviano, es decir, sin carga, combustible, agua de lastre y otros pesos que normalmente mantienen baja la posición de G

Calado	K G
25.5'	7.36
24.0'	8.14
22.5'	8.98
21.0'	9.89
19.5'	11.05
18.0'	12.27
16.5'	13.73
15.0'	15.31
13.5'	16.61
12.0'	17.07



10.5'	17.85
9.0'	18.60
7.5'	22.15

<u>Calado</u>	<u>KM</u>	<u>KG</u>	<u>GM</u>
25.5'	25.5'	7.36'	18.14'
24.0'	25.4'	8.14'	17.36'
22.5'	25.3'	8.98'	16.32'
21.0'	25.6'	9.89'	15.71'
19.5'	26.1'	11.05'	15.05'
18.0'	26.6'	12.27'	14.33'
16.5'	27.1'	13.73'	13.37'
15.0'	27.6'	15.31'	12.29'
13.5'	25.2'	16.61'	8.59'
12.0'	26.0'	17.07'	8.93
10.5'	26.9'	17.85'	9.05'
9.0'	39.9'	18.60'	21.30'
7.5'	46.2'	22.15'	24.05'

Observando la curva de GM en esta última condición, podemos notar que existen períodos diferenciados; siguiendo la curva en sentido decreciente de calado, tenemos en primer lugar una disminución del valor de GM más o menos regular hasta un calado aproximado de 13' - 14' en el cual tiene un valor mínimo y que corresponde justamente al calado de los blo-

ques centrales, es decir al instante en que el buque queda completamente fuera del agua, luego tiende a aumentar el valor de GM a medida que el pontón sale a la superficie.

Esto nos demuestra que el instante crítico de la estabilidad ocurre cuando la totalidad del buque ha salido del agua o sea cuando la boyantez se ha reducido a cero.

Este valor mínimo obtenido (8.5) para GM, está perfectamente encuadrado dentro de los límites establecidos por el Bureau de Diques (5'-72') debiendo hacerse mención que los valores obtenidos corresponden a un buque ideal; con dimensiones muy próximas a las del buque de diseño. Al trazar la curva GM para un buque real, la continuidad de la curva será más acentuada.

#### Estabilidad longitudinal.-

Siguiendo un razonamiento completamente análogo al empleado en el cálculo de estabilidad transversal, podría demostrarse que el equilibrio longitudinal del buque depende del signo del segmento  $GM_L$ , llamado altura metacéntrica longitudinal. No obstante, no es necesario detenerse en el análisis detallado de los casos posibles, tal como lo hicieramos entonces, puesto que el punto  $M_L$  está siempre muy arriba de G, es decir que la altura metacéntrica longitudinal es siempre positiva. Ello se

debe a que el momento de inercia  $I_L$  es siempre muy grande por lo que lo es  $BM_L$ .

Por consiguiente, daremos por aceptado que la estabilidad longitudinal del dique queda automáticamente asegurada y que no existe posibilidad de que el equilibrio longitudinal sea inestable, como el transversal tal como podía ocurrir en los casos de buques corrientes.

## XI.- SELECCION DE MAQUINARIA - GENERALIDADES.-

*La función y operación de un dique flotante requiere el empleo de numerosos ítems de equipamiento, ya sean mecánicos o eléctricos.*

*El equipo mecánico básico requerido en todos los diques sin tomar en cuenta tipo y tamaño, lo constituyen las bombas, válvulas y tuberías usadas para el movimiento de agua de lastre y los motores impulsores con sus respectivos controles electro-mecánicos, los mismos que se proveen individualmente en cada unidad de válvula y bomba, así como en la estación central de control, los cuales muestran los varios niveles de agua en los respectivos compartimientos de lastre, los calados externos y el asiento y escora del dique.*

*El achique e inundación involucra un arreglo apropiado de las bombas, válvulas y tuberías, debiendo tenerse cuidado de preservar la subdivisión estanca del dique.*

*Este arreglo debe facilitar el achique e inundación a cualquier compartimiento aisladamente, o conjuntamente de 2 ó más en caso de falla de una bomba o válvula cualquiera.*

*Otros aspectos que deben considerarse son las posibles averías al casco y a los sistemas de operación por cualquier causa imprevista. En*

un dique comercial estas consideraciones se limitan a las averías que puedan ocasionarse en el conjunto buque - dique, durante una maniobra y, en caso de siniestros de fuego y tempestad.

Finalmente se hará un estudio de los elementos secundarios de maquinaria, es decir, maquinaria auxiliar, circuitos de poder eléctrico, sistemas de agua dulce y salada, aire comprimido, vapor, etc, que constituye maquinaria del dique y a su vez proporciona servicios al buque varado sumándose a estas, las herramientas neumáticas, equipos de pintura; sol dadores, etc. que tienen un carácter de indispensables en todo dique.

### Sistema Hidráulico.-

Los sistemas hidráulicos constituyen los elementos básicos de maquinaria para el control de agua de lastre, sistemas contra incendios, servicios de agua salada, agua dulce, combustible, aceites lubricantes, refrigeración y mecanismos hidráulicos, basándose el diseño de los principales de estos elementos en cálculos de mecánica de fluidos y tablas editadas por el Bureau de diques.

En primer lugar estudiaremos los sistemas de inundación y achique, cuyos componentes principales lo constituyen el sistema de control de agua de lastre, bombas de agua, líneas de succión, descarga, sistemas cruzados, líneas igualadoras, con sus respectivas válvulas cheque y compuertas.

tas.

El factor básico en el cálculo del sistema de inundación y achique es el tiempo de bombeo del dique que se define como el tiempo teórico necesario para elevar el dique conjuntamente con el más grande buque que pueda ser varado (1.500 tons) con todas las bombas operando a la capacidad promedio, bajo cabezales actuales.

El tiempo de inundación se define como el tiempo teórico necesario para inundar el dique desde el calado liviano de operación (mínima agua residual en los tanques) al máximo calado sin buque varado y con todas las líneas de inundación abiertas totalmente.

La cantidad de agua movilizada al inundar y achicar, depende lógicamente del compartimentaje estructural, el cual es materia de factores como: Tamaño del dique, Reserva de boyantez, Estabilidad y Requerimientos de control de averías.

Habiendo determinado ya las principales de estas características, el diseño del sistema de agua de lastre depende directamente del tiempo de achique e inundación necesarios, los mismos que varían de un tipo a otro de dique y además de la capacidad. Estos tiempos se hallan resumidos en la Tabla 1.

Tipo de Dique	Capacidad ( Tons. )	Tiempo de Achique e Inundacion (Minutos)					
		Diques de Acero		Diques de Concreto		Diques de Madera	
		A	I	A	I	A	I
AFDL	menos de 1.000	45	35	45	30	40	60
AFVL	1.000 - 2.000	50	45	60	40	50	70
AFVL	2.100 - 9.900	60	50	65	45	60	80
AFVM	Menos de 30.000	70	60	--	--	70	90
AFDB	Sobre 30.000	120	100	--	--	110	130
ARD	2.000 - 4.900	65	75	--	--	--	--
ARV	5.000 - 10.000	70	80	--	--	--	--

**TABLA 1**

Para efectos de estabilidad, dividimos el dique en 4 tanques en sen tido transversal, cada uno subdividido a su vez en 2, por medio de un mam paro longitudinal en la línea de crujía; subdivisiones que sirven para - disminuir el efecto de superficie libre y además para inundar el dique - con determinada escora o asiento de acuerdo a la necesidad. Según esto cada tanque tendrá una bomba, con su respectivo control aislado de los o tros.

Teniendo el dique una capacidad de 127.400 p<sup>3</sup> de agua, con sus tanques de lastre completamente llenos, cada tanque debe tener una capaci- dad de 15.925 p<sup>3</sup> de agua, de modo **que** la subdivisión del dique debe ha-

cerse de modo que los tanques de los extremos y los del centro tengan aproximadamente la misma capacidad.

Por geometría calculamos que los tanques centrales tendrán 48' y los de los extremos 52' de largo. Esta variación en la subdivisión no altera los cálculos de estabilidad ya que el momento de inercia no cambia considerablemente.

Este volumen de 15.925 p<sup>3</sup> de agua reducido a medidas de capacidad será:

$$15.925 \times 7.42 = 118.163 \text{ gal.}$$

Que según la Tabla 1, deberán movilizarse en 50 minutos.

Por lo tanto la capacidad de cada bomba será:

$$\frac{118.163}{50} = 2.363 \text{ g. p. m.}$$

El tipo de la bomba lo seleccionamos mediante el gráfico ( 21 ), relacionando la capacidad de la bomba y el cabezal o alto de bombeo de a gua.



Asumiendo un cabezal de 20', debido a las pérdidas, obtenemos con estas coordenadas un punto ubicado en el sector de bomba de flujo mixto. Es decir que las características de las bomba corresponden a las especificadas para bomba de altura, y caudal medios, además, el líquido impulsado no es 100% puro, ya que el agua salada, que será en la mayoría de los casos el medio en que trabaja, tiene un porcentaje de material abrasivo, elevándose a este porcentaje si el sitio de trabajo es la desembocadura de un río.

Son las bomba de tipo flujo mixto precisamente las seleccionadas para trabajos en este medio.

Las bomba tendrán un eje vertical accionado por un motor individual colocada sobre la cubierta de seguridad.

El mismo gráfico anterior nos determina el poder desarrollado por la bomba, en este caso 14 hp.

La eficiencia de la bomba la podemos deducir de la siguiente fórmula:

$$H.P = \frac{f \cdot h \cdot s}{3.960 \cdot e}$$

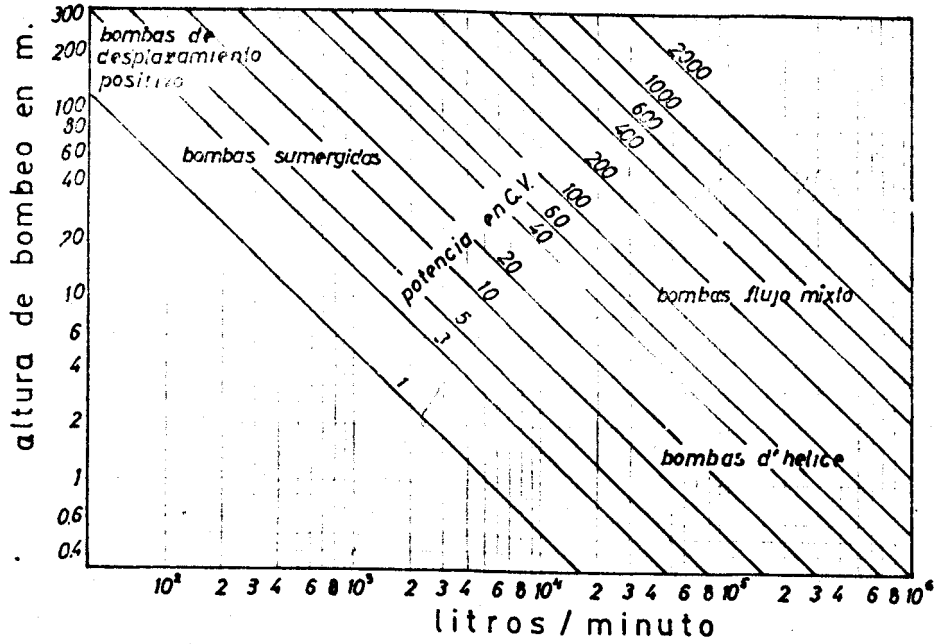


FIG. 21

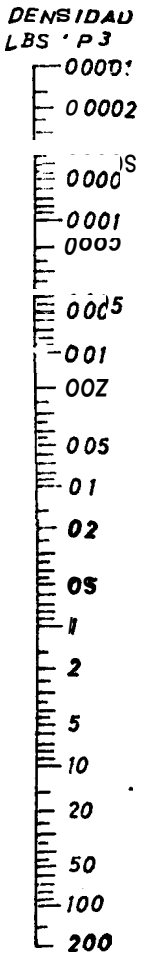
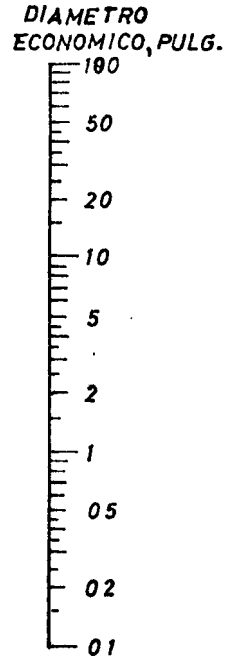
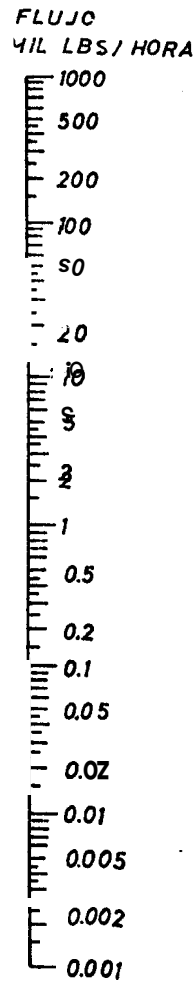


FIG. 22



$f$  = Flujo promedio de líquido, g.p.m.

$h$  = Cabezal, pies

$A$  = Gravedad específica del líquido bombeado

$e$  = Eficiencia.

$$e = \frac{f \cdot h \cdot a}{3.960 \text{ H.P.}}$$

$$e = \frac{2.360 \times 20 \times 1.03}{3.960 \times 14}$$

$$e = 0.85$$

El diámetro óptimo para las tuberías adyacentes a la bomba, los obtenemos del gráfico (22) en el cual relacionamos: Densidad del agua salada y Peso de la m a de agua movilizada por hora (lbs/hora). El primer valor es perfectamente conocido (64 lbs/pie ); los 15.925 p de agua movilizados en 50 minutos, corresponden a 271.200 lbs/hora.

Ubicando estos valores en las respectivas escalas, determinamos el diámetro interior en este caso 7 1/4", debiendo aproximarse al diámetro standard inmediato superior: 8".

Para las tuberías y válvulas de admisión seguimos un razonamiento similar, tomando en consideración que el flujo será mayor debido al menor tiempo requerido para inundación.

Para este sistema obtenemos un diámetro óptimo de 10".

Este último sistema consta de: Caja de mar o de Admisión; ubicado al fondo; con su respectiva rejilla protectora, Codo de 90°, tubería de 10" y una Válvula de compuerta de La misma medida, seleccionándose este tipo de válvula, debido a que el fluido no se necesita estrangular en ningún momento, ya que la válvula opera completamente abierta o cerrada para evitar la erosión ocasionada por el choque continuo del agua contra la compuerta de K válvula.

El Codo de 90° permite colocar La válvula en una posición vertical de modo que pueda manejarse por medio de un control remoto desde la cubierta de seguridad.

El sistema de achique consta de la bomba con su respectiva bane, como de absorción, tubería de descarga, válvula cheque para evitar el flujo en sentido contrario al que impulsa el agua la bomba y válvula de compuerta accionada asimismo por control remoto.

Se necesita además una conexión entre tanques, en sentido longitudinal, a través del mamparo estanco de subdivisión, de modo que cuando una de estas bombas falle o necesite desmontarse para mantenimiento, el tanque respectivo se llena abriendo La conexión mencionada que consta, de una válvula de compuerta de 10" accionada por control remoto, y tube

bería de la misma medida para sujetarse al mamparo, debiendo tenerse especial cuidado de mantener la estanqueidad de un tanque a otro mientras la válvula está cerrada.

No hay conexión cruzada entre tanques de lados opuestos del dique.

Los materiales a usarse en los sistemas anotados serán : Acero o Hierro fundido; en ningún caso se usará bronce o material no ferroso, a fin de evitar el deterioro por efecto de las corrientes galvánicas, pese a lo cual, necesitará una protección especial renovable cada determinado período de tiempo.

#### Sistema de control de averías.-

Como su nombre lo indica, es básicamente la aplicación práctica de la ciencia de las reparaciones, aplicándose tanto a diques flotantes militares y no militares o comerciales; sin embargo, su aplicación es considerablemente distinta debido a la diferencia funcional entre ambos tipos, ya que mientras el dique comercial es concebido y proyectado para operar en condiciones normales, siendo para él la avería una eventualidad excepcional, en cambio, el dique militar puede decirse que está concebido fundamentalmente para resistir averías. En efecto, en el dique comercial se pretende que, en caso de avería, tenga la resistencia suficiente para que las vidas humanas sean puestas a salvo siendo el salva-

mento del dique un objetivo secundario. El dique militar averiado debe poder seguir siendo útil y en última instancia, repararse de emergencia y volver al teatro de operaciones.

Por lo tanto, en el dique comercial, las previsiones para el caso de avería se reducen a la observación de una serie de medidas reglamentarias y técnicas que constituyen el "rol de avería".

Específicamente, el control de averías tiene como objetivo fundamental mantener la subdivisión estanca, mantener la reserva de flotabilidad y estabilidad, mantener la resistencia estructural, control de inundaciones trasvase de líquidos, extinción de incendios. Para nuestro caso, el control de averías prácticamente se limita al sistema de protección contra incendios y a las posibles averías ocasionadas en el conjunto buque - dique al momento de una maniobra de varamiento o desvaramiento.

Por su naturaleza de operación, el sistema de protección de fuego es un arreglo de bomba, válvulas y tuberías de distribución a través de los principales compartimientos y talleres.

El agua debe ser tomada directamente del mar y generalmente, se aprovecha de este sistema para proporcionar otros servicios como lavado

enfriamiento, servicios sanitarios y cualquier otro servicio especificado.

La capacidad y presión de trabajo de la bomba dependen del tipo y tamaño del dique, determinándose de acuerdo a la Tabla 2 del Bureau de Diques, que está elaborada de acuerdo a los requerimientos de protección de fuego.

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE PROTECCION DE FUEGO

<u>Capacidad del dique</u>	<u>Capacidad (GPM)</u>	<u>Presión (psi)</u>
400 - 1.500	500	100
1.600 - 2.400	750	100
2.400 - 3.900	2.000	125
4.000 - 5.500	2.500	125
5.600 - 6.900	3.000	125
9.000 - 20.000	3.500	125
21.000 - 40.000	4.500	125
Más de 40.000	5,000	150

TABLA N° 2

Como aspecto generales deben considerarse:

- a.- La confiabilidad de la bomba y el sistema en general, debe ser de primer orden y no debe comprometerse con otro requerimiento de diseño.
- b.- La bomba debe ser capaz de operar para servicio mínimo.
- c.- Las partes sujetas a oxidación y erosión deben ser de material de buena calidad.
- d.- El diseño y distribución del sistema deben proveer facilidades para inspección y reparación.

#### Servicio de agua salada a baja presión.-

Los servicios de agua salada a baja presión se suministran, según párrafos anteriores, por medio del servicio contra incendio, a través de válvulas reductoras y ramales de baja presión.

Los requerimientos tanto en lo referente a materiales como a características de este sistema son los mismos que se estudiarán en el sistema de achique e inundación.

El servicio de agua salada a baja presión lo constituyen principalmente el sistema de enfriamiento para aceites lubricantes, máquinas die-



sel y compresores de aire; cada máquina o grupo de máquinas debe abastecerse por medio de una válvula separada de reducción de presión.

### Sistema de Agua dulce.-

El sistema de agua dulce en todos los diques están provistos de un suministro continuo desde cualquiera de los tanques del dique o desde tierra a las varias salidas de agua por todo el dique.

El sistema está provisto también de conexiones para llenar los tanques y para descargar a los buques que se encuentren varados.

Este arreglo deberá permitir las operaciones de llenado o transferencia sin perjudicar la entrega de agua a presiones requeridas, a las salidas de servicio.

A fin de reducir las penetraciones de mamparos a un mínimo, las bombas de agua dulce, plantas de destilación (en caso de haberlas) y tanques de agua dulce deben arreglarse en grupos, donde es práctico, estando cada grupo dentro de una subdivisión estanca transversal principal del dique.

Las aplicaciones más importantes son: el uso doméstico, es decir agua de bebida, lavatorios, baños, equipos de lavado, etc. suministrando

además agua para los buques varados equipos de sand-blasting, lavado del casco de los buques.

Los elementos constitutivos de este sistema son: Tanque principal de almacenamiento, Tanques de almacenamiento diarios, Bombas, Tanques hidroneumáticos, Tuberías de distribución, Conexiones internas, Conexiones al buque varado, Indicadores y Equipos de control.

#### Tanques.-

La capacidad total de los tanques de agua dulce debe estimarse para satisfacer los requerimientos para 6 días de trabajo, basándose este estimado en el consumo diario máximo requerido para la tripulación que según standard del Bureau es:

Tripulación del dique ..... 20 gal./hombre.

Tripulación del buque ..... 10 gal./hombre.

Tripulación eventual ..... 5 gal./hombre.

Es decir, que de acuerdo al número promedio de tripulantes (30) la capacidad de los tanques de agua dulce será de 6.000 a 6.300 galones, debiendo tomarse una capacidad extra de seguridad o emergencia de 1.000 galones, por lo tanto la capacidad total debe ser de 7.000 a 7.300 galones.

Los tanques instalados para el sistema de agua dulce son de 2 tipos

*generales:*

- 1.- *Tanques principales de almacenaje de agua potable.*
- 2.- *Tanques de servicio.*

*En general, los tanques del buque serán tanques integrantes formados por la estructura del dique.*

*Los tanques de servicio grandes (sobre 200 galones) y aquellos en uso continuo suministrando porciones del sistema son hechos de acero semiduro. Los tanques pequeños y aquellos usados para un almacenaje largo de un suministro de agua de emergencia son hechos de aleación de cobre y níquel.*

*Todos los tanques de agua dulce están previstos de agujeros de mano para limpieza y acceso. Los tanques demasiado pequeños para acceso están previstos de agujeros de mano situados en forma tal de permitir la limpieza completa desde el exterior.*

*Los grandes tanques de servicio deben proveerse de placas de desviación para retardar el flujo de agua de un lado del tanque al otro cuando el dique se balancea.*

## Bombas.-

El sistema de agua dulce es abastecido por dos bombas tipo centrífuga movida por motor, cada bomba toma sección de un tanque o grupo de Tanques y descargan a una tubería maestra de servicio, ya sea directamente o por medio de los tanques de presión.

Los dos tipos de sistemas de bombeo más comúnmente usados son el tipo de tanque de compresión o presión y el tipo de bomba de operación con tínua.

El tipo de tanque de compresión o presión del sistema de bombeo es muy útil en instalaciones donde hay grandes fluctuaciones en la demanda por agua. En este sistema, pueden usarse bombas adicionales si se necesitan para suministrar las máximas demandas por agua.

Las bombas de cualquiera de los sistemas deben proveerse de interruptores de falla de agua en el caso de que se pare el suministro de agua a las bombas. Esto permite que se desconecte automáticamente a fin de evitar por trabajo en seco o recalentamiento.

## Indicadores de nivel.-

Los indicadores de nivel se usan para determinar la cantidad de agua

dulce en los tanques; los tres tipos más comunes son: Tubos de aondeo, Sistema pneumericator y grifos de prueba. De estos , el método de tubo de aondeo es el recomendado cuando se requieran lecturas exactas y los tanques hayan sido debidamente medidos.

El tubo de aondeo es un pedazo de tubo que se extiende desde el fondo del tanque hasta unos cuantos pies más arriba de este. Cada tubo está equipado con varilla de sondeo individual que se deja en el tubo en todo momento, consta también de un artefacto de cierre operado por soporte para prevenir que entren materias extrañas al tanque a través, de los tubos de aondeo.

## SISTEMA DE VENTILACION

El propósito del sistema de ventilación a bordo de cualquier unidad flotante, es proveer una libre circulación de aire bajo todas las condiciones conmesurada con las exigencias de la integridad estanca peso permisible, espacio y fuerza. Para conservar al personal físicamente apto y mentalmente alerta, debe proveerse una cantidad suficiente de aire fresco y limpio a través de todas las partes del dique.

En cualquier tipo de dique, el sistema de ventilación representa un compromiso entre exigencias estructurales y confortables, de aquí que en ocasiones no se logra conseguir todo lo que se desea. Por ejemplo, la integridad estanca de los compartimientos del dique impone restricciones sobre el número y tamaño de aberturas y conductos de ventilación. Bajo estas restricciones, se obtienen mejores resultados instalando gran número de sistemas locales de tamaño pequeño que instalando unos cuantos sistemas grandes y eficaces.

La ventilación se efectúa por ventiladores operados por fuerza, considerándose 2 tipos: Directo e Indirecto. La ventilación directa, conocida también como ventilación mecánica, requiere el uso de ventiladores directamente conectados a aberturas o conductos de distribución.

La ventilación indirecta o natural es el movimiento de aire a trave

vés de conductos o aberturas como resultado de diferencias de presión de aire establecidas por ventiladores operados por fuerza no conectados directamente a esos conductos o aberturas.

### Requerimientos Generales .-

- El aire debe transmitirse y distribuirse por ductos, terminales y regulares de flujo y válvulas.
- Todos los ventiladores deben ser operados eléctricamente.
- La subdivisión de sistemas de ventilación ( y calefacción en caso de tenerlos) conformarán a las características de compartimentaje para control de averías.
- Todos los tubos, ductos y accesorios del sistema de ventilación se disponen y construyen en tal forma de mantener la estanqueidad de aquellas partes de la estructura donde se requiere prevenir la inundación de un compartimiento a otro y prevenir a su vez la difusión de humo y gas a través de los ductos de ventilación.

### Tipos de Sistemas.-

Los sistemas de ventilación mecánica son de dos tipos: suministro y escape. El sistema de suministro se usa dondequiera que la función del sistema sea control de temperatura o distribución positiva de aire.

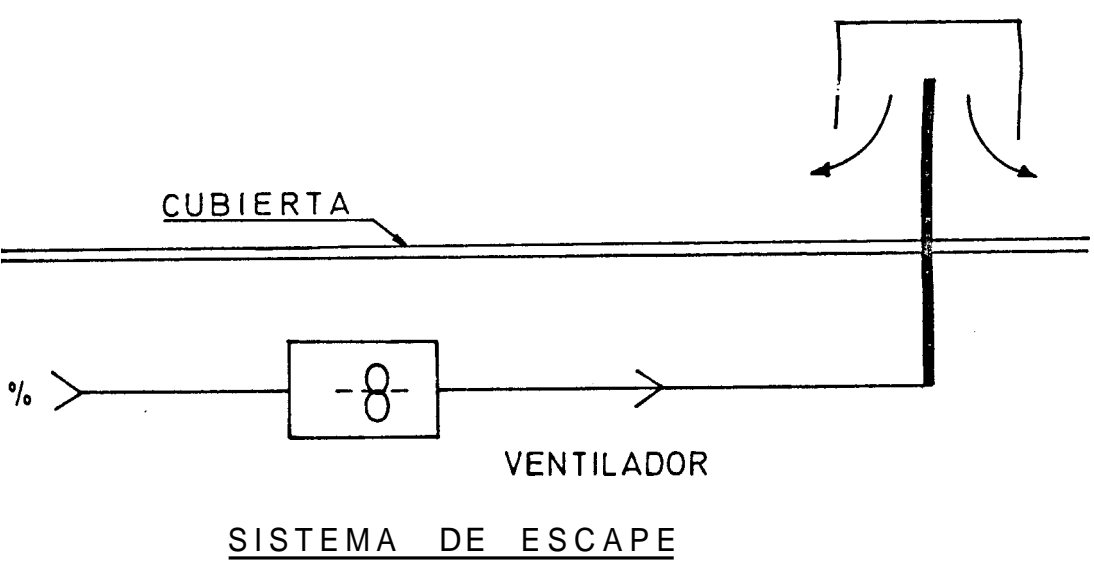
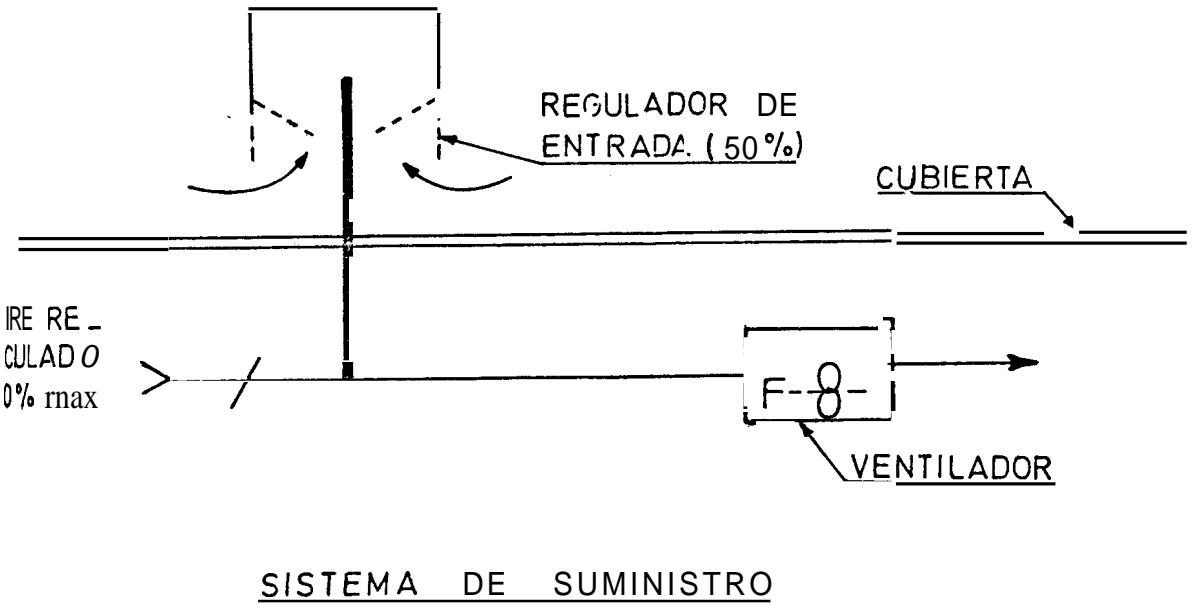


FIG. 23



Los sistemas de ventilación de escape proveen las funciones de sacar aire de la vecindad del equipo de producción de calor, previniendo la acumulación de misuras gaseosas explosivas, remoción de vapores nocivos y remoción de olores.

Los dos sistemas en conjunto tienen suficiente capacidad y distribución para satisfacer todas las necesidades sin corriente de aire a través de orificios de aire o aberturas de acceso a la interperie.

Los sistemas de suministro y escape para equipo tal como motores Diesel, compresores, fraguas, etc. se combinan con los sistemas de ventilación donde la combinación en ninguna forma arriesgue o interfiera, con el propósito principal de cualquiera de los dos sistemas.

En la Fig. 23 muestra el diagrama básico de los sistemas de ventilación suministro y escape.

## SISTEMA ELECTRICO

El sistema eléctrico indispensable a bordo, lo constituyen generadores, transformadores y más equipos auxiliares para suministrar el poder necesario para impulsar las bombas de achique, válvulas de inundación, molinete, winches, bombas de control de averías o protección de fuego, compresores, soldadoras, herramientas portátiles y servicios auxiliares como alumbrado, ventilación y misceláneos.

Las características principales y requerimientos necesarios para el cálculo de suministro de poder, son influenciados por el tipo y el tamaño del dique.

En general, el equipo eléctrico deberá tener los siguientes requerimientos generales de operación:

- 1.- El equipo debe ser capaz de operar cuando el dique Xenga un rolido hasta de  $35^{\circ}$  y una escora permanente de  $10^{\circ}$ .
- 2.- Vebe protegerse contra humedad, atmósfera de aire yodado y vapores de aceite.
- 3.- Debe presentar características moderadas de resistencia al choque.
- 4.- El equipo expuesto a temporales debe impermeablizarse o protegerse

o de golpes de agua.

- 5.- Los equipos ubicados cerca a bodegas de pinturas y cuarto de baterías deben ser a prueba de explosiones.
- 6.- El uso de material frágil como hierro fundido, porcelana, en miembros estructurales y el uso general de materiales tóxicos e inflamables deben reducirse a un mínimo.

#### Capacidad de Generadores .-

En la etapa preliminar de diseño, la capacidad de los generadores se estima de acuerdo a los valores de las cargas eléctricas aplicadas a las diferentes secciones del dique y bque varado.

La maquinaria o mecanismos que utilizan esta energía, se agrupan en una tabla, considerándose la carga que absorben en las diferentes etapas de funcionamiento del dique, es decir: Bombeo, Reparación, Servicio contra incendios, Remolque y Servicio nocturno. Es fácil suponer que determinada maquinaria tiene un funcionamiento especial en una etapa mientras que esta misma maquinaria trabaja a un ritmo moderado o nulo en otras etapas.

Estas consideraciones se muestran en la tabla 3 en la cual se dan

los valores de potencia total (K V A) inducida en cada servicio.

Para el cálculo de la potencia activa (K W) se utiliza el método del "Bureau de Diques", basado en la tabla anterior y según la ecuación:

$$K W_{MAX} = \frac{K V A_{MAX} \times P F}{P L}$$

Donde:

$K W_{MAX}$  = Valor de máxima carga usada en la selección de la capacidad del generador diesel.

$K V A_{MAX}$  = El mayor producto de: Factor de trabajo y Suma de potencias de bombeo, reparación, etc.

Factor de trabajo = 1,0 para bombas principales de achique, válculas y molinetes.

0,85 para el resto de equipos.

P.F. = Factor de poder = 0,80.

P L = Coeficiente de paralelismo = 0,90.

$$K W_{MIN} = \frac{K V A_{MIN} \times P F}{0,30}$$

$K W_{MIN}$  = Valor de mínima carga de generador auxiliar.

$K V A_{MIN}$  = Mínima carga nocturna.

TABLA N° 3

	BOMBEO	REPARACION	REMOLQUE	SERVICIO NOCTURNO
Bombas principales de achique	200	-	-	-
Válvulas inundación y achique	12	-	-	-
Molinetes.	10	-	-	-
<u>Servicios al buque.-</u>				
A C	--	150	-	-
D C	--		-	-
<u>Servicios de reparación.-</u>				
Compresor de aire		50	-	-
Soldaduras		50	15	-
Talleres	3	20	10	-
Herramientas portátiles		2	2	-
Pescantes		5		-
<u>Servicios del dique.-</u>				
Alumbrado	16	16	15	5
Ventilación	30	30	30	15
Sanitarios	3	3	3	2
Maquinaria Auxiliares	20	20	10	5
Suministro Agua dulce	5	5	5	3

Suministro agua salada	2	2	2	2
Miscelaneos	6	6	6	2
<u>Totales</u>	<u>307</u>	<u>359</u>	<u>96</u>	<u>34</u>

De acuerdo a las ecuaciones anteriores tenemos:

$$\begin{aligned}
 KVA_{max} &= (200 + 12 + 10) \times 1.0 + \\
 &\quad (307 - 200 - 12 - 10) \times 0.85 \\
 &= (222 + 72 \\
 &= \underline{294 \text{ KVA}} \quad (\text{Bombeo}) \\
 &= 359 \times 0.85 \\
 &= \underline{305 \text{ KVA}} \quad (\text{Reparación}) \\
 &= 96 \times 0.65 \\
 &= \underline{83 \text{ KVA}} \quad (\text{Remolque})
 \end{aligned}$$

De los valores obtenidos tomamos el máximo.

$$\begin{aligned}
 KW_{MAX} &= \frac{305 \times 0.80}{0.90} \\
 &= \underline{277 \text{ KW}} \\
 KW_{MIN} &= \frac{32 \times 0.80}{0.30} \\
 &= \underline{85 \text{ KW}} \quad (\text{Servicio nocturno})
 \end{aligned}$$

El tamaño o capacidad standart más próximo que puede usarse para generador auxiliar es 100 K W.

Con un generador auxiliar de 100 K W, la carga a suministrarse por el generador principal será:

$$271 - 85 = 186 \text{ K W}$$

$$\frac{186}{2} = 93 \text{ K W}$$

Para el generador principal, el tamaño standart más próxima es 200 K W; por lo tanto, podrá instalarse un generador de 200 K W (principal) y un generador de 100 K W (auxiliar).

## INDICADORES DE NIVELES DE AGUA

Para que la profundidad del agua en los principales tanques de las-  
tre del dique, puedan ser fácilmente obtenidos durante las operaciones de  
bombeo y achique, se provee un sistema de indicadores de niveles de agua,  
cuyo funcionamiento se basa en la presión necesaria para vencer una colum-  
na de agua.

El sistema consta de una campana de aire que se coloca cerca del fon-  
do de cada uno de los 8 tanques, cerca al mamparo longitudinal del centro  
teniendo además 3 conexiones al tope de cada tanque; una **d**ude la campana  
de aire a la base de la columna indicadora para registrar la profundidad  
del agua en el tanque, otra desde el tope del tanque al tope de la colum-  
na para asegurarse que aquellas presiones son iguales y la tercera para  
permitir la presión de aire **d**ude una fuente aparte del sistema indicador  
para ser admitido a la campana de aire.

El aire comprimido se suministrará por un compresor, a través de un  
separador, un filtro y una válvula de reducción.

Antes **de** que el dique sea puesto en servicio **y** después **de** amarrarse a  
una nueva localidad, **be debe** chequear la exactitud **de** los manómetros a va-  
rias profundidades en cada tanque comparando las lecturas del manómetro -



con las medidas verdaderas de profundidad en los correspondientes tanques.

Los indicadores de niveles de agua, incluyen además manómetros indicadores de calados externos colocándose estos en el interior de las paredes laterales cerca a los extremos, unos para mostrar el calado del dique y otras para mostrar la profundidad del agua sobre los bloques centrales.

Todos los indicadores mencionados registran sus lecturas en un panel o tablero de control único ubicado en la "sala de control" desde donde se opera a voluntad cada uno de los tanques.

## GRUAS O PESCANTES

Todo dique flotante, cualquiera que sea su tipo o tamaño, por su naturaleza de trabajo mismo, constantemente necesita movilizar pesos de interior de la cámara, o desde ésta hasta un muelle o lanchón acoderado, haciéndose este trabajo por medio de grúas, cuya capacidad es mayor o menor de acuerdo a la capacidad de levante del dique; y en cierta forma de acuerdo a su tipo.

Las grúas son indispensables en diques cuya área de trabajo, en función de la eslora, es tal que necesiten moverse en este sentido a fin de cubrir la totalidad de esta área; estimándose que las grúas móviles constituyen parte de la maquinaria indispensable en diques de 2.000 toneladas de capacidad como mínimo.

Para diques de menor capacidad, este trabajo puede hacerse con pescantes rotatorios, ubicados de tal modo que el servicio de levante de pesos puede ser previsto sobre las 3/4 partes del área de la cubierta del pontón.

La capacidad promedio se estima en 8.000 libras (3 ton.), considerando el peso de hélices y ejes de buques que constituyen los mayores pesos unitarios que se transportan.

*El radio de acción de cada uno debe ser de 32' a 35' y tanto la iza  
da como la bajada del pescante debe operarse con mecanismos movidos eléc  
tricamente, FIG, 24*

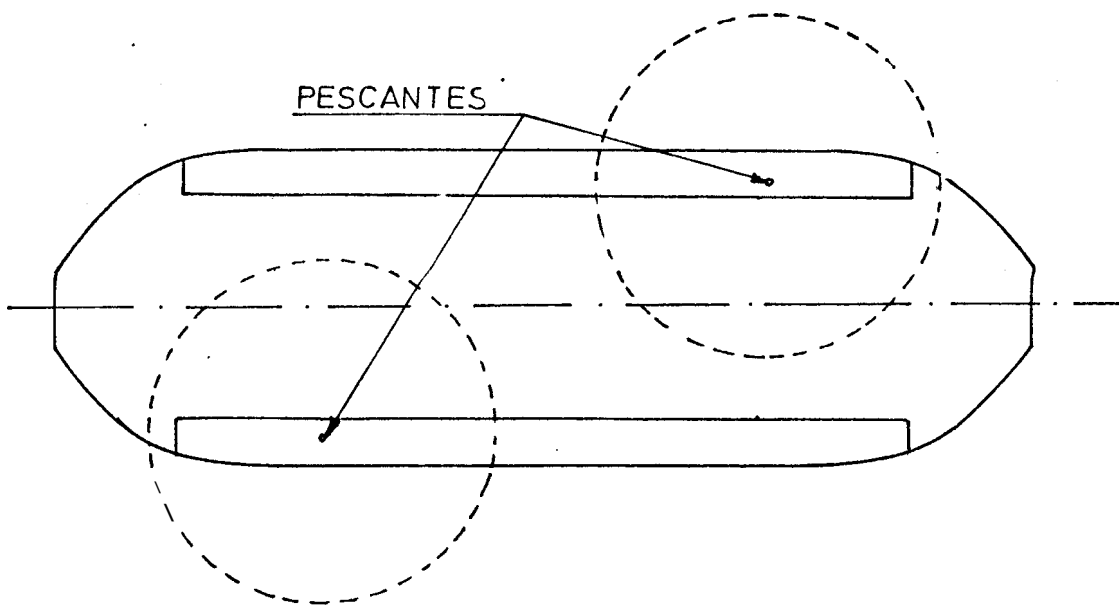


FIG. 24

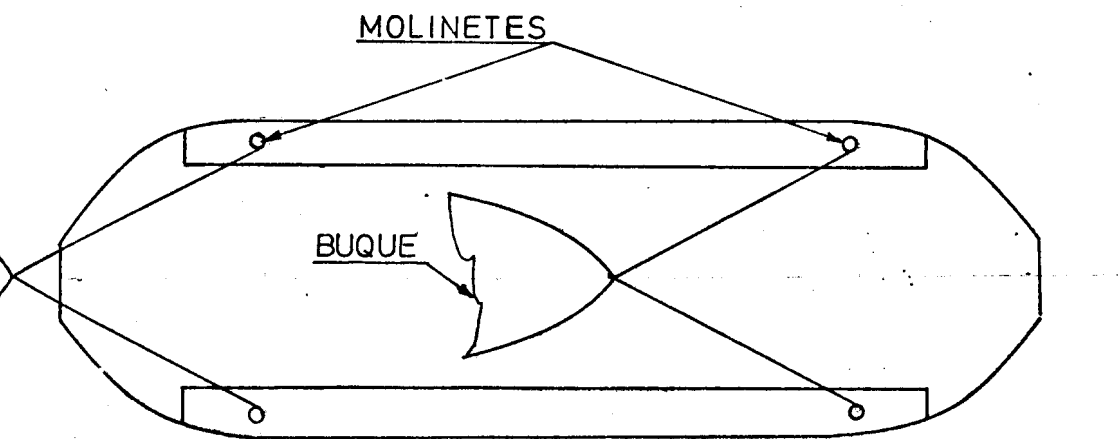


FIG. 25

## MOLINETES

En el varamiento de unidades flotantes de poco tonelaje, es práctica común conducir al buque desde la entrada hasta su ubicación definitiva usando la fuerza humana, pues resulta un método práctico como se verá en el capítulo de maniobra. En cambio, cuando el buque es de dimensiones máximas (dentro de la capacidad) este trabajo se efectúa por medio de molinetes ubicados próximos a proa y popa del dique, en ambos bandos, sobre la cubierta de las paredes laterales, como se indica en la figura 25

Tienen estos molinetes otra función de importancia como es, centrar el buque con respecto a la línea de cruzía del dique, por medio de aparatos además proveer la fuerza necesaria para abrir o cerrar las cuñas laterales cuando se requiera..

De acuerdo a las especificaciones del Bureau, los molinetes deben ser operados por motor eléctrico, en el mecanismo necesario para hacer girar el molinete en ambos sentidos y a diferentes velocidades, manejado desde un control remoto tipo botón de presión, el mismo que a diferentes posiciones, dará marcha, giro a izquierda o derecha e interrupción, teniendo además un control termostático que desconecte el motor justo antes de alcanzar una temperatura crítica.

La potencia del motor se calcula a base de la fuerza necesaria para

remolcar al buque y la velocidad a que debe moverse sin peligro de perder maniobrabilidad. Considerando el buque de diseño, la fuerza de remolque equivale aproximadamente a la necesaria para vencer la resistencia friccional del buque

$$R_6 = f + s + v^{1.825}$$

que es aproximadamente 12.000 libras, que va a ser ejercida por 2 molinetes simultáneamente, es decir que cada uno necesita aplicar una fuerza de 6.000 libras.

El buque debe entrar con una velocidad de 30 pies/min., pero por tratarse de una componente de la velocidad real y considerando las resistencias de fricción de las tiras, asumimos  $v = 40$  pie/min.

Por lo tanto:

$$P = \frac{F \times v}{33.000} \text{ H.P.}$$

$$= \frac{6.000 \times 43}{33.000}$$

$$= 7.2 \text{ H.P.}$$

## SISTEMA NEUMATICO

El sistema neumático o de aire comprimido, provee al dique aire a presión para máquinas hand-bhang, arranque para maquinaria diesel, suministro a los buques varados, herramientas neumáticas necesarias para reparación y mantenimiento y requerimientos misceláneos. En general, este servicio se suministra por medio de 2 sistemas independientes: uno para el arranque de maquinaria diesel y el otro para los demás requerimientos del dique.

### Sistema de arranque de maquinaria diesel.-

Según el párrafo anterior, se requiere un sistema de aire comprimido independiente, para una presión mínima de 250 p.s.i y de acuerdo al Bureau, el compresor debe ser de etapa múltiple enfriados por agua con intercambiadores y debe ser capaz de operar contra la presión de descarga necesaria para arrancar la máquina, pero en ningún caso menor de 250 p.s.i. además el compresor debe tener un switch de control automático.

### Sistemas Misceláneos.-

Este sistema de aire comprimido opera a una presión de trabajo de 100 p.s.i. debido a que las máquinas sand-blasting se diseñan para trabajar a esta presión y constituyen el principal consumo de aire a

La capacidad total del sistema, varía de acuerdo al tamaño del dique y su selección se hace de acuerdo a la siguiente tabla (Bureau de Dique).

TABLA N. 4

<u>Capacidad de levante del dique</u>	$p^3$ (100 p.s.i)
400 - 1.600 tons	250
1.600 - 2.400 tons	500
2.400 - 4.000 tons	750
4.000 - 5.500 tons	850
5.500 - 8.900 tons	1.000
9.000 - 20.000 tons	2.000
20.000 - 40.000 tons	3.000
Más de 40.000 tons	3.600

Esta capacidad requerida (250  $p^3$ ) debe suministrarse por un compresor principal; teniendo además un compresor auxiliar, que automáticamente mantendrá la presión de servicio.

Compresor principal.-

El principal servicio de aire comprimido se hace por medio de un compresor de trabajo pesado, enfriado por agua, etapa doble, construcción vertical, V o W, equipado con intercambiador, separador de humedad, filtro de admisión y silenciador.



### Compresor auxiliar.-

El compresor de aire auxiliar debe ser enfriado por aire, con controles automáticos de arranque-interrupción por tratarse de un dique no militar, este puede ser tipo comercial marino.

Ambos compresores son equipados con alarma de sonido en caso de falla de la circulación de agua, y de desconexión automática en la falla de aceite lubricante.

El sistema de lubricación será tipo auto-contenido, circulación forzada en descansos principales, descansos de cigüeñal, engranaje y piñones.

### Máquinas sand-blasting.-

Según lo referido en párrafos anteriores, los equipos de sand-blasting constituyen el principal consumo de aire comprimido; utilizándose estas en la limpieza completa de los cascos metálicos de buques, anclas y cadenas, para luego proveer una protección tal que les permita permanecer en servicio a flote un nuevo lapso de tiempo.

La máquina consiste de un recipiente cilíndrico en donde se deposita arena y agua dulce; en la parte inferior tiene las conexiones y válvulas para permitir el paso de la mezcla arena-agua junto con el aire comprimido.

do, descargando a la presión de 100 p.s.i. por una manguera especial, terminada en una pequeña tobera cambiable, debido al continuo deterioro por efecto del material abrasivo.

El compresor envía el aire comprimido a través de una tubería que corre a lo largo de la cámara de varamiento a una altura tal que permite hacer las conexiones a la máquina desde diferentes sitios.

### Soldadoras.-

La reparación de buques de acero implica el uso imprescindible de máquinas soldadoras tanto eléctricas como oxi-acetilénicas, usándose estas últimas en el corte preliminar de los sectores averiados o en mal estado y en la preparación del material a emplearse; y las eléctricas en la fijación definitiva de las planchas, vigas u otra estructura metálica y en general, para utilizarse en la generalidad de trabajo de soldadura que constantemente se presentan en una reparación. Estas deben ser de corriente alterna 440 volts. trifásicos y con capacidad para soldar planchas hasta de 3/4", se ubican una en cada banda, con 4 terminales o puntos por cada electrodo cada uno, y con la extensión suficiente para cubrir la totalidad de la cámara de varamiento.

Las soldadoras autógenas de oxígeno-acetileno, más bien usadas como cortadoras y en segundo término como calentadoras para desarmar conjuntos

tomados, la constituyen las botellas de oxígeno y acetileno, con su respectivos manómetros y boquillas disponiéndose de un número mayor o menor de acuerdo a la necesidad.

### Maquinaria de Reparación.-

Conforme se mencionó al comienzo de este capítulo, en los trabajos de reparación de buques y del dique propiamente dicho, se necesita maquinarias y herramientas neumáticas, eléctricas y mecánicas que son indispensables para conformar un taller flotante, considerándose estas como parte integrante de la maquinaria del dique.

La variedad y cantidad de esta maquinaria es mayor si se trata de un dique tipo militar con un alto grado de autosuficiencia, reduciéndose a un mínimo en diques comerciales.

Como principal maquinaria neumática tenemos la de pintura a soplete que consta de un recipiente con conexiones para suministro de aire a presión, válvulas reguladoras, mangueras de extensión y boquillas. Se emplea principalmente para la aplicación de capas de pintura en superficie especiales, o en su defecto, la aplicación de determinados tipos de pintura.

También se incluyen los cepillos neumáticos que sirven para la limpieza del casco, luego de retirar la broma y óxido grueso; el movimiento rotatorio proviene de una pequeña turbina que es accionada por un chorro

*de aire a presión enviado a través de una manguera, conectada al mismo sistema que el usado para máquinas sand-blasting.*

*Estos cepillos deben ser disponibles también del tipo eléctrico, al igual que los taladros y esmeriles cuyo uso es conocido.*

## XII - REMOLQUE DEL DIQUE

*En uno de los primeros capítulos habíamos analizado las ventajas y desventajas de un dique seco flotante, contándose entre las primeras la facilidad de movilizarse a los sitios en que se requiera su función.*

*Un dique tipo militar o comercial no puede movilizarse por medios propios debido a no tener maquinaria propulsora, debiéndose esto a que su función no implica el viaje continuo de un sitio a otro, además, el límite de espacio, ocasionado por la estructura misma, hacen que la generalidad de los diques construídos, necesiten ser remolcados, debiendo realizarse esta maniobra de modo que no ocasione retrasos imprevistos que influyen en el diseño de los accesorios de remolque.*

*El equipo de remolque está conformado generalmente por materiales e ítems tales como: cadena de remolque, grilletes, seguros para cadenas, manparos de oteaje, y cabrestantes como principales, cuyo diseño está supeditado al análisis de los siguientes factores.*

### \* Factores de Resistencia.-

*Existen varios factores de resistencia, causados por fuerzas naturales tendientes a retardar el movimiento de la unidad remolcada, algunos de ellos no son factibles de medir por pruebas u otros métodos y deben -*

ser evaluados o estimados, para determinar su efecto en el esfuerzo de la línea de remolque o sea la cadena que trasmite la fuerza desde el remolcador al dique, teniendo mayor influencia en este cálculo la resistencia del casco y viento, principalmente para estructuras con considerable superficie sobre y bajo la línea de flotación. Estos factores de resistencia pueden subdividirse en la siguiente forma:

#### \* Aqua.-

La acción del agua contra las superficies sumergidas de los cascos ocasiona resistencia de fricción, formación de olas, turbulencia o remolinos.

#### Algas Marinas.-

La acumulación de algas marinas incrementa la resistencia friccional, causa pérdidas de velocidad de remolque y constituye un porcentaje de aumento de la resistencia al remolque.

#### Forma del Casco.-

Los extremos bruscos o con ángulos del dique, reduce el movimiento a vante por formación excesiva de olas, turbulencia y estelas.

La turbulencia y remolinos son causados por las masas de agua en vio lenta agitación, usualmente en la popa de la estructura, donde at formarse un vacío originan una contra-acción at movimiento avante. La resistencia de este tipo aumenta rápidamente conforme aumenta la velocidad, siendo de bajo valor e importancia a baja velocidad de remolque.

**El** oleaje producido por el remolcador afecta a la unidad remolcada solamente cuando se maniobra con una línea de remolque muy corta.

### Viento.-

**El** viento es un factor de resistencia importante en el remolque, especialmente en zonas en que **&** viento adquiere una velocidad considerable, o en estructuras flotantes que tienen un gran área de obra muerta.

En el caso de diques flotantes la resistencia ocasionada por el viento puede ser tan grande que la unidad remolcada hale al remolcador.

### Efectos dinámicos.-

El ruido, viaje, cabeceos y movimientos diversos, incrementan la resistencia at avance y su efecto neto es una reducción en la velocidad.

### Escora.-

La resistencia debido a la escora llega a ser despreciable a pequeños ángulos, aunque es recomendable adrizar el dique cuando se prepara expresamente para remolque.

### Asiento.-

Para diques flotantes bajo remolque es aconsejable un asiento de 3' a 4' en la popa para una mayor eficiencia en velocidad.

Ciertas asunciones de diseño deben hacerse para deducir el cálculo de los factores de resistencia. Para algunos factores puede hacerse una aproximación razonable, para otros, el juzgamiento y experiencia son las mejores guías. Alrededor del 80% de la resistencia total es causada por fricción, oleaje y viento, el restante 20% puede ser calculado usando ciertos porcentajes de los tres antes mencionados.

### Fórmulas.-

#### a.- Resistencia friccional.-

Los datos usados para determinar la resistencia friccional se basan en experimentos con modelos; en condiciones actuales.



La resistencia causada por la fricción del agua en la superficie sumergida del buque, depende de:

- 1.- Área y forma de la superficie sumergida.
- 2.- Naturaleza de la superficie, incluyendo obstrucciones y apéndices.
- 3.- Velocidad de remolque.

Para resistencia friccional del agua en un dique remolcado usamos

$$R = f_1 S \left( \frac{V}{G} \right)^2 K_1$$

Siendo:

$R$  = Resistencia en lbs.

$f_1$  = Coeficiente que depende de la condición del fondo del casco y obstrucciones al mismo (Tabla 5) .

$S$  = Área de superficie mojada =  $p^2$

$V$  = Velocidad de remolque en nudos, relativa a agua tranquila.

$K$  = 1.2, representa un 20% de incremento en resistencia causada por la línea de remolque y otros efectos de golpes.

### Resistencia por formación de olas.-

Los datos utilizados en el cálculo de resistencia por formación de olas se basan en pruebas de modelos y depende de factores como:

TABLA

COEFICIENTE DE REMOLQUE

Clase	' 51	S	62	B	53	C
AFDB-1 .....256' x 80'	.45 a .8	23. 000	.3	720	.7	3. 800
AFDB-4 .....240' x 101'	.45 a .8	26,000	.3	900	.7	4. 530
AFRM-1 .....496' x 116'	.45 a .8	50. 000	.6	750	.67	7. 000
AFDM-3 .....488' x 124'	.45 a .8	52. 000	.6	800	.67	7. 800
ARD-1 .....390' x 60'	.45 a .8	20. 000	.2	250	.61	2 000
ARR-2 .....486' x 71'	.45 a .8	34. 000	.2	370	.61	3. 700
ARD-12 .....492' x 81'	.45 a .8	40. 000	.2	480	.61	4. 400
AFDL-1 .....200' x 64'	.45 a .8	13. 000	.4	220	.7	1. 400
AFVL7 .....288' x 64'	.45 a .8	19. 000	.4	210	.7	1. 500
AWL-35 .....389' x 84'	.45 a .8	38. 000	.3	780	.67	1. 900
AFDL-47 .....448' x 97'	.45 a .8	46. 000	.5	420	.7	2 500
AFDL-48 .....400' x 96'	.45 a .8	48. 000	.4	1,350	.7	2 540
'YFD-7 .....488' x 124'	.45 a .8	52. 000	.6	800	.67	7. 800
YFD-68 a 71 .....474' x 118'	.45 a .8	48. 000	.6	750	.67	2.300

- 1.- Area bajo la línea de flotación.
- 2.- Forma de la proa y popa.
- 3.- Velocidad de remolque.

Para calcular esta resistencia usamos la siguiente fórmula:

$$G = 2.85 \times B \times \delta_2 \times V^2 \times K_2$$

Donde:

$G$  = Resistencia (lbs).

$B$  = Area de la sección transversal del buque bajo la línea de flotación ( $p^2$ )

$\delta_2$  = Coeficiente que depende de la forma de los extremos del casco

$V^2$  = Velocidad de remolque (Nudos)

$K_2$  = Representa un 20% de incremento en resistencia por agua agitada y turbulencia.

### Resistencia por acción del viento.-

Los datos usados en la determinación de la resistencia por acción del viento, se basan en experimentos con modelos y dependen de los siguientes factores:

- 1.- Area de la sección transversal del dique sobre la línea de flotación, sometida al viento. ( $p^2$ ).

- 2.- Velocidad del viento (Nudos)
- 3.- Velocidad de remolque (Nudos).
- 4.- Forma del dique sometido al viento.

Para el cálculo de esta resistencia usamos:

$$W = \frac{C \times 0.0004 (V_w + V) \times f_3}{1}$$

Siendo:

$W$  = Resistencia (lbs).

$C$  = Area de la sección transversal sobre L.A (p).

$V_w$  = Velocidad del viento (Nudos).

$V$  = Velocidad de remolque relativa a aguas tranquilas (Nudos).

$f_3$  = Coeficiente que depende de la forma del dique sometido al viento.

### Resistencia total.-

La resistencia total será la suma de las tres anteriores, y el resultado de esta adición debe ser modificada, al multiplicarse por un factor de seguridad que varía de 1.5 a 3 y depende del mayor o menor número y calidad de los componentes del remolque.

Cálculo de resistencia friccional.-

$$R = f_1 \times S \left( \frac{V}{6} \right)^2 \times K$$

$$f_1 = 0.6 \text{ (Tabla 5 )}$$

$$S = \text{Area fondo} + \text{Area costados}$$

$$= 11.700 + 2 (3 \times 210)$$

$$= 11.700 + 1.260$$

$$= 12.960 \text{ p}^2$$

$$V = 6 \text{ nudos (asumido)}$$

$$K_1 = 1.2$$

$$R = 0.6 \times 12.960 \left( \frac{6}{6} \right)^2 \times 7.2$$

$$\underline{R = 9.330 \text{ lbs}}$$

Cálculo de resistencia por olas.-

$$G = 2.85 \times B \times f_2 \times V^2 \times K_2$$

$$B = 3' \times 65' = 195 \text{ p}^2$$

$$f_2 = 0.4 \text{ (Tabla 5 )}$$

$$V = 6 \text{ nudos (asumido)}$$

$$K_2 = 1.2$$

$$G = 2.65 \times 195 \times 0.4 \times 6^2 \times 7.2$$

$$\underline{G = 9.600 \text{ lbs}}$$

Cálculo de resistencia por viento.-

$$W = C \times 0,004 (V_w + V)^2 \times \delta_3$$

$$C = 6 \times 65 + 2 (22 \times 10) = 390 + 440 \\ = 830 \text{ p}^2$$

$$V_w = 20 \text{ nudos (asumido)}$$

$$V = 6 \text{ nudos}$$

$$\delta_3 = 0.7 \text{ (Tabla )}$$

$$W = 830 \times 0.004 (20 + 6)^2 \times 0.7$$

$$W = \underline{1.570 \text{ lbs.}}$$

Resistencia total.-

$$R_T = R + H + W$$

$$= 9.330 + 9.600 + 1.570$$

$$= \underline{20.500 \text{ lbs.}}$$

Multiplicando por el factor de seguridad 3 (asumido) tenemos:

$$R_T = 20.500 \times 3$$

$$= \underline{61.500 \text{ lbs.}}$$

EL esfuerzo de trabajo del material a seleccionarse debe am lógicamente menor yue el esfuerzo de ruptura, pero en ningún caso mayor del 70%

del mismo; es decir que para la resistencia de 61.500 lbs, el esfuerzo de ruptura debe ser:

$$\frac{61.500}{0.7} = 85.850 \text{ Lbb.}$$

Que corresponde a una cadena de 1", de acuerdo a la Tabla de esfuerzos.

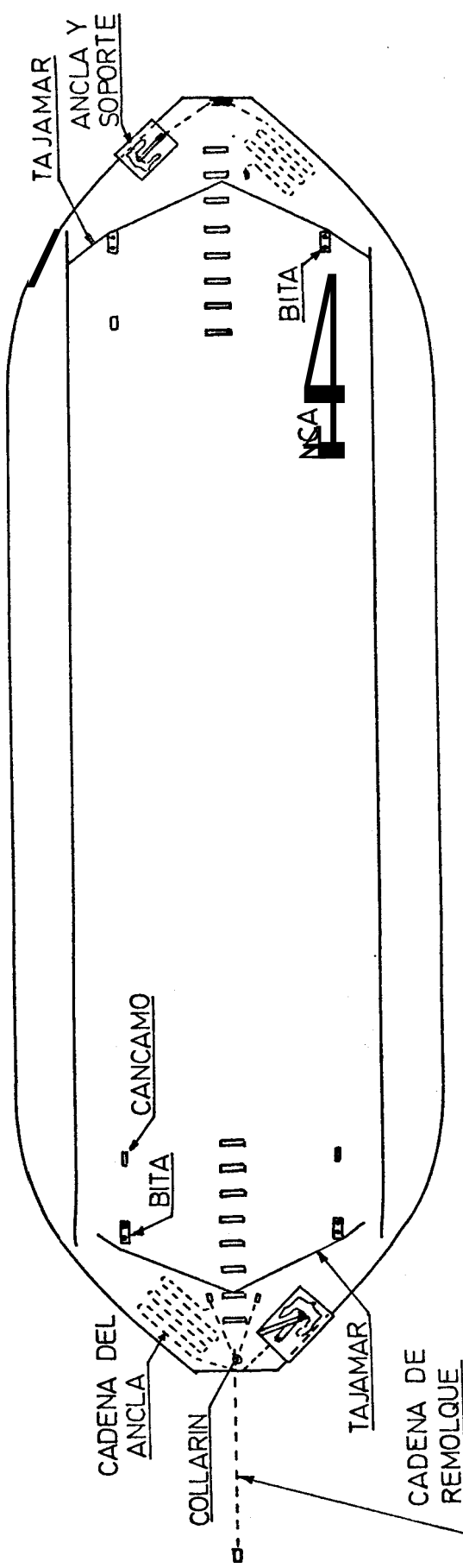


FIG. 26



### XIII- PREPARACION PARA VARAMIENTO

De acuerdo a las estadísticas realizadas es factible que el dique esté en una constante operación, varando, reparando y pintando la obra viva de los buques y auxiliares. Entonces, se puede considerar que el dique debe estar preparado para recibir un buque, es decir, completamente operativo, la impermeabilidad asegurada en pruebas previas, la maquinaria, bombas e instrumentos en condición normal de operación, y que haya sido establecida la correcta nivelación de los bloques de quilla centrales y laterales con relación a la línea base del dique.

Tan pronto se tiene conocimiento que un buque particular va a ser varado, el Ingeniero Jefe si es posible o su representante deberá obtener el plano de varamiento del buque, e inquirir sobre el calado, escora y condiciones generales del buque. Debe hacerse además una visita al buque, medida que es practicable, ya que en ocasiones el Ingeniero Jefe, personalmente examina la condición de buques averiados.

Los arreglos deberán hacerse con el fin de colocar al buque con el calado, asiento y condiciones generales óptimas para el varamiento. Si el buque está averiado y no puede llegar a las condiciones deseadas, el Ingeniero Jefe o el Técnico encargado deben determinar si el dique puede admitirlo en tal o cual condición de arribo; debe averiguar si existe metal averiado que pueda ser removido por corte bajo el agua, o de lo contrario, localizar los bloques centrales o laterales que serán omitidos -

en tal forma que el área averiada no asiente sobre estos, lo que ocasionaría esfuerzos muy peligrosos en la estructura del buque.

### Plano de Varamiento.-

Habíamos anotado que el Ingeniero Jefe requiere del plano de varamiento del buque a ser varado, con suficiente anticipación de la fecha de varamiento para planificar la maniobra y ubicar los bloques centrales y laterales.

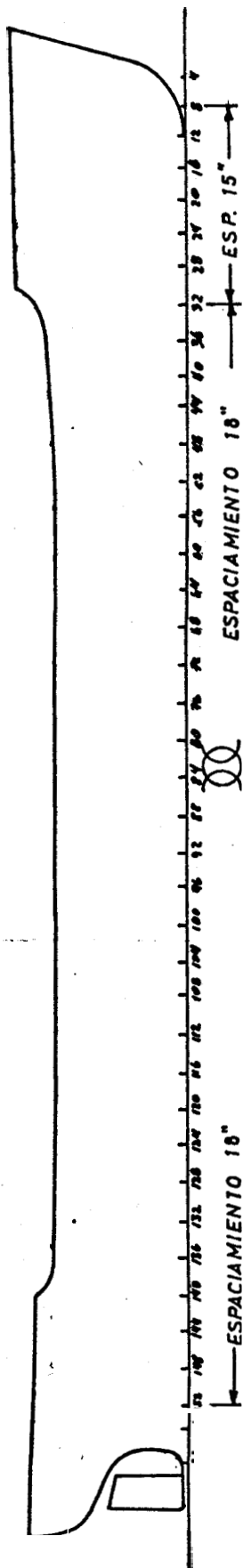
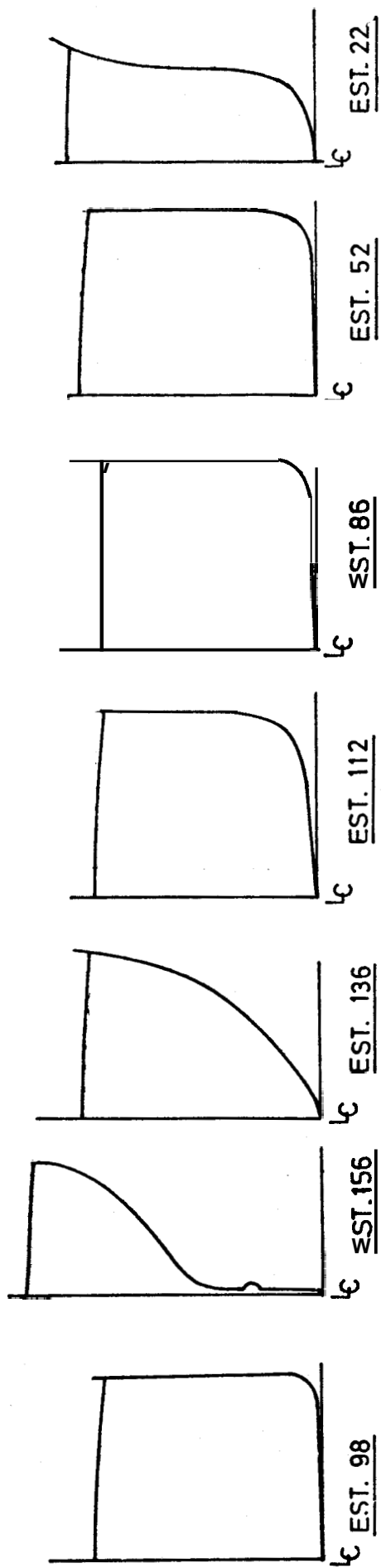
El plano de varamiento proporciona las dimensiones principales y otras características del buque, los cuales son indispensables para este planeamiento.

La información requerida incluye eslora, manga, sección transversal del buque para medir y colocar los bloques laterales y localización de las quillas de varamiento si las hay. El plano de varamiento también debe incluir obstáculos o apéndices fuera del casco como: hélices, guardabombas, zapatas, sonares, etc, así como también las localizaciones de las aberturas en el casco del buque, de modo que al ubicar los bloques, no asiente sobre estos, permitiendo hacer la limpieza requerida.

Un plano de varamiento típico se muestra en la Fig. 27

La forma de presentación del plano de varamiento es similar para bu-

PLANO DE VARAMIENTO



DIMENSIONES PRINCIPALES

ESLORA MAXIMA	210' 0"
ESLORA ENTRE PERP.	196' 0"
MANGA MOLD.	48' 0"
PUNTAL MOLD.	25' 0"
CALADO EN CARGA	19' 0"

FIG. 27

ques de guerra y buques comerciales y en general, para cualquier tipo de estructura flotante. Para los mencionados en primer lugar, el plano incluye usualmente una tabulación detallada de las medidas y ubicación de bloques laterales para consecutivos varamientos.

El plano presenta además diferentes cortes transversales verticales correspondientes a determinadas cuadernas, generalmente aquellas que constituyen parte de un mamparo de subdivisión, o un mamparo estanco.

Los tipos de buques más pesados, requieren además de los bloques centrales o de quilla, una o dos filas extras de bloques, a cada lado de la línea de cruzía. Aunque este último detalle concierne solamente a buques de gran tamaño, todos estos detalles deben mostrarse en el plano de varamiento en forma clara y a una escala conveniente.

EX plano de varamiento Uevado por el buque es usualmente corregido de acuerdo a las innovaciones o arreglos diferentes en cada dique, y aún que este puede ser preparado de acuerdo a los datos del mejor plano de varamiento disponible, deberá hacerse un chequeo final o actualización del plano Uevado por el buque.

Es norma generalizada que todo buque lleve a bordo el plano de varamiento para posibles eventualidades de varamientos imprevistos.

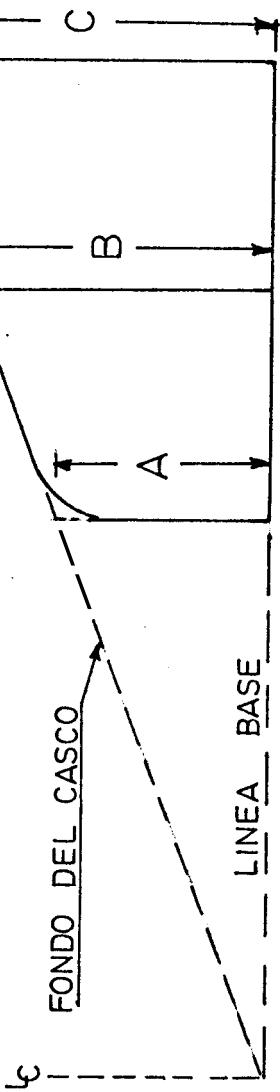
Puede ocurrir sin embargo que algunos buques (en su mayoría buques mercantes), no dispongan del plano de varamiento; en este caso, el Ingeniero Jefe puede improvisar un plano de varamiento con la obtención de las características del buque y siguiendo cualquiera de las siguientes instrucciones =

- 1.- Localizar al Astillero construido del buque y fecha de construcción entonces , consultar los planos de buques construidos similares al que se va a varar y asumir que la forma y otras características del buque son del mismo tipo.
- 2.- Inspeccionar el interior del buque y determinar si tiene quilla de varamiento o estructural de refuerzo y medir la distancia desde la línea de crujía. Usando un garfio o gancho investigar si el buque tiene guardabalance y cual es la longitud de este apéndice.
- 3.- Un buzo puede sumergirse para hacer una inspección general de la obra viva del casco, medida que es a menudo imprescindible cuando se trata de buques averiados, aún cuando disponga de plano de varamiento .

Con la eslora, manga, líneas generales del buque y la distancia conocida entre bloques laterales, determinar el sitio donde los bloques laterales se ubicarán con respecto a la estructura del buque.

Comenzando en la popa (o proa) del buque, fijar la primera estación para bloque lateral en lo posible se selecciona un sitio de asentamiento sobre un mamparo o cuaderna, al igual que el mayor número de cuñas. De acuerdo a la semimanga del buque, se estima una medida de la línea de cruzilla, aproximadamente los  $3/4$  de esta. Gráficar entonces a partir de este punto, la forma que tendrá la cuña, tomando 3 medidas principales; interior, media y exterior, luego a la misma distancia de la cruzilla, se efectúa igual procedimiento para las estaciones que estime quedarán ubicadas sobre o cerca de las estaciones del dique. Estas medidas se gráficar bobne verticales correspondiente a su respectiva estación y trazada bobne una horizontal que representa la línea base o nivel de los bloques. Estos puntos se unen con una curva continua, formando 3 curvas denominadas "curvas de cuñas", finalmente sobre la misma horizontal y con la misma escala, se trazan verticales que corresponden a las estaciones del dique; estas verticales cortarán a las curvas de cuñas, proporcionando Wonce las medidas de estas que serán confeccionadas teniendo cuidado de dar a las cuñas próximas a proa y popa el desnivel necesario para que la totalidad de ésta. asiente en el casco.

Este procedimiento se usa cuando se trata de buques con fondo alzado o en "V", Fig. 28



----- ESTACIONES DEL DIQUE  
 \_\_\_\_\_ " " BUQUE

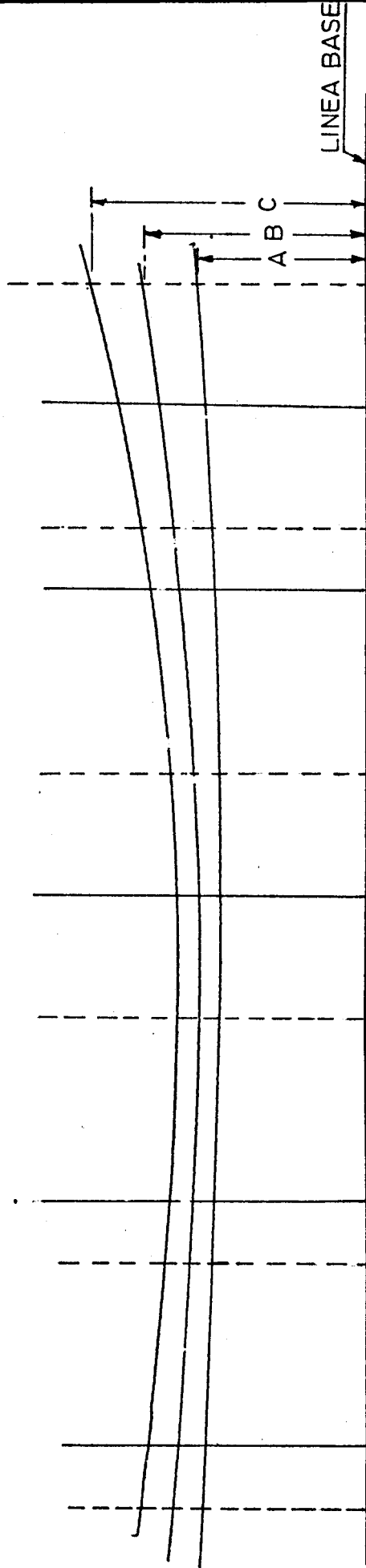


FIG - 28

## PLAN DE BOMBEO

### Distribución de pesos.-

La única condición que el dique pueda ejercer su máxima capacidad de levante a ocasionar esfuerzos extras al buque o al dique mismo ocurre, cuando el buque varado tiene una distribución de pesos completamente uniforme de proa a popa y cuando la quilla del buque descansa sobre los bloques ocupando prácticamente toda la eslora del dique.

Usualmente estas condiciones no se obtienen ya que la mayoría de los buques son más pesados en una parte que en otra y uno a ambos extremos quedan colgantes.

Para reducir o limitar el esfuerzo en la estructura del dique, es necesario proveerlo de una mayor capacidad de levante que la nominalmente requerida (Cap: Desplazamiento y Capacidad de Levante).

Si la distribución de pesos del dique fuera substancialmente igual de extremo a extremo y la longitud del dique fuera igual a la longitud del buque, se podría asumir que ésta es soportado en toda la longitud del dique a través de los bloques de quilla con una intensidad prácticamente uniforme.

Para todos los propósitos prácticos el peso del dique por sí mismo



es también uniformemente distribuido a lo largo de toda la longitud; por lo tanto, la intensidad total de peso del combinado buque-dique sería el mismo en cualquier punto de la eslora.

En esta circunstancia ideal, el agua contenida debe ser mantenida al mismo nivel en todos los tanques de lastre, y la fuerza uniforme hacia arriba o boyantez, provista por la parte sumergida del dique, compensaría e igualaría en cualquier punto el peso uniforme hacia abajo del agua contenida y el peso del conjunto buque-dique, existiendo equilibrio sin ocasionar esfuerzos fuera de lo normal a la estructura.

El caso anterior, sin embargo, es netamente teórico.

La distribución de pesos del buque, particularmente en el caso de buques militares, está lejos de ser uniforme; armamento y maquinaria en particular produce altas concentraciones de carga dentro de porciones de longitud relativamente pequeñas. Consecuentemente la intensidad con la cual el buque descansa sobre el dique es también desigual. Sin embargo, la boyantez del dique, debido a la uniformidad de la obra viva del casco es igual en toda la longitud; es decir, que aún cuando el agua contenida está al mismo nivel en todo el dique habrá lugares donde localmente la boyantez excede el peso y viceversa, induciendo un considerable esfuerzo en la estructura del dique.

En base a esto y aprovechando la ventaja de la subdivisión de los tan-

ques de lastre se procede a introducir una mayor cantidad de agua a los compartimientos que corresponden a regiones donde el peso del buque es pequeño, y por el contrario, una mayor cantidad de agua es bombeada fuera en los compartimientos bajo las partes pesadas del buque.

La combinación de peso buque-dique y peso del agua contenida tendrá el equivalente efecto de un buque con una distribución de peso prácticamente uniforme, y ya que el dique es usualmente previsto de un suficiente margen de capacidad de levante para compensar el incremento sin peso, la condición será similar a aquella condición teórica analizada anteriormente.

## VARAMIENTO Y DESVARAMIENTO DE UN BUQUE

### Inundación del dique.-

El primer paso en el varamiento es la inundación del dique hasta el calado requerido sobre los bloques para el buque que se vara. Si el buque tiene quilla plana, a h escora ni asiento, el dique normalmente se inundará hasta que la altura de agua sobre los bloques centrales sea igual al calado del buque más 2 ó 3 pies de exceso como medida de seguridad por posibles movimientos de ambos.

En diques grandes, las grúas se aseguran en un sitio seleccionado.

Cuando todas las estaciones se reportan "listos" a la sala de control se abren las válvulas de inundación. Las válvulas de todos los tanques deben abrirse lo más simultáneamente posible, de lo contrario el dique comenzará a escorarse o asentarse, condiciones que tenderán a aumentar si no se corrige a tiempo, debido a que el cabezal dinámico aumenta considerablemente hacia el sitio donde está escorado o asentado.

La inundación puede efectuarse con las válvulas abiertas totalmente para obtener un óptimo tiempo promedio de sumergencia o pueden ser abiertas parcialmente para restringir el flujo de agua a los tanques.

Es importante que el dique no tenga escora al momento que la cubierta del pontón se sumerge, de lo contrario, bruscamente se incrementará de acuerdo al área del plano de agua (pared lateral y porción parcial del pontón). Este fenómeno es un hecho inherente a todo dique flotante sin tomar en cuenta la forma de compartimentaje estanco que se haya diseñado en su estructura.

Cuando el dique ha sido hundido al calado deseado, todas las válvulas de inundación se cierran, debiendo chequearse los niveles de agua a fin de verificar si el dique está o no en una condición sin esfuerzos extras y listo para recibir al buque.

#### Pruebas durante la primera sumergencia.-

Durante la primera sumergencia es conveniente efectuar pruebas de integridad y funcionamiento de maquinaria e instalaciones. Estas pruebas se efectúan durante un ciclo completo de achique e inundación, teniendo la gran ventaja de dar al personal de trabajo la familiaridad necesaria con los controles.

Durante las operaciones de bombeo y achique, deben chequearse los indicadores de niveles de agua y compararse con la lectura visual de las marcas de calados y nivel interior de los tanques; estas lecturas deben tomarse a etapas sucesivas para un control más efectivo.

### Tiras o línea de manipuleo.-

Denominanse "tiras" o "líneas" los cabos utilizados en la maniobra de halar al buque en el varamiento o desvaramiento.

El técnico de varamiento debe abordar al buque antes de vararlo para determinar y explicar la maniobra de líneas entre dique y buque y seleccionar las bitas o cornamuzas del buque que ofrezcan mayor seguridad y facilidad.

Cuando el buque se acerca al dique, las líneas se pasan tan pronto como se pueda hacerlo, comenzando por la proa y asegurándose en los sitios predeterminados. En este momento el buque comienza a ser controlado por el dique o el técnico determinará si se precisa de un mayor acercamiento.

Al acercarse al dique los buques grandes lo harán con la ayuda de remolcadores; los buques pequeños pueden hacerlo con su propia máquina, pero en ambos casos es normalmente halado dentro del dique por medio de líneas gruesas actuando entre la proa del buque y la proa del dique.

El buque se mantiene centrado por medio de líneas laterales controladas por los molinetes de la cubierta principal y que trabajan a la misma velocidad e intensidad.

### Maniobra para centrar al buque.-

Es práctica común en diques flotantes erigir una grúa de centro en los extremos del dique, en la línea de crujía; esta grúa se coloca en los puentes colgantes y sirven de referencia para la ubicación de las marcas de centros.

Una vez determinada la posición del buque se colocan las marcas correspondientes exactamente a las perpendiculares de proa y popa del buque.

Estas marcas las constituyen cadenas que se extienden de banda a banda de cuyo centro cuelga una plomada, sujeta con cuerda o con otra cadena y que señala exactamente la línea de crujía del dique. Las cadenas de centro están marcadas también en los extremos asegurados a cada costado de modo que puedan colocarse rápidamente en cada varamiento o cada movimiento del buque, dentro del dique.

En los extremos salientes de proa y popa del buque se coloca así mismo una plomada; halándose entonces hasta detenerse en la posición definitiva, es decir, cuando la plomada del buque llegue hasta la cadena se centra al buque, comprobándose esto cuando las plomadas de esta y la del dique coinciden en una vertical (Fig.29 ).

Cuando se trata de buques cuya proa y/o popa sobresalga de las pare-

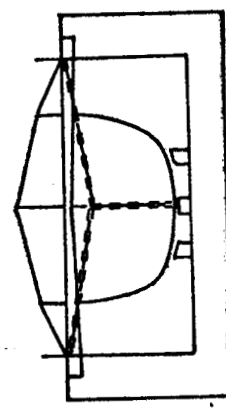
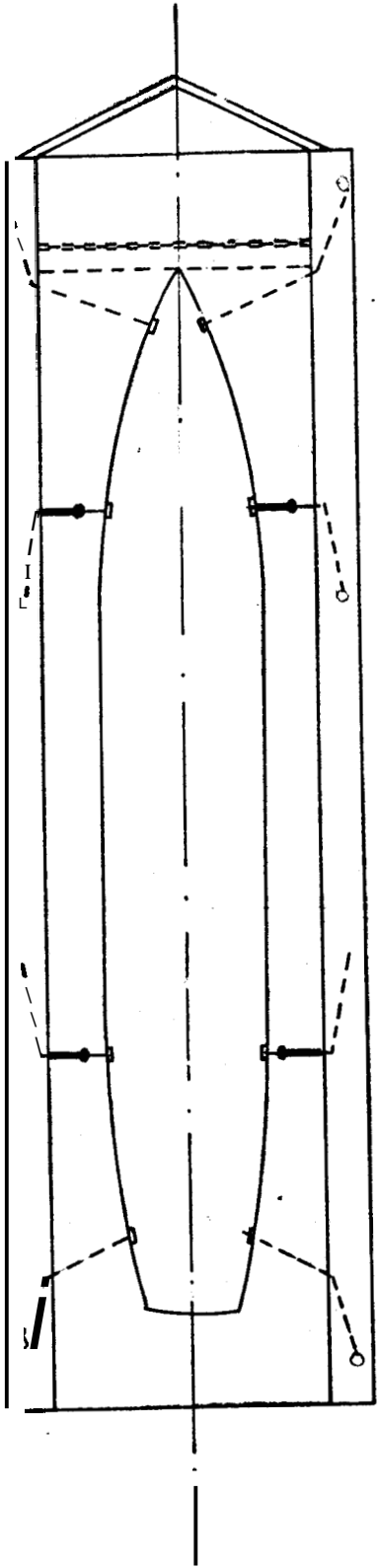


FIG. 29

des laterales, se usan marcas colocadas en los extremos de proa y popa del dique, pivoteada en el extremo inferior y son manejadas desde los costados.

Cuando el buque está centrado y asegurado en esta posición, el bombeo de achique puede reiniciarse.

### Elevación de buque y dique.-

En la primera fase de elevación del dique, antes de que el buque ha ya asentado en los bloques, el bombeo debe ser uniforme para mantener el mismo nivel de agua en los tanques.

Durante esta fase de bombeo, varios tripulantes deben estar ubicados en cada una de las líneas de amarre; para evitar que estas se templen excesivamente, mientras el dique sube y además, mantener el centro exacto del buque tanto en proa como en popa, posición que es constantemente chequeada durante esta operación.

El primer contacto entre la quilla y los bloques centrales ya sea en proa o en popa se notará por el cambio de calado del buque. A medida que el bombeo continúa, habrá una indicación similar al otro extremo, significando esto que el buque ha asentado completamente.



En una maniobra cuidadosamente planeada y bien ejecutada, el asentamiento de proa y popa será casi simultáneo. Los calados del buque y calados sobre los bloques serán comparados al momento de asentar. Si la lectura del calado del buque es menor, es señal peligrosa, indicando una obstrucción bajo el fondo del casco.

Si se van cuñas móviles, serán haladas antes que el buque esté completamente asentado y su calado se haya reducido al punto de inestabilidad. EL buque debe estar completamente adrizado con respecto al dique, antes de halar el primer par de cuñas. (El varamiento de buques con escora o asiento se explicará posteriormente).

El momento de halar las cuñas es de gran importancia, ya que halarlos demasiado pronto significa que soportarán demasiada carga sobre ellos, lo cual no es deseable ya que no tienen gran estabilidad.

En la mayoría de los casos se considera buena práctica halar los bloques laterales después que el nivel de agua haya descendido 6" a partir del asentamiento y antes de que descienda 1' del calado del buque.

El primer par de cuñas laterales comienza a halarse por la proa y por la popa del buque, se continúa halando los sucesivos bloques de par en par al mismo tiempo. Nunca deben halarse los bloques en un lado del dique, conjuntamente con bloques de diferentes número de la otra banda.

Los bloques laterales deben ser maniobrados hasta que hagan un sólido contacto con el fondo del buque, trabajo que debe ser inspeccionado por un buzo.

El bombeo puede ahora continuar de acuerdo con el plan previamente preparado; los manómetros deben chequearse continuamente para asegurarse que el dique se mantiene a nivel.

Ya hemos visto que la condición crítica de inestabilidad en esta maniobra ocurre desde que el fondo del buque emerge del agua hasta que la cubierta del pontón emerge también, debiéndose a que el plano de agua es mayor y consecuentemente, la superficie libre.

Tan pronto como se termine el bombeo de achique y el buque esté en seco, el técnico personalmente debe inspeccionar el fondo y se asegurará de que todos los bloques y cuñas estén perfectamente ajustados.

### Desvaramiento.-

Antes de desvarar el buque, debe chequearse la condición actual, en caso que se hayan aumentado pesos que hagan variar el asiento.

El técnico responsable hará un chequeo final en la cubierta del pontón o cámara de varamiento y examinar todos los bloques. Los puntales (si han sido usados) y otras maderas deben quitarse o dejarse sueltos

las instalaciones eléctricas y otras conexiones entre el buque y el dique son desconectados; las líneas de amarre se templan y aseguran; las grúas o cabrestantes deben estar inactivos.

Las válvulas de fondo y todas las conexiones y áreas reparadas y que están ubicadas bajo el agua, deben cerrarse.

Cuando todo está listo para comenzar la maniobra, el operador de la sala de control abre todas las válvulas de inundación y a medida que el dique baja, los niveles de agua contenida en los tanques de lastre, deben ajustarse para prevenir esfuerzos extras en la estructura; en cada etapa de inundación, estos niveles relativos, deben ser aproximadamente iguales que los correspondientes de las etapas de achique en la maniobra de varamiento.

Al igual que en el caso anterior el dique no debe tener escora a medida que la cubierta del pontón se sumerge, ya que esta condición es más peligrosa con un buque sobre los bloques que con el dique vacío. Si a esta altura de la inundación se nota una escora, todas las válvulas deben cerrarse; y solamente luego que la escora ha sido eliminada puede reiniciarse la maniobra.

Cuando el dique ha alcanzado el calado requerido para que el buque flote, se permite inundar 1' ó 2' más, como medida de seguridad, pueden

do ahora si halarse con las líneas laterales hasta quedar fuera del control del dique.

#### Varamiento de un buque con asiento.-

Tanqueros vacíos, transportes cañados y otros buques vacíos llegan esporádicamente al varamiento con un asiento excesivo. Excepto en el caso de buques averiados el Técnico responsable debe procurar que el buque sea llevado a un asiento razonable, colocando pesos adicionales o uniendo tanques como sea necesario. Si se acude a este último recurso, deben abrirse las válvulas de inundación del buque durante el achique del dique para permitir que el agua salga por gravedad mientras el buque es elevado.

En el varamiento de buques con asiento, la cubierta debe estar inclinada, paralela a la quilla del buque.

El procedimiento a seguirse consiste en calcular la diferencia de niveles (pebo) de agua, mediante el momento para asentar el dique 1 pulgada a proa o popa. Luego inundar el pontón y las paredes hasta el mayor de los 2 calados, como si se tratase de un varamiento normal.

La diferencia de niveles (calados) al achicar los tanques de las paredes laterales del extremo que debe tener menor calado.

**El dique no debe ser asentado por medio de inundación de los tanques.**

de fondo extremos ya que esto origina esfuerzos peligrosos en la estructura.

En el varamiento de buques que tienen un asiento excesivo, se debe considerar al máximo asiento permisible de seguridad que pueda darse al dique, y tomar en cuenta que el buque puede llegar a ser inestable durante el período de asiento inicial, hasta que haya asentado completamente la quilla sobre los bloques y las cuñas laterales (si van a usarse) se han hasta su sitio.

La presión sobre el punto de contacto de los bloques puede ser excesivo. Esta fuerza es más intensa cuando el asiento del buque con relación a la línea de flotación y al nivel de los bloques, es así mismo muy grande y tiene una componente horizontal tendiente a deslizar la quilla sobre estos o hacer fallar la estructura del armazón.

En buques de tamaño medio o pequeño, una diferencia de calado de 5 ó 6 pies, se considera excesiva, no pudiendo vararse en esta condición, excepto en caso de emergencia.

Como regla general aceptable, los buques pueden tener un asiento permisible normal de 1' por cada 100' de eslora y cuando se excede este asiento, se deben tomar precauciones para prevenir la falla de los bloques por rompimiento o deslizamiento.

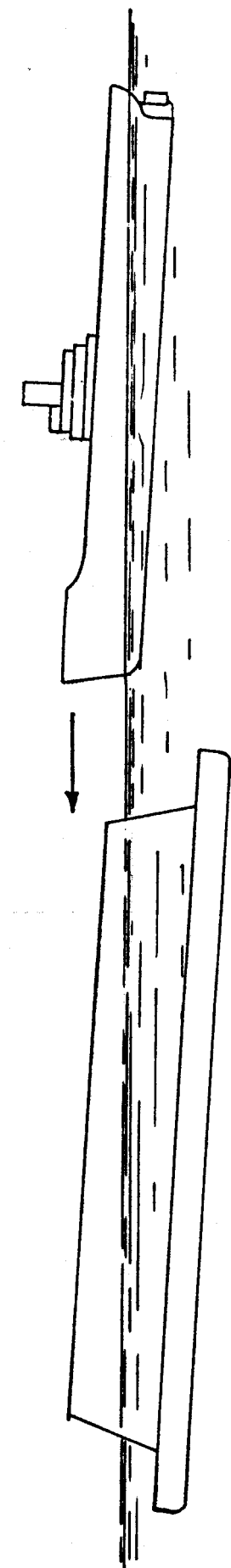



FIG. 30 -VARAMIENTO OE UN BUQUE ASENTADO

### Varamiento de un buque escorado.-

El varamiento de un buque escorado, es en varios aspectos, similar al varamiento de un buque asentado. La escora debe reducirse al mínimo por cualquier medio disponible, ya sea inundando los tanques al lado a-puerto de la escora, o  al buque o un costado del dique, en donde los cabrestantes pueden colocar pesos sobre la cubierta.

Como en el caso anterior, el dique debe ser escorado al mismo grado, que el buque. El factor que determina la limitación de la escora de seguridad es la estabilidad de las grúas, estableciéndose que esta máxima escora es normalmente de 5 a 7°. (Fig. 31), ya que el promedio mínimo de franco bordo para las paredes laterales es el mismo para un clipe escorado a adrizado, al máximo calado permisible sobre los bloques centrales, se reduce a medida que la escora del dique se incrementa.

Esta pérdida de calado es una función de la distancia desde la línea de crujía (centro del bloque central) proyectada en la pared vertical, hasta el nivel de agua del costado que emerge.

La máxima escora permisible para varar un buque escorado se estima alrededor de 8° para diques pequeños.

Se recomienda antes de escorar el dique, asegurarse que los cabrestan

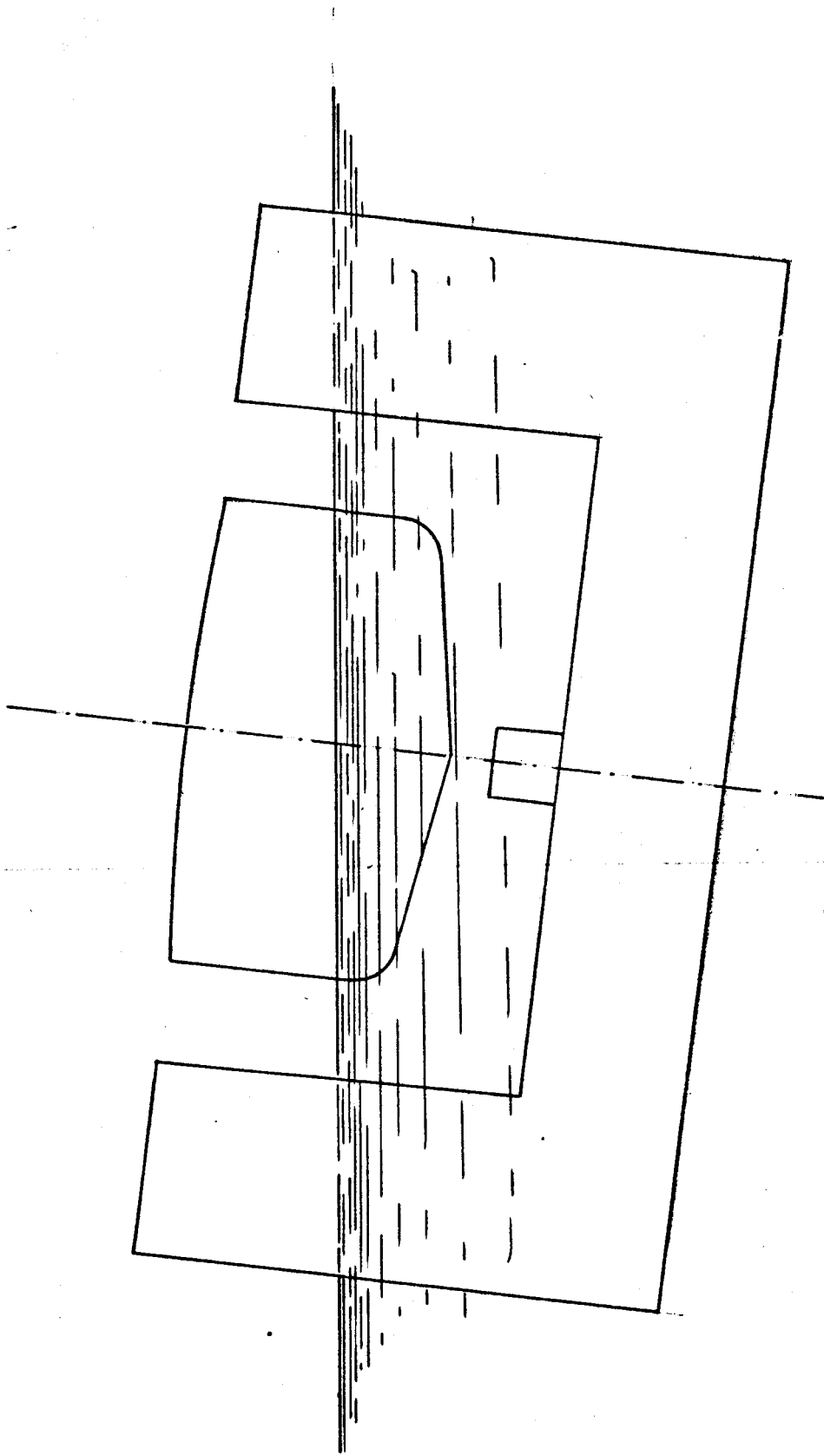


FIG. 31



tes (6 grúas) , se encuentran fijos a la cubierta de las paredes laterales usando cualquier método de amarre ya sea cable o templadores.

Tan pronto como el buque está asentado en los bloques y las cuñas laterales están colocadas en su sitio, continúa el bombeo de tal modo que el dique se adriza paulatinamente.

#### Varamiento de un buque averiado.-

Un buque averiado, se presenta para varamiento en una o más condiciones diferentes; es decir, que puede tener escora o asiento o ambos.

Las averías bajo at agua implica la existencia de compartimientos inundados y hasta puede presumirse que la quilla tiene sectores con quebranto o arrufo, además las averías pueden presentar planchaje desgarrado del fondo y otras irregularidades y obstrucciones.

Antes de varar el buque, debe remolcarse hasta un costado del dique , para que los buzos puedan usar la cubierta del pontón como plataforma de trabajo. Ellos deben examinar y reportar la condición del área averiada, además, verificar la existencia de planchaje u objetos extendiéndose fuera de la línea del casco o de la quilla, tales obstrucciones deben ser removidos por corte bajo el agua o cualquier otro método.

Durante esta inspección, la extensión de la avería, se puede plotear aproximadamente, para indicar los bloques que serán removidos, o si su altura será disminuida o aumentada por efecto del quebranto o arrufo del buque.

Es recomendable usar madera suave en el área averiada y particularmente cuando existe un área en que la condición del fondo es incierta.

Tan pronto como el buque ha asentado y antes de que se haya hecho un levantamiento apreciable, los buzos deben examinar el estado de los bloques, de modo que cualquier ajuste necesario se pueda hacer con tiempo.

Cuando se achica el dique con un buque averiado, sobre sus bloques, se debe tener un cuidado especial.

Un buque no averiado, constituye por sí mismo una viga longitudinal de gran esfuerzo, que distribuye las cargas concentradas de su peso a la estructura del dique. En un buque averiado, en donde el esfuerzo de la viga se pierde, al no asentar en todos los bloques, las cargas concentradas actuarán directamente sobre los compartimientos de lastre en los cuales descansa.

Por lo tanto, al varar un buque averiado se debe estimar el peso que va a actuar sobre determinado tanque, implicando la necesidad que el

bombeo sea cuidadosamente programado.

*En el desvaramiento múltiple, la maniobra es similar a la anterior.*

### Varamiento Múltiple.-

*En el varamiento múltiple, simultáneamente entran dos o más buques a la cámara del dique, lógicamente, dentro de su capacidad.*

*La preparación de la "cama de varamiento" es exactamente igual como si los buques se vararan individualmente, teniendo cuidado en la elección de la posición de las mareas de centro, puesto que entre la popa del buque cotocado delante y la proa del otro, debe haber un espacio permisible para la erección de andamios y plataformas que permitan la extracción del eje de cola, si esto es necesario.*

*El dique se hundirá hasta un calado que corresponda al mayor calado de los buques que van a entrar. La maniobra de ubicación, centro y achique, es también similar, hasta cuando asiente el buque de mayor calado, en que se detiene el achique para cerrar las cuñas y colocar puntales. Terminada esta primera parte, continúa el achique hasta que asiente el buque de menor calado. Si uno de los buques es desvarado primero se aprovecha de esta maniobra para cambiar de posición al otro de modo que la totalidad de la obra viva del casco sea carenada.*

## XIV - PRINCIPIOS DE CONSTRUCCION

### Factores de consideración.-

Los más importantes factores a considerarse en la construcción de un dique flotante son:

- 1.- Selección del Astillero apropiado con relación a las facilidades disponibles.
- 2.- Selección de materiales a emplearse en la construcción de las estructuras principales.
- 3.- Método de fabricación, procedimientos y etapas acseguirse.
- 4.- Método y procedimiento para lanzamiento del dique después que su construcción ha alcanzado un cierto grado de avance,
- 5.- Procedimiento de acabado final y pruebas.

Los factores que determinan la selección del sitio de construcción , son numerosos y de variada naturaleza. El tipo y tamaño del dique tienen la más importante influencia en esta selección. Obviamente, es imposible construir un dique demasiado grande en un Astillero pequeño y el caso contrario, resulta antieconómico.

De acuerdo al tipo establecido y diseñado por los requerimientos bá-

sicos, la forma es simple y prácticamente uniforme de modo que no se considera imprescindible & existencia de carriles permanentes para grandes construcciones, pero sí debe existir alguna forma de vías o carriles de construcción y lanzamiento y facilidades de acceso desde los talleres de construcción.

Este factor está vinculado con el estudio hecho en el capítulo de Introducción, en el cual se analiza la factibilidad de aprovechar la construcción del Astillero (& mismo que debe proyectarse para ampliaciones futuras), debiendo instalarse ambos en el sitio de mayor demanda y que permita proveerse de materiales en el menor tiempo posible.

De acuerdo a las estadísticas este sitio debe estar en las costas de la Provincia del Guayas o Manabí, dependiendo del sitio que se seleccione como centro de operaciones del futuro complejo naviero.

La selección del material de construcción quedó especificada al seleccionarse el hierro como el material apropiado, luego de analizar las ventajas y desventajas de su uso.

Si se tratara de un estructura flotante de grandes proporciones, el método de fabricación sería la construcción de partes debidamente programadas, las mismas que son llevadas hasta el carril de construcción y armadas de acuerdo al plan de trabajo y etapas que deben cumplirse dentro de

*un determinado tiempo.*

*Para el caso nuestro, por tratarse de un dique pequeño, el método a seguirse será el comúnmente conocido de construir el armazón (cuadernas longitudinales) sobre el planchaje del fondo, y luego de concluirse el 70 ó 75% de la construcción de las paredes laterales, puede procederse al lanzamiento de la estructura, para terminar a flote los trabajos pendientes de montaje de maquinaria, instalaciones varias y acabado.*

## XV - ANALISIS ECONOMICO

### Estructuras de gastos.-

Bajo este subtítulo haremos en primer lugar un análisis de los costos parciales de construcción del dique, en el que se consideran los materiales, mano de obra y gastos misceláneos, cuyo monto total es el capital invertido o costo inicial, que debe ser recuperado en el menor tiempo posible.

Luego se analizan los gastos de operación, es decir, mano de obra para trabajos en buques varados, operación de maquinaria, trabajos del dique propiamente, personal de administración, consumo de energía y como rubro final, la depreciación anual del dique.

Para el análisis de gastos de construcción los subdividiremos en 3 grupos: materiales del casco, maquinaria de operación y mano de obra.

Los materiales del casco lo constituyen cuadernas, quilla, forro, mamparos transversales y longitudinales, misceláneos (soldaduras eléctrica, oxi-acetilénica) etc.

De acuerdo a los espesores standard establecidos para el planchaje

y armadura del casco, tomaremos como promedio de 3/8" y viga "L" de 8" x 4" x 3/8", subdivididos en la siguiente forma:

Planchaje fondo	11.700 p <sup>2</sup>
Cubierta del pontón y principales	11.700 p <sup>2</sup>
Costados	3.780 p <sup>2</sup>
Paredes laterales	14.080 p <sup>2</sup>
Cubierta interior	3.200 p <sup>2</sup>
Subdivisiones	1.760 p <sup>2</sup>
	<hr/>
	46,220 p <sup>2</sup>
10% misceláneos	4.620
	<hr/>
	50.840 p <sup>2</sup>

El precio de este material por p es S/. 70 costo de planchajes:  
 $50.840 \times 70 = \underline{S/. 3'558.800}$

**Cuadernas:**

25 (65 + 2 x 31 + 2 x 10 + 2 x 22 + 45)

25 x 236

5.900 pies de viga L

El precio de este material por pie es S/. 100,00

Costo de armadura: 590 x 100 S/. 590.000,00



Misceláneos (soldadura eléctrica, axi-acetilénica, etc). S/. 200.000

Mano de obra.-

A fin de emplear mano de obra nacional, se estima conveniente negociar con contratistas, cuyo costo de trabajo se calcula de acuerdo al número de obreros a emplearse, tiempo y turnos de trabajo, facilidades que se presenten en el astillero, estimándose como promedio un costo de S/. 40.00 por p<sup>2</sup> de material trabajado.

40  $\frac{S/.}{p^2}$  x 50.840 p S/2 '035.600

en igual forma 40  $\frac{S/.}{pie}$  de cuadernas 40 x 5.900 S/. 236.000

Costo de Maquinaria.-

Los costos de maquinaria a bordo se estiman de acuerdo a cotizaciones efectuadas con casas comerciales nacionales y extranjeras, estas últimas dadas en U.S. dólares, cuya equivalencia en sucres ha sido aumentada en un 20% para gastos de instalación, partiendo del punto que pueden importarse libre de derechos arancelarios;

Bombas y válvulas dobles	S/. 1'720.000
Generadores	2'600,000
Pescantes	50.000
Molinetes	40.000
Compresores	300.000
Soldadoras	360.000
Sala de control	200.000
Maquinaria de reparación	900.000
	<hr/>
	S/. 6'190.000
Misceláneos 70%	679.000
	<hr/>
	S/. 6'809.000
	=====

Costo de materiales.-

Los materiales usados en & reparaciones de buques, son de variada índole, dependiendo del material de que está fabricado el casco, del tipo de trabajo a efectuarse en el mismo, etc., es decir, que no usándose una cantidad fija, ni un solo tipo de material, no puede estimarse con a proximación este costo, por lo que no se tomará en cuenta este rubro en los gastos generales, considerando además que muchos armadores proveen gran parte de los materiales a usarse.

Costo de la mano de obra.-

Consiste en los salarios pagados a los trabajadores dedicados a operaciones productivas específicas o que controlan operaciones específicas de reparaciones. En este grupo no se incluyen los salarios pagados a obreros dedicados a la conservación del dique y herramientas, bodeguero, y otros que rindiendo un servicio importante se los incluye en el grupo de fábrica.

La razón para esta distinción es que la mano de obra aplicada a unidades específicas de trabajo tienen una relación directa con el número de unidades de trabajo realizados durante un cierto período de tiempo y por tanto, el costo de esta mano de obra es un factor primo en el costo de trabajo por unidad varado.

Los salarios iniciales de este grupo de trabajadores, se los estima considerando la labor específica, de acuerdo al standard de vida y tomando en cuenta que el rendimiento del obrero es proporcional al salario que percibe.

Los obreros incluidos en este grupo son:

5 soldadores	S/. 70,00 (diario )
3 Caldereros	60,00 (diario )

3 Mecánicos de ejes y válvulas	S/. 70,00 (diario )
3 Mecánicos de precisión	70,00 (diario )
5 Carpinteros navales	50,00 (diario )
2 Electricistas	60,00 (diario )
3 Gasfiteros	50,00 (diario )

Estos salarios originan un gasto de mano de obra directa anual de S/. 529.200,00.

#### Gastos de fábrica.-

Son todos los gastos (excluyendo los costos de los materiales y mano de obra) en que se incurre en la posesión y operación del dique.

No se incluyen aquellos gastos que se ocasionan por propaganda y administración de las cuentas generales. La posesión del dique causa además gastos por concepto de impuestos, seguros y depreciación.

La lista de gastos de fábrica, incluye los siguientes subgrupos:

#### Materiales indirectos.-

En la operación del dique existen diversas cantidades de materiales

como aceites, palas, escobas, limas, sierras, bandas, y en general todos los materiales necesarios para el buen mantenimiento del dique. EL costo de estos materiales, consumidos o usados en la operación del dique, no está especialmente asociado al trabajo efectuado en buques, pero es un gasto que necesariamente ha de hacerse para que el conjunto del dique pueda funcionar.

Estos materiales pueden resumirse en la siguiente forma:

Aceites lubricantes	S/. 10.000
Combustible	40.000
Material de limpieza	2.000
Accesorios para herramientas de mano	5.000
Accesorios de maquinaria liviana	8.000
	<hr/>
	S/. 65.000
	=====

Estos valores se estiman en forma aproximada, de acuerdo al consumo de la maquinaria y considerando que los materiales de limpieza y accesorios son renovables cada 3 meses.

#### Mano de obra indirecta.-

Es la mano de obra empleada en los departamentos de servicio, y puede ser calificada de acuerdo al servicio que prestan, pero no es pa

sible asociar los salarios pagados a los obreros de mantenimiento con los trabajos que se efectúan en los buques, debido a que los resultados de su trabajo se aplican al conjunto de la producción del dique.

Análogamente el costo de materiales indirectos, el costo de la mano de obra indirecta puede no aparecer en el estado de operación de la fábrica como un solo renglón, sino que estará asociado a varios departamentos de operación o servicio separados de acuerdo con la conveniencia o utilidad para la administración del negocio.

Los gastos de mano de obra indirecta incluyen los salarios pagados a:

1 Inspector	S/. 36.000 (anual)
1 Contramaestre	18.000
8 Marineros	115.200
1 Bodeguero	21.600
	<hr/>
	S/. 190.800
	=====

### Depreciación.-

Después de un período de uso, y por efecto del desgaste continuo y deterioro del planchaje y estructurales del dique, al igual que toda máquina o edificio, debe ser reemplazado.

Si bien se mantiene en buenas condiciones de trabajo y se cuida adecuadamente, su tiempo de vida útil puede prolongarse.

Es difícil determinar el número de años requerido para que un dique sea físicamente inútil y llegue a no poder usarse. Normalmente los equipos son reemplazados a menudo por otros nuevos y mejores, antes que lleguen a ser inútiles físicamente.

En comparación con diques similares ya construidos, a los 30 años de servicio continúan siendo útiles, aunque su eficiencia (capacidad de levantar, tiempo de inundación y achique) ha disminuido progresivamente. La mayoría de estos diques son de tipo militar, lo que implica un plan-chaje y estructuras reforzadas que inciden directamente en el tiempo de vida útil.

Siendo el dique de este diseño, de tipo comercial, reduciríamos tentativamente el tiempo de vida útil a 25 años.

El método de depreciación a usarse será el de línea recta debido a que es en principio, un método para contabilizar el costo de servicio o el de utilización de un bien capital, y la vida mejor estimada es en el mejor de los casos una ligera aproximación, por lo que resultaría inadecuado cualquier intento de lograr un cálculo más elaborado.

Según este método , la depreciación anual puede expresarse como  $\frac{1}{N}$  siendo en este caso N= 25 años. Si el costo del dique se lo ha estimado en S/. 13'427.400 sucres, se depreciará a razón de S/. 537.096 anuales siendo este el valor agregado a gastos de fábrica.

Costo de los departamentos de servicio.-

A este rubro corresponden los gastos en sección de dibujo, personal de cocina y abastecimientos cuyo monto anual se estima en S/. 60.000.

Gastos de administración.-

Los renglones de este tipo de gastos incluyen:

Sueldo de Ingeniero Jefe	S/. 96.000
Sueldo de Ayudante Jefe	30.000
Sueldo de Amanuense	18.000
Sueldo de Contador	36.000
Gastos de viaje	20.000
Gastos Legales	30.000
Suministros de oficina	5.000
	<hr/>
	S/. 235.000
	=====



## RENDIMIENTO DE LOS SERVICIOS

*El rendimiento de los servicios es una función de la estructura y localización de la demanda.*

*Las distintas clases de reparaciones procuradas por los armadores o propietarios de embarcaciones se pueden resumir en: cambio de planchaje en mal estado, servicio de carpintería naval, reparaciones mecánicas (motor principal, timón, ejes, hélices, winches), eléctricas, frigoríficos etc. colocándose en el orden de importancia de acuerdo a datos de la estadística a armadores y talleres de reparación naval.*

*El costo del trabajo efectuado se estima de acuerdo al tipo de trabajo, ya que el costo de la mano de obra calificada es variable en una u otra ocupación.*

*De los trabajos nombrados anteriormente, las reparaciones en refrigeración son los más renumerados siguiendo en importancia los servicios mecánicos, eléctricos, carpintería.*

*Por otro lado, la demanda de trabajo y consecuentemente su utilidad es variable de un sitio a otro, siendo necesario establecer una estadística que no proporcione promedios ponderados.*

Para el efecto la subdividiremos en 2 partes: la primera para buques menores de 90" aptos para entrar a dique, ubicados por zonas (cuadro # )

Ubicación	Costo promedio de reparación por nave	Nº de Naves	Demanda total por sectores.
Esmeraldas	34.600	8	S/. 276.800
Manta	52.400	20	1'048.000
Santa Elena	26.150	13	339.950
Playas-Posorja	51.200	18	921.600
Guayaquil	62.300	15	934.500
<b>TOTAL</b>		<b>74</b>	<b>S/. 3'520.850</b>

La segunda, para buques de 90 a 200 pies, agrupados con diferencias de 20 pies y considerándose únicamente la zona de Guayaquil en donde se realiza la mayoría de varamientos de buques de más de 100' , en el yue consta el costo promedio por nave y la demanda total. (cuadro # ).

Dimensiones	Costo promedio de reparación por nave	Nº. de Naves	Demanda Total
90' - 120'	68.200	11	750.200
120' - 140'	86.320	8	690.560
140' - 160'	120.400	3	361.200
160' - 180'	166.430	3	499.290

180'-200'	207.800	2	415.600
TOTAL		27	2' 716.850

Cabe anotar que en los cuadros anteriores, no son considerados los valores de materiales.

En las estadísticas mencionadas no se consideran los buques que constituirán la futura flota pesquera nacional.

Es decir, que la utilidad promedio anual es de S/. 6'237.700, producto del varamiento de 701 naves, cantidad de buques que es perfectamente factible varar, si consideramos que se pueden varar 2<sup>da</sup> y hasta 3 buques simultáneamente.

Esto significa que el número de años para recuperar el capital será:

$$\frac{13'427.403}{6'237.700 - 1'517.096} = 3$$

Lo que significa que el capital invertido produce la rentabilidad suficiente para recuperarlo en un tiempo corto, teniendo una ganancia líquida en aproximadamente 77 años de funcionamiento.

## CONCLUSIONES

- 1.- *EL notorio aumento de embarcaciones de toda índole, principalmente pesqueros y de turismo, hacen preveer la necesidad de un dique para carenamiento.*
- 2.- *Es conocido que armadores extranjeros han traído a carenar y reparar sus embarcaciones por el bajo costo y buena calidad de la mano de obra nacional.*
- 3.- *Las facilidades que presentan los talleres en la actualidad, no son especializados y no ofrecen la seguridad y técnicas necesarias.*
- 4.- *Las utilidades netas son ampliamente beneficiosas y presentan un panorama halagador para los inversionistas.*
- 5.- *Se hace una necesidad imperiosa la instalación de un taller flotante para abastecer la demanda actual y futura de carenamiento y reparaciones de estructuras flotantes.*

CURVAS DE ALTURA METACENTRICA GM

CALADO - PIES

28  
26  
24  
22  
20  
18  
16  
14  
12  
10  
8  
6  
4

— CON BUQUE VARADO  
- - SIN BUQUE VARADO

2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 PIES

