



BIBLIOTECA
FAC. INGS.
MARITIMA

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA MARITIMA Y CIENCIAS DEL MAR



**"DISEÑO PRELIMINAR DE UNA BARCAZA CON PLUMA DE CARGA
PARA EL RESCATE DE BUQUES PESQUEROS NAUFRAGADOS"**

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de

INGENIERO NAVAL

Presentada por:

Armando Carrión Gilces



Guayaquil

-

Ecuador

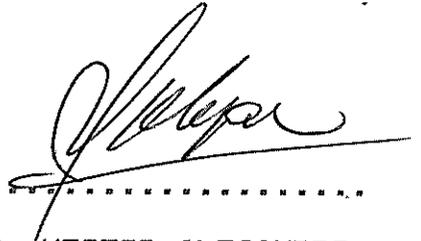
Año

1990



ING. JORGE FAYTONG

Presidente del Tribunal



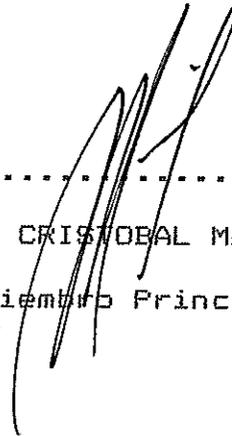
ING. NESTOR ALEJANDRO

Director de Tesis



ING. BOLIVAR VACA

Miembro Principal



ING. CRISTOBAL MARISCAL

Miembro Principal

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).



.....
ARMANDO CARRION-GILCES

RESUMEN

El propósito de esta Tesis ha sido diseñar una embarcación destinada al rescate de buques pesqueros naufragados, de acuerdo a las circunstancias prevalecientes en nuestro medio.

Una revisión rápida de las estadísticas de los buques pesqueros siniestrados perdidos por naufragio, y su confrontación con las estadísticas de las naves de pesca que efectúan sus tareas en las aguas ecuatorianas, conducen al presente estudio a diseñar una embarcación con la capacidad de recuperar del fondo del océano los barcos pesqueros naufragados, haciendo uso de un mecanismo relativamente fácil de implantar, y a un costo que signifique que su construcción en nuestro medio, sea factible en un futuro cercano.

Luego de un análisis estadístico sencillo de las características principales de las embarcaciones pesqueras que navegan en el Mar Territorial Ecuatoriano, que

determinan las particularidades de los buques, posibles sujetos de rescate, junto con las condiciones oceanográficas prevalecientes frente a nuestras costas, conducen a la selección de las características principales de la nave cuya misión es recobrar los pesqueros perdidos por zozobra, y a la definición de las particularidades del mecanismo utilizado para dicha recuperación.

Se torna imprescindible que la embarcación diseñada cumpla con las normas mínimas establecidas para permitirle su operación con la seguridad deseada, esto es que el buque presente una estructura satisfactoria y que tenga la estabilidad suficiente para su misión.

Otro factor importante es que el costo de construcción y de operación ameriten su construcción a corto plazo.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VIII
INDICE DE FIGURAS	X
INDICE DE TABLAS	XI
INTRODUCCION	13
I. DIMENSIONAMIENTO DE LA BARCAZA	16
1.1. Factores Físicos que afectan el rescate	16
1.2. Dimensionamiento de la Barcaza	21
1.3. Dimensionamiento de la Pluma y del Mástil ..	22
II. FACTIBILIDAD TECNICA	27
2.1. Estimación de la Estabilidad de la Barcaza	27
2.1.1. Cálculo de Estabilidad	28
2.1.2. Determinación del Centro de Gravedad	29
2.1.3. Estabilidad Adecuada de la Barcaza ..	31
2.2. Estimación de Fuerzas en el Arreglo Mástil Pluma	33
2.3. Estimación de Fuerzas debidas al Movimiento de la Barcaza	35
2.4. Cálculo Estructural del Arreglo Mástil-Pluma	36
2.4.1. Cálculo Estructural de la Pluma	37
2.4.2. Cálculo Estructural del Mástil	39
2.5. Cálculo Estructural de la Barcaza	40
2.6. Estimación de la Potencia de Remolque	43

III. FACTIBILIDAD ECONOMICA	44
3.1. Estimación de los Costos por Pérdidas de Buques	44
3.2. Estimación del Costo de Construcción de la Barcaza	45
3.2.1. Costo del Casco	45
3.2.2. Costo del Arreglo Mástil-Pluma	46
3.2.3. Costo de los Winches	49
3.2.4. Costo de la Bomba de Lastre-Deslastre	50
3.2.5. Costo Total de Construcción	52
3.3. Estimación del Costo del Remolque	53
3.4. Análisis Económico	53
FIGURAS	59
TABLAS	71
CONCLUSIONES	83
APENDICES	90
BIBLIOGRAFIA	108

INDICE DE FIGURAS

No.		Pág.
1	Barcaza con Arreglo Pluma-Mástil	15
2	Peso del Casco de Pesqueros	18
3	Buque Naufragado en el fondo del Océano	19
4	Cabezal de Presión actuando sobre el buque hundido	20
5	Dimensiones de la Barcaza	22
6	Posición del Arreglo Mástil-Pluma en la Barcaza ...	26
7	Curvas de Estabilidad Estática y Dinámica	33
8	Posiciones Extremas de la Pluma	34
9	Simulación de la Pluma como Puntal	37
10	Dimensiones de la Pluma	37
11	Simulación del Mástil como Puntal	39
12	Dimensiones del Mástil	39
13	Estructura del Mamparo Típico	42
14	Estructura de la Cuaderna Típica	42
15	Estructura de Proa-Popa	42
16	Estructura del Fondo-Cubierta	42
17	Estructura de un Corte Longitudinal Vertical	42
18	Estructura del Costado	42
19	Estructura del Mamparo Longitudinal	42
20	Pesqueros Naufragados por año	44
21	Superficie desarrollada del mástil	48
22	Indice de Utilidad vs. Tasas de Interés	58

INDICE DE TABLAS

Tabla	Pág.
I	Características del Pesquero Típico 17
II	Carga Inicial de Trabajo 18
III	Fuerza de Arrastre sobre el Buque hundido 20
IV	Características de la Barcaza 22
V	Condiciones del Rescate 23
VI	Dimensiones del arreglo Mástil-Pluma 26
VII	Características Hidrostáticas de la Barcaza 31
VIII	Estabilidad de la Barcaza 33
IX	Características del Cable y las Patecas 34
X	Coefficientes de Rozamiento y Empuje de las Poleas 34
XI	Fuerzas Críticas sobre el arreglo Pluma-Mástil ... 34
XII	Fuerzas Dinámicas actuando sobre la Barcaza 36
XIII	Deformaciones, Momentos Flectores y Factores de Seguridad de la Pluma 38
XIV	Dimensiones del Mástil 39
XV	Deformaciones, Momentos Flectores y Factores de Seguridad del Mástil 39
XVI	Escantillones de la Barcaza 42
XVII	Momento de Inercia y Módulo Seccional, Sección Media 42
XVIII	Lista de Materiales Empleados en la Construcción de la Barcaza 42

Tabla

Pág.

XIX	Potencia de Remolque	43
XX	Precios de los Elementos del Casco	46
XXI	Costo del Cable	49
XXII	Precios de las Patecas	49
XXIII	Precios de los Elementos del arreglo Pluma-Mástil.	49
XXIV	Potencia y Precio de los Winches	50
XXV	Precio Total de la Barcaza	52
XXVI	Características del Pesquero "Voluntad de Dios" ..	56
XXVII	Análisis Económico de la Inversión	57

INTRODUCCION

Una de las fuentes de riqueza más importante en nuestro país es la actividad pesquera, la cual aún en los tiempos actuales es realizada por embarcaciones de pequeño y mediano porte.

Las condiciones climáticas que se presentan en el medio oceánico frente a nuestras costas son relativamente benignas, por esto es que al ocurrir un siniestro en una embarcación pesquera nacional, debidamente registrada, la atención es desplazada a la responsabilidad en el naufragio, del capitán o del segundo de abordó.

Es decir que la zozobra del buque, frecuentemente se debe a una maniobra mal ejecutada o a una mala distribución de la carga.

Así, aunque originalmente el pesquero cuenta con la estabilidad adecuada, por algún error humano puede correr el riesgo de zozobrar.



Al darse cuenta cierta de esto, pensamos que el buque naufragado estaría laborando normalmente si su uso hubiera sido correctamente realizado, y tomando en cuenta los altos costos y los períodos largos de construcción de los pesqueros en nuestro medio, pensamos que sería factible recuperar los buques perdidos en naufragios, de forma tal que puedan ser reutilizados en las labores para las que fueron destinados originalmente.

Rescatar un pesquero naufragado es una tarea muy delicada, que atane muchos riesgos, los que pueden involucrar peligrosamente a las embarcaciones que participan en la tarea de recuperarlo.

Es posible que a causa de una maniobra mal realizada, sin el equipo adecuado, con embarcaciones no idóneas, éstas corran el riesgo de hundirse, junto con la nave que se desea recuperar, siendo por consiguiente necesario proveerse de embarcaciones diseñadas específicamente para la labor de recobrar los pesqueros zozobrados, de manera que puedan realizar su trabajo con la seguridad que es de desear.

Cuando en nuestro medio se ha necesitado recuperar un pesquero hundido se ha observado la falta que hace una embarcación con tales características, el objetivo de esta Tesis es diseñarla.

Una embarcación que debido a su gran estabilidad es sumamente versátil en operaciones de riesgo, aún en condiciones climáticas adversas, es la barcaza de acero, la cual por sus formas rectas, resulta económica y sencilla de construir. Si le añadimos un dispositivo económico y fácil de implantar, como lo es el arreglo pluma-mástil, que le permite cubrir la finalidad para la que es diseñada, el recobrar pesqueros hundidos, estaremos satisfaciendo nuestros propósitos.

Una barcaza como la que proponemos, es la que se muestra en la Fig. 1.

CAPITULO I

DIMENSIONAMIENTO DE LA BARCAZA

1.1. FACTORES FISICOS QUE AFECTAN EL RESCATE

En el diseño de una embarcación cuya finalidad es rescatar pesqueros naufragados, se debe contar con la información adecuada para evitar errores, que pueden llegar a ocasionar ingentes pérdidas materiales e inclusive preciosas vidas humanas. Por esto, es importante saber reconocer todos los factores que afectan el rescate del pesquero naufragado y aún sus grados de influencia.

El diseño básico de una embarcación consta de dos etapas, el diseño conceptual y el diseño preliminar.

Si durante el concepto del diseño, nuestra preocupación mayor fue traducir la necesidad de rescatar las embarcaciones pesqueras naufragadas, usando criterios ingenieriles y de Arquitectura Naval, utilizando una barcaza

con un arreglo de mástil y pluma de carga, Fig. 1, cuyos estimados preliminares han sido calculados en esta etapa, es durante el diseño preliminar que a través de chequeos y modificaciones, llegamos al refinamiento de las características que afectan el costo y la eficiencia de la embarcación.

Previo al dimensionamiento de la barcaza con su arreglo pluma-mástil, es preciso definir las características principales de la nave pesquera naufragada, haciendo uso de los registros de pesqueros del año 1.987 (11), Apéndice A, y limitándonos a querer recuperar un navío naufragado, cuyas características principales correspondan al 28% de las embarcaciones con registro en nuestro medio, como lo indica la Tabla I.

Con las características geométricas de la nave zozobrada es posible, utilizando aproximaciones, obtener su peso de tal manera que sea la carga inicial de trabajo.

Si el rescate se realiza luego de mucho tiempo de ocurrido el naufragio, es probable que exista una capa considerable de sedimento cubriendo el perímetro del buque en contacto con el fondo, lo cual torna sumamente difícil recuperar la embarcación. Por lo que esta alternativa no será considerada para nuestro análisis.

De acuerdo al Principio de Arquímedes, el peso del buque a flote no es el mismo peso del buque completamente hundido, el peso de la nave en el fondo es el peso del agua que ha conseguido desplazar.

Esto es el agua desalojada por el casco, el lastre, los accesorios, los aparejos, la maquinaria principal y auxiliar, los mecanismos de pesca, etc.

No incluimos en esta apreciación el agua que se queda encerrada en la nave a partir del naufragio por considerarla parte del medio en que se desarrolla la tarea de recuperación, siempre y cuando el buque naufragado no salga a la superficie y el rescate se lo haga con tal lentitud que permita que el agua del medio fluya libremente a través de la embarcación hundida, sin presentar mayor reacción al movimiento.

Utilizando la Fig. 2, obtenemos los pesos aproximados de: el casco de madera, los accesorios, la maquinaria auxiliar y principal, y a partir de ellos, el volúmen de los mismos.

De tal forma que a partir del volúmen de agua desplazada por el buque sumergido se obtiene la carga inicial de trabajo.

El detalle de estos cálculos se presenta en la Tabla II.

Esta carga inicial de trabajo es influenciada por las características oceanográficas del medio en el que se encuentra: altura de la ola, velocidad de las corrientes y el tipo de fondo más común. Dichas características, unidas a la profundidad de rescate máxima, la cual es determinada por la máxima profundidad a la que un buzo puede trabajar con la comodidad deseada, por el tiempo requerido para ejecutar las maniobras de apoyo previo al rescate, hacen que el fondo y el peso de la columna de agua reaccionen sobre la mencionada carga.

Es posible que el buque hundido se halle en dos situaciones diferentes en el fondo del océano; una de ellas es descansando sobre el lecho del océano, la otra es ligeramente incrustado en el interior del lecho oceánico, Figs. 3a y 3b.

Para reconocer la situación presente, recurrimos a la idealización, a fin de obtener una solución matemáticamente tratable, la que nos conduce a un pilote hincado en el lecho oceánico sujeto a cargas verticales, siendo preciso conocer su capacidad de carga última, como se presenta en el Apéndice B.

La fuerza necesaria para ascender el buque a la superficie, la carga inicial de trabajo, es la misma fuerza, con signo contrario, necesaria para introducirlo en el fondo.

Carga Inicial de Trabajo : 21.378 kg.

Esta fuerza se ve modificada por la acción de la fuerza de arrastre que se opone al movimiento de objetos sumergidos en el agua, la que está constituida por la fuerza de fricción de arrastre, más la fuerza de presión de arrastre, además un cabezal de presión hacia arriba favorece el movimiento del buque hacia la superficie, Fig. 4. El detalle se presenta en la Tabla III.

Fuerza de arrastre : 1.72 kg.

Los movimientos del buque desde el que se opera la subida del pesquero desde el fondo, afectan también al buque hundido y le producen entre otras, una aceleración vertical, la cual se pretende que sea mínima.

Con el fin de lograrlo, el ascenso a la superficie se lo efectúa a una velocidad pequeña, sin embargo la importancia de la aceleración vertical, por pequeña que ella sea, no puede ser desestimada.

La máxima aceleración vertical es de 2.58 m/seg², Tabla XII.

Habiendo tenido en cuenta todas estas características, se establece que la carga de trabajo es la siguiente:

$$CT = (CI + FA) * (g + z) / g$$

Donde :

CT : Carga de Trabajo, kg.

CI : Carga inicial de Trabajo, kg.

FA : Fuerza de Arrastre, kg.

g : Gravedad, m/seg².

z : Máxima aceleración vertical, m/seg².

Carga de Trabajo = 27.000 kg.

1.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA BARCAZA

En la selección de las dimensiones de la barcaza se sigue el criterio que el diseño más eficiente es aquel que incluye todas las características de operación requeridas, con el menor desplazamiento; esto es que el desplazamiento de la barcaza sea el mínimo posible para la carga máxima que ha de recuperarse.

Las dimensiones geométricas son influenciadas por la forma de realizar el rescate, el cual, para disminuir los efectos que la elevación de la carga tienen sobre la estabilidad transversal de la nave sin tornarla inestable y sobre la estabilidad longitudinal de la embarcación sin asentarla excesivamente, se ejecutará por la popa de la barcaza.

Al izar la carga, ésta tiende a asentar la barcaza, provocando una situación no idónea para su estabilidad, poniendo en peligro su seguridad, tal acontecimiento ha de ser corregido, lo que es hecho lastrando convenientemente la barcaza.

El embarcar pesos tales como la carga del buque hundido, así como el agua de lastre y los efectos que ellos producen, esto es, reducción de la altura metacéntrica por embarque, traslación y elevación de pesos, y por efectos de superficies libres, tienen que ser contemplados en el dimensionamiento de la barcaza, pues ella debe ser capaz de soportar el asentamiento debido al ascenso de la carga, y el embarque del volumen de agua necesario como lastre que corrija tal inclinación.

Las características principales de la barcaza se presentan en la Tabla IV y en la Fig. 5.

1.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA PLUMA Y DEL MASTIL

Los requerimientos básicos para seleccionar un arreglo del tipo pluma-mástil para manejar la carga correspondiente al rescate de los pesqueros naufragados, están fundamentados en la determinación de las cargas más grandes y más pesadas, la máxima altura de levantamiento dispuesta por la máxima

profundidad a la que un buzo profesional puede sumergirse con los equipos de buceo disponibles, el tipo de suelo del fondo desde el cual tenga que ser elevada, las condiciones oceanográficas del rescate, la posibilidad de ser transportada sostenida sumergida en el agua por largos periodos de tiempo, con el suficiente claro respecto de la barcaza para su más fácil manejo. Ellos son presentados en la Tabla V.

Una vez que hemos establecido cuáles son las características de la carga que vamos a ascender a la superficie, podemos tener una idea de las dimensiones que requieren la pluma y el mástil para efectuar la izada del buque hundido con la seguridad necesaria.

El peso ascendido por la pluma actúa sobre la estabilidad de la embarcación como un peso situado en el extremo libre de la pluma.

Al realizar el ascenso, es como si embarcáramos un peso en crujía, en la sección media, y en la cubierta, lo trasladáramos a la posición del ascenso y lo eleváramos al nivel del extremo libre de la pluma.

Su efecto sería una reducción importante de la altura metacéntrica y una escora que debería de corregirse lastrando convenientemente la barcaza, utilizando los

tanques de lastre de la posición opuesta a la del ascenso, lo que significaría otra variación de la altura metacéntrica por embarque de pesos y efectos de superficie libre.

La reducción de la altura metacéntrica es más notoria cuando trasladamos un peso a las bordas que cuando lo trasladamos a la proa o a la popa.

La mejor alternativa es aquella con la que obtenemos un mayor radio metacéntrico positivo, y el manejo del menor volúmen de agua de lastre, esto es ejecutando el rescate del pesquero por la popa de la barcaza.

Para determinar la longitud de la pluma, consideramos que debemos tomar un punto en el buque zozobrado para asirlo a la pluma de carga, el mismo que por razones de simetría, estará ubicado en la línea de crujía.

Además debe existir una distancia horizontal racional entre la carga subida y el buque que la iza, para evitar choques entre ambos.

En proyectos similares al presente, la longitud efectiva del mástil, ha sido calculada en base a longitud de la pluma, (8), por lo tanto, la longitud efectiva del mástil es igual a tres cuartos de la longitud de la luz de la pluma.

La longitud real del mástil está constituida por la longitud efectiva del mástil, más la longitud que existe entre el punto donde se unen la pluma de carga con el mástil y la cubierta, más la distancia del fondo del buque a la cubierta.

La pluma de carga estará constituida por secciones de tubos de dimensiones diferentes, calculados para que soporten los esfuerzos a los que está sometida la pluma de carga (8).

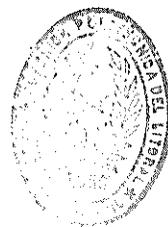
En nuestro caso, trataremos de reducir la longitud entre el punto donde se unen la pluma de carga con el mástil y la cubierta, porque así reduciremos en gran medida los momentos flectores actuando sobre el mástil y por supuesto, reduciremos los diámetros de los tubos que conforman el mástil.

El mástil efectivo está conformado por planchas de acero planas y roladas, cuyas secciones transversales van disminuyendo de diámetro en forma constante a partir de la cubierta y a medida que se asciende, de tal forma que pueda soportar las fuerzas cortantes, las deformaciones, los momentos flectores y los esfuerzos a que debe someterse.

La parte del mástil bajo cubierta es de sección constante e igual a la sección de mayor diámetro del mástil sobre cubierta.

Ya que el rescate lo efectuamos por la popa, el mástil estará ubicado a popa de la barcaza y en la línea de crujía, para aprovechar los buenos efectos que la simetría tiene en la estabilidad. Puesto que el mástil está conectado al pesquero a través de la pluma, y que debe existir un claro entre la barcaza y el pesquero, la distancia del mástil respecto de popa de la barcaza es igual a la longitud de la pluma, disminuida en la longitud del claro entre la barcaza y el pesquero y la semimanga del buque hundido, Fig. 6.

El dimensionamiento del arreglo mástil y pluma de carga, Tabla VI, dá lugar a un análisis basado principalmente en la determinación de las fuerzas necesarias para la selección de winches, cables, aparejos y el diseño de la estructura de soporte.



7
1960

CAPITULO II

FACTIBILIDAD TECNICA

2.1. ESTIMACION DE LA ESTABILIDAD DE LA BARCAZA

Estabilidad estable es la tendencia de un buque a retornar a su posición original luego de haber sido inclinado debido a fuerzas externas.

La condición de estabilidad de una embarcación es determinada casi completamente por la localización de dos puntos, su centro de gravedad y su centro de boyantez, los cuales varían con las distintas condiciones de carga (27).

Las condiciones extremas de carga de la barcaza son las que, por efectos de diseño se necesita estudiar, las cuales son: la condición en vacío, lastrada y sin asentamiento y la condición con carga máxima de levantamiento, lastrada y sin asentamiento.

La medida cierta del rango de estabilidad de un buque es su momento adrizante y por extensión su brazo de adrizamiento GZ , el cual es mostrado en las curvas de estabilidad estática o en las curvas cruzadas de estabilidad.

2.1.1. CALCULO DE ESTABILIDAD

El concepto de estabilidad inicial indica la tendencia de una embarcación a adrizarse cuando se inclina a ángulos pequeños, siempre que éstos sean menores de siete grados, para cualquier desplazamiento. Esta estabilidad está dada por el tamaño de los brazos de adrizamiento generados por la embarcación a pequeños ángulos de escora.

Conceptos necesarios para el cálculo de la estabilidad:

KG es la distancia vertical desde la quilla hasta el centro de gravedad de la embarcación.

KB es la distancia vertical desde la quilla hasta el centro de boyantez de la embarcación.

BM es el radio metacéntrico.

GM es la distancia vertical desde el centro de gravedad al metacentro (M) y se denomina altura metacéntrica.

Es importante establecer que la altura metacéntrica para todas las embarcaciones en cualquier condición de carga debe ser positiva.

2.1.2. DETERMINACION DEL CENTRO DE GRAVEDAD

El valor de KG depende de la posición de los diferentes pesos y no se lo puede conocer sino sólo cuando la embarcación ya ha sido construida, sin embargo se lo puede estimar.

Para obtener el metacentro es necesario obtener las características hidrostáticas de la barcaza, con lo cual se podrá conocer la variación del metacentro a diversos calados.

Para obtener las características hidrostáticas que más adelante pasamos a mostrar, es preciso anotar lo siguiente:

El centro de boyantez es obtenido geoméricamente, esto es, calculando el centro de gravedad de la parte sumergida de la barcaza.

El radio metacéntrico es obtenido utilizando la relación siguiente:

$$KMT = KBT + BMT$$

$$BMT = IT / V$$

$$IT = A_w * B^2 / 12$$

El radio metacéntrico también puede servir para calcular la altura metacéntrica.

$$KMT = KGT + GMT$$

De donde:

$$GMT = KMT - KGT$$

El centro de gravedad de la barcaza es obtenido conociendo los centros de gravedad del casco, del mástil, de la pluma de carga y del lastre correspondiente.

Hay que anotar que por efectos de superficie libre, el centro de gravedad del buque es elevado en:

$$gg' = i / V$$

Donde:

i : Momento de inercia de la superficie del agua de cada tanque de lastre.

V : Volúmen de desplazamiento de la barcaza.

Por consiguiente, la altura metacéntrica también se ve modificada.

$$KG_1 = KGT + gg'$$

$$GM_1 = KMT - (KG_1 + gg')$$

Las características de nuestra embarcación en las condiciones sin carga y lastrado, y cargado y lastrado se presentan en la Tabla VII.

2.1.3. ESTABILIDAD ADECUADA DE LA BARCAZA

La pérdida de la flotabilidad en los buques ocasiona que ellos corran el peligro de naufragar.

Para que todo buque sea operable y maniobrable, tiene que cumplir con las condiciones de seguridad mínimas que le otorguen la confianza suficiente y necesaria a fin de que tenga la posibilidad de trabajar en las condiciones para las que ha sido diseñado.

Es de gran importancia observar las normas de estabilidad para los buques, en el presente caso una barcaza, pues, el cumplimiento fiel de ellas, la presenta como suficientemente segura para soportar las grandes variaciones de carga que conlleva la ejecución del trabajo que debe realizar.

El Servicio de Guardacostas de los Estados Unidos propone los siguientes criterios de estabilidad para barcasas oceánicas (17):

a. Criterio de la Mínima Altura Metacéntrica

$$GM = P A h / \Delta \tan \theta$$

Donde :

GM : Mínima altura metacéntrica, m.

$$P = 0.0547 + (L/1308)^2, \text{ Ton/m}^2$$

L : Eslora entre perpendiculares, m.

A : Área lateral proyectada, m².

h : Distancia vertical del centro de A al centro del área lateral sumergida o aproximadamente la mitad del calado, m.

Δ : Desplazamiento, Ton.

θ : Ángulo de escora comprendido entre la mitad del francobordo al borde de la cubierta o 14°, lo que sea menor.

b. Criterio de la Estabilidad Dinámica Residual

La Estabilidad Dinámica residual, definida como el área bajo la curva de estabilidad estática (curva de brazos adrizantes), hasta el ángulo de máximo brazo adrizante, debe ser mínimo de 0.08 metro-radianes (17).

Comparemos las características de estabilidad mínimas requeridas con las características actuales de estabilidad de la barcaza, Tabla VIII, Fig. 7, en las condiciones vacío con lastre para obtener asentamiento cero, y cargado y con lastre para obtener asentamiento cero, con la pluma en la posición horizontal y a máxima elevación.

La estabilidad de la barcaza ha sido calculada utilizando el método Commentz-Krilof, tal como se indica en el Apéndice C, nos damos perfecta cuenta que los requerimientos mínimos de estabilidad son suficientemente superados por las características de nuestra barcaza.

2.2. ESTIMACION DE FUERZAS EN EL ARREGLO MASTIL-PLUMA

El análisis del arreglo del tipo mástil y pluma para el manejo de la carga ha sido basado convencionalmente en la descomposición de la fuerza de izado en los planos utilizando cálculos trigonométricos, (8).

En el cálculo de plumas de carga es necesario determinar el esfuerzo de compresión máximo a que está sometida, para lo que se toman dos posiciones extremas, la pluma horizontal y la pluma a máxima elevación, a veinticinco grados con respecto a la horizontal (8), Figs. 8a, 8b.

El material del cable a utilizar en el arreglo pluma-mástil debe ser tal que por su flexibilidad y resistencia nos asegure que podremos realizar la labor de rescate de una forma normal y segura y que nos permita contar con el menor radio de giro, a fin de poder utilizar patecas con el menor diámetro factible. El material elegido es acero galvanizado con alma de yute.

Las características del cable de acero galvanizado con alma de fibra (yute) y las patecas utilizadas se muestran en la Tabla IX.

Los coeficientes de rozamiento de las poleas y de empuje de los arreglos de poleas, que varían de acuerdo al número de poleas (8), se presentan en la Tabla X.

De la computación de las cargas a que están sometidos los distintos miembros del arreglo pluma-mástil en las distintas condiciones de carga, se obtienen las cargas críticas que habrán de soportar, Tabla XI.

2.3. ESTIMACION DE FUERZAS DEBIDAS AL MOVIMIENTO DE LA BARCAZA

Muy raramente el buque navega en un mar en calma, el cual es agitado continuamente por las olas, las mismas que constituyen la fuente principal de movimientos del buque en el medio marino y afectan considerablemente la eficiencia del buque, y ya que deseamos diseñar convenientemente la barcaza para el rescate de buques pesqueros naufragados, el éxito de tal diseño depende de la eficiencia de la barcaza en el mar.

Desafortunadamente en la predicción de los movimientos del buque es necesario hacer algunas suposiciones difíciles de evitar.

Los movimientos del buque afectan la estabilidad de la barcaza, y su predicción nos ayuda a diseñar adecuadamente la pluma de carga y el mástil.

Los investigadores han querido diferenciarlos en seis movimientos, tres movimientos en el sentido de los ejes y tres movimientos de rotación alrededor de cada uno de los ejes, a saber: largada, vaivén, arfada, balance, cabeceo y guinada, de los cuales, los que en mayor forma afectan la seguridad de la barcaza son la arfada, el balance y el cabeceo, siendo los parámetros medidos los siguientes:

- a) Fuerza debida al balance, máximo ángulo de balance y su aceleración tangencial.

- b) Fuerza debida al cabeceo, máximo ángulo de cabeceo y su aceleración tangencial.

- c) Fuerza debida a la arfada.

Con el uso del programa RO-CA, Apéndice E, el cual se ha formulado utilizando los conceptos de la Teoría de la Rebanada (4), es que hemos llegado a pensar que la alternativa más adecuada para la tarea de levantamiento del buque naufragado desde el fondo del mar es con olas de 0.60 metros de altura, Tabla V, que se enfrenten a 90 grados con el buque, con 73.57 metros cúbicos de agua salada de lastre en los tanques, Tabla VII, con la pluma en la condición horizontal.

Las fuerzas dinámicas actuantes en estas condiciones son las presentadas en la Tabla XII.

2.4. CALCULO ESTRUCTURAL DEL ARREGLO MASTIL-PLUMA

En el arreglo mástil y pluma de carga hemos de considerar separadamente el mástil de la pluma como dos puntales sometidos a las condiciones de carga particulares.



2.4.1. CALCULO ESTRUCTURAL DE LA PLUMA

BIBLIOTECA
FAC. ING.
MARITIMA

En el cálculo estructural de la pluma de carga es necesario considerarla como si fuera un puntal con sus extremos articulados, Fig. 9. Su diseño estructural se lo hace considerando el momento flector del peso muerto de la pluma, ya que éste, generalmente forma el porcentaje más grande del esfuerzo total a que está sometida la pluma.

Entonces es preciso recurrir a los valores de las componentes de las fuerzas paralelas y normales a la pluma, tomados del subtítulo Estimación de Fuerzas en el arreglo Mástil-Pluma de Carga, Tabla XI.

Las longitudes y diámetros de los tubos que conforman la pluma de carga, Fig. 10, deben ser escogidos de tal forma que se asegure que tengan un factor de seguridad mínimo de tres con respecto a la carga límite de elasticidad del material del que está constituida (8).

Para llegar a ello realizamos un ensayo de prueba y error, siguiendo el método siguiente:

a. Se asume el peso de la pluma de carga igual a:

$$WP = (LP/30.48)^2 * (1 + 0.043*CT/1016)$$

Donde:

LP : Longitud de la pluma de carga, cm.

CT : Carga máxima en la pluma, kg.

WP : Peso de la pluma, kg.

b. Se asume el momento de inercia de cada sección.

c. Se asume la deflexión final de la pluma de carga.

d. El máximo esfuerzo permisible en cada sección debido a la flexión por peso muerto es:

$$F = [\text{límite de fluencia} - P/A1 - (F*d)/Z1]$$

Donde:

P : Carga en la sección correspondiente de la pluma, kg.

A1 : Area seccional del tubo, cm².

Z1 : Módulo seccional del tubo, cm³.

d : distancia de la carga al eje de referencia, cm.

La carga límite de elasticidad es de 2110 kg/cm²

Las deflexiones han sido determinadas utilizando el Método del Area de Momentos (31), Apéndice D. Todas las deflexiones se refieren a la tangente a la curva elástica. Las deflexiones, momentos flectores, esfuerzos y factores de seguridad de la pluma se muestran en la Tabla XIII.

2.4.2. CALCULO ESTRUCTURAL DEL MASTIL

El mástil, en lo que a su cálculo estructural respecta, es tomado como una columna empotrada en un extremo y libre en el otro, Fig. 11.

La parte del mástil correspondiente al cantilíver está constituida por el mástil efectivo, más el tramo desde la cubierta a la intersección del mástil efectivo con la pluma de carga.

El diseño del mástil está basado en un factor de seguridad mínimo de cinco con respecto a la resistencia última del material de 4219 kg/cm² (8).

En el cálculo del mástil no estamos considerando la necesidad de utilizar vientos ni estays.

En la Tabla XIV y Fig. 12. se muestran las dimensiones de los tramos del mástil.

Las deformaciones han sido obtenidas utilizando el Método del Area de Momentso (31), Apéndice D.

Las deformaciones, momentos flectores, esfuerzos y factores de seguridad se muestran en la Tabla XV.

2.5. CALCULO ESTRUCTURAL DE LA BARCAZA

El diseño estructural de la barcaza es una de las partes más importantes del complejo problema del diseño preliminar. El propósito que se persigue es asegurar que la integridad estructural de la nave sea mantenida para las cargas a las cuales está sujeta en servicio.

Para el rescate de los buques pesqueros naufragados, la barcaza ha de ser construida con una estructura satisfactoria que le permita la clasificación correspondiente, estableciendo y combinando efectivamente los tamanos o escantillones de las diversas partes que componen la estructura, a fin de poder resistir las cargas a las que está sometido el buque-viga, conforme a las actividades que debe realizar.

Siendo esto así, es que acudimos a las Reglas para Construcción y Clasificación de Barcazas de Acero para Servicio Costa-fuera de la American Bureau of Shipping, en lo que concierne a los escantillones de la barcaza (2).

Los items que están incluidos en el cálculo del Módulo Seccional, previsto que ellos son continuos o desarrollados efectivamente dentro del 40% de la eslora hacia proa y hacia popa a partir de la sección media, son los que a continuación se enumeran:

- Planchaje de la cubierta resistente.
- Planchaje del fondo interior y del forro.
- Planchaje y refuerzos longitudinales de mamparos longitudinales.
- Todos los longitudinales de cubiertas, fondo y costado.

La barcaza al someterse a las reglas de clasificación de la A.B.S. debe tener un módulo seccional y un momento de inercia en la sección media, mayores que los obtenidos por las siguientes fórmulas (2):

$$SM = f * B * (Cb + 0.5)$$

$$I = 0.033 * SM * L$$

Donde:

SM : Módulo Seccional, cm²m.

f : Valor determinado de la Tabla 3.2 (2).

B : Manga, m.

Cb : Coeficiente bloque, en la línea de agua de verano.

I : Momento de Inercia, cm²m².

L : Eslora, m.

El módulo seccional y el momento de inercia mínimos de la barcaza, deben ser los que a continuación se presentan:

$$SM = 187.115 \text{ cm}^2\text{m.}$$

$$I = 123.493 \text{ cm}^2\text{m.}$$

El detalle de los escantillones de las planchas y refuerzos utilizados en la construcción de la barcaza, es presentado en la Tabla XVI.

La metodología seguida a fin de calcular el Momento de Inercia y el Módulo Seccional de la Sección Media de la Barcaza es mostrada en la Tabla XVII, siendos sus resultados los siguientes:

$$SM = 2369.55 \text{ cm}^2\text{m.}$$

$$I = 8411.30 \text{ cm}^2\text{m.}$$

Por lo tanto, el diseño de nuestra barcaza posee los escantillones adecuados para cumplir con los requerimientos de la A.B.S.

En las Figs. 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19, se presentan las configuraciones del mamparo longitudinal, la cuaderna típica, el mamparo típico, un corte longitudinal vertical, el costado, el fondo y la cubierta, la proa y la popa, en su orden.

En la Tabla XVIII se presenta una lista con la cantidad total de los diferentes materiales utilizados en la construcción de la barcaza, los mismos que cumplen con los requerimientos de la Sociedad Clasificadora escogida.

2.6. ESTIMACION DE LA POTENCIA DE REMOLQUE

La potencia efectiva necesaria para arrastrar la barcaza hasta el sitio de rescate ha sido calculada con el uso de las Series Normales de Taylor (13), como se muestra en la Tabla XIX, dando como resultado 10 CV.

El mismo método ha sido seguido para obtener la potencia de remolque del buque naufragado elevado hasta la superficie del mar, que es de 25 CV, tal como se presenta en la Tabla XIX.

CAPITULO III

FACTIBILIDAD ECONOMICA

3.1. ESTIMACION DE LOS COSTOS POR PERDIDAS DE BUQUES

El Reporte de los Buques Pesqueros Naufragados por año, nos permite presentar la Fig. 20. De tal forma que el promedio de naufragios por año es de 4.58 (21).

Utilizando los datos de los pesqueros registrados para operar en nuestras aguas, Apéndice A, y los datos de la Tabla I, obtenemos los estimados del valor de un pesquero, cuyas características corresponden al 28% de las naves registradas para operaciones pesqueras en aguas ecuatorianas.

Con estos antecedentes, se deduce un estimado del costo anual por pérdidas de pesqueros, el cual es de S/. 24'053.260.00.

3.2. ESTIMACION DEL COSTO DE CONSTRUCCION DE LA BARCAZA

La barcaza está constituida por el casco de la barcaza, el arreglo mástil-pluma de carga, los winches, las bombas de lastre-deslastre, el equipo de fondeo y amarre y equipos varios como: fuentes de poder, alumbrado, sistemas de achique, sistema eléctrico, equipos de salvamento, equipos contraincendios, luces de navegación, etc.

3.2.1. COSTO DEL CASCO

El casco de la barcaza está conformado por planchas y refuerzos de acero y la correspondiente soldadura que une las planchas entre sí y que liga los refuerzos a las planchas, como se indica a continuación:

Plancha de acero	: 46635.35 kg.
Refuerzos de acero	: 34156.37 kg.
Longitud de unión entre planchas	: 860 m.
Longitud de unión planchas-refuerzos	: 870 m.

Para la unión de planchas entre sí utilizamos 3 cordones de soldadura con electrodos de 5/32" que producen 1.333 m/kg de recorrido de soldadura, y para la unión de refuerzos y planchas usamos 2 cordones de soldadura con electrodos de 5/32" que producen 2 m/kg de recorrido de soldadura.

Por lo tanto se han ocupado:

Soldadura entre planchas	: 645 kg.
Soldadura de planchas-refuerzos	: 435 kg.
Peso Total de Soldadura	: 1080 kg.

La productividad de un soldador es de 2 kg/hr y el costo del hombre/hora del soldador es de S/. 1000.00, por lo tanto el costo de la mano de obra del soldador es de S/. 500.00/kg de soldadura.

El desglose del costo del casco de la barcaza se muestra en la Tabla XX, el cual es de S/. 29'058.000.00.

3.2.2. COSTO DEL ARREGLO MASTIL-PLUMA

El Arreglo Mástil-Pluma está constituido por la pluma de carga, el mástil, el cable de acero y las patecas.

Pluma de Carga.- La pluma de carga está conformada por 5 tramos de igual longitud de tubos de acero de distintos diámetros, siendo el tramo central el de mayor diámetro, disminuyendo los diámetros de los tramos hacia los extremos.

En el mercado se venden tubos por metros. El precio del tubo de 219.10 mm de diámetro exterior y de 8.1788 mm de espesor es de S/. 36.500.00/m, del que necesitamos 1.4 m, el

tubo de 168.30 mm de diámetro exterior y 10.97 mm de espesor cuesta S/. 51.766.00/m y el tubo de 141.30 mm de diámetro exterior y 15.875 mm de espesor vale S/. 107.811.00/m, de estos últimos utilizamos 2.8 m c/u.

Por lo consiguiente, el costo total de los tubos necesarios para la pluma es de S/. 497.916.00.

Los tubos que conforman la pluma deben soldarse convenientemente, para hacerla suficientemente rígida, para ello los tubos han de ser soldados con 13 cordones de soldadura, utilizando electrodos de 5/32", los que tienen una productividad de 4/13 metros de recorrido por kilogramo de soldadura depositada.

El recorrido de los cordones de soldadura va desde el perímetro interior de un tubo, hasta el perímetro exterior del tubo inmediato adyacente, por lo tanto, el recorrido de la soldadura en la pluma es de 2.2 metros y el peso de la soldadura depositada es de 7.15 kilogramos, y ya que la soldadura vale S/. 971/kg, se gastan S/. 6.943.00.

El rendimiento de un soldador en este tipo de soldadura circular es de 0.5 kg/hr, es decir que emplea 14.3 horas de labor y ya que el hombre-hora del soldador es de S/. 1.000.00, él cobra S/. 14.300.00.

Por lo tanto el precio total de la pluma de carga está constituido por el precio total de los tubos, el precio total de la soldadura y el valor de la mano de obra del soldador, esto es S/. 520.000.00.

Mástil de carga.— El mástil de carga está conformado por planchas roladas de acero de 1" de espesor, siendo su superficie 27.71 m², Fig. 21.

Se emplean planchas de 2.44 m * 1.22 m * 2,54 cm que hacen 2.97 m² por plancha y 590.80 kg de peso por plancha.

El peso total de las planchas que conforman el mástil es de 5507 kg. El precio de la plancha es de S/. 296/kg y el precio total de las planchas es de S/. 1'630.000.00.

La longitud a soldar en el mástil es de 4.10 metros y ya que utilizamos electrodos de 5/32" cuya productividad es de 4/13 m/kg de recorrido, son necesarios 13 cordones de soldadura, que hacen 13.3 kilos de soldadura, siendo el precio de la soldadura del mástil S/. 12.940.00 y el costo de la mano de obra de S/. 6.670.00.

Por lo tanto el precio total del mástil está conformado por el precio total de las planchas, el precio de la soldadura y el valor de la mano de obra, lo que da S/. 1'650.000.00.

Cable de Acero.- Utilizamos cable de acero galvanizado 6*19 con alma de yute, de 2.54 mm. de diámetro, siendo su costo de S/. 1.500.00/kg.

La forma como se llega a obtener el precio total del cable necesario para una maniobra cómoda se encuentra en la Tabla XXI. El precio total del cable es de S/. 2'025.000.00.

Patecas.- Empleamos patecas de 40.64 cm de diámetro, siendo los precios de las patecas de acuerdo al diámetro y al número de canales para el paso de cable que posean.

En la Tabla XXII se puede apreciar cómo se obtiene el precio de las patecas, el cual es de S/. 3'150.000.00.

Costo Total.- El costo total del arreglo mástil-pluma de carga está constituido por los precios de la pluma, el mástil, las patecas, el cable, como se resume en la Tabla XXIII. El precio total es de S/. 7'345.000.00.

3.2.3. COSTO DE LOS WINCHES

El valor de los winches está en función de la potencia que poseen, y ella es obtenida en base a la velocidad para cobrar el cable y la fuerza de tracción a ejercer.

Ya que debemos realizar dos funciones, cobrar el cable que a través de la pluma va hacia la carga y mantener la posición más conveniente de la pluma con relación al mástil, de acuerdo a la carga, debemos tener dos winches que cumplan independientemente las funciones antes señaladas.

Calculamos separadamente el winche que tira la carga del que mantiene la posición de la pluma.

La duración mínima de la operación de rescate del pesquero naufragado a partir de que el buzo haya dejado expedito el camino para la izada de la carga es de una hora.

El cálculo de la potencia efectiva de los winches, su costo e instalación se presentan en la Tabla XXIV.

El precio global de la instalación es de S/. 5'750.000.00, en el que se incluye el precio del generador eléctrico que suministra la energía necesaria para accionarlos.

3.2.4. PRECIO DE LA BOMBA DE LASTRE-DESLASTRE

Para el lastrado y deslastrado de los tanques utilizamos una bomba que cumpla simultáneamente las dos funciones.

La bomba de lastre a elegir debe ser capaz de embarcar el lastre necesario para eliminar el asentamiento de la embarcación en el tiempo mínimo de duración de la maniobra y en la eventualidad de abortar la maniobra de rescate, de deslastrar la embarcación con igual rapidez, además debe mantener el flujo volumétrico necesario, a pesar de tener que arrastrar algún sedimento en suspensión, presente en el agua de lastre a succionar.

La bomba que nos conviene emplear es una centrífuga, ya que este tipo de bomba funciona perfectamente en la doble función de lastrar y deslastrar, soportando el arrastre de cantidades importantes de sedimento. La forma de accionarla es eléctricamente a través del generador eléctrico.

La potencia requerida (18) para un buen desempeño de la bomba es determinado como sigue;

$$BHP = LHP / e$$

Donde:

BHP : Potencia al freno requerida para guiar la bomba.

e : Eficiencia de la bomba.

$$LHP = GPM * TNH * \gamma / 3960$$

GPM : Capacidad de la bomba, galones por minuto.

TNH : Cabezal total neto, pies.

γ : Gravedad específica.

El máximo flujo volumétrico al que estará sometida la bomba es de 73.57 m³/hr, Tabla VII, iguales a 330.25 gpm, y el cabezal total neto definido por la distancia que el líquido ha de recorrer desde su fuente hasta los tanques de lastre y viceversa es de 15 metros, que son 49.22 pies. La eficiencia de una bomba centrífuga, de acuerdo a los fabricantes, es de 0.60.

De esta forma se obtiene la potencia transmitida al líquido por la bomba, la cual es de 4.21 HP y la potencia al freno requerida para guiar la bomba, es de 7.02 HP. Eligiendo una bomba de 8 HP estaremos cubriendo suficientemente las necesidades a satisfacer.

Una bomba con las características que hemos señalado anteriormente tiene un costo de S/. 596.000.00, con un costo de instalación de S/. 8.000.00, por lo tanto, el precio total de la bomba de lastre-deslastre es de S/. 604.000.00.

3.2.5. PRECIO TOTAL DE CONSTRUCCION DE LA BARCAZA

El precio aproximado de construcción de la barcaza con arreglo pluma-mástil para recuperar buques pesqueros naufragados se resume en la Tabla XXV, el cual es de S/. 43'610.000.00.

3.3. ESTIMACION DEL COSTO DEL REMOLQUE

El remolcador elegido para arrastrar la barcaza, primero desde el puerto al sitio del siniestro y luego a la barcaza y al navío siniestrado, debe tener como potencia mínima de arrastre la potencia necesaria para remolcar el conjunto barcaza-pesquero. Un remolcador así, deberá tener una potencia mínima de 300 HP, su alquiler cuesta S/. 35.000,00/hora.

Escogemos arbitrariamente una distancia del puerto de partida al sitio de la maniobra de recuperación de 300 km, los que a una velocidad de remolque de 4 nudos han de ser cubiertos en 47 horas de ida y 47 horas de retorno, más el tiempo de preparación de la maniobra de 5 horas y el tiempo de realización de la maniobra de una hora, durante los cuales el remolcador debe permanecer in situ, hacen necesario ocupar el remolcador durante aproximadamente 100 horas, que significan un egreso de S/. 3'500.000,00 por cada ocasión de uso del remolque.

3.4. ANALISIS ECONOMICO

Hasta ahora hemos comprobado lo funcional de nuestro diseño, ahora debemos demostrar que también tiene un atractivo económico, es decir que debemos evaluar la

oportunidad de inversión que representa la construcción de la barcaza, con el objeto de recobrar pesqueros naufragados.

Existen diversos criterios que pueden ser utilizados para justificar las decisiones de inversión.

El criterio que aquí utilizamos es el del Índice de Utilidad (19), que mide el balance entre los ingresos y los costos a lo largo de la vida útil de la embarcación, contra la inversión del proyecto, si ésta es mayor o igual que uno, se acepta la inversión, de lo contrario, se la rechaza.

$$\text{Índice de Utilidad} = \frac{\text{Ingresos} - \text{Costos}}{\text{Inversión}}$$

Si pensamos simplemente en los ingresos y en los costos que esperamos obtener a lo largo de la vida útil del proyecto a partir de la inversión, nos estamos olvidando de la variación del valor del dinero a través del tiempo. Para contemplar también este concepto, hacemos uso del Factor del Valor Actual (PW) (19), que es la relación que existe entre la suma de dinero que poseemos en el presente y la cantidad que debemos poseer luego de cierto tiempo, utilizando determinada razón de interés.

$$PW = P / F$$

$$PW = \frac{i}{1 + i}$$

Donde:

PW : Factor del valor actual.

P : Suma de dinero actual.

F : Suma de dinero en el futuro.

i : Tasa de interés.

N : Número de años.

Los ingresos anuales que obtendremos por la recuperación de los pesqueros están determinados por el número de embarcaciones que podamos recuperar anualmente y el valor que cada una de ellas posee.

Ya que las características principales de los pesqueros hundidos se hallan encuadradas entre aquellas de la nave que ha servido para realizar el presente análisis, podemos entender que estamos en capacidad de rescatar el 100% de los naufragios de pesqueros, es decir, 4.58 por año (21).

Previamente se estableció el valor de una embarcación considerada típica, la cual es utilizada a lo largo de esta obra, para estimar la viabilidad del proyecto, su valor era S/. 1'407.055.00 en el año 1986, Tabla I (11), utilizando el factor del valor actual, obtenemos el valor actual de la nave.

El PW a una tasa de interés de 30% y a un tiempo de 2 años (1986 a 1988) es 0.59172 (34), por lo tanto, el valor actual de aquel barco es de S/. 2'377.907.00, el cual dista mucho del valor real actual de un pesquero de características similares, y por lo tanto, no es posible utilizarlo en este análisis económico.

Sin embargo, para dar crédito a este trabajo, empleamos el valor extraoficial de venta de un pesquero de características parecidas al buque típico.

Dicho buque es el "Voluntad de Dios", cuyas dimensiones principales se detallan en la Tabla XXVI. Este tiene 8 años de operación y actualmente cuesta S/. 25'000.000.00.

Asumimos que los ingresos por la recuperación de la nave corresponden al 50% de la embarcación a flote, y ya que recuperamos 4.58 naves anualmente, el ingreso total por embarcaciones recobradas significan S/. 57'250.000.00 anualmente, excepto en el año 10 de la vida útil de la inversión, en que se incluye el valor de desecho, que lo decidimos en 30% de la inversión de S/. 43'610.000.00, o sea S/. 13'083.000.00.

Los egresos anuales de dinero corresponden a los efectuados por el empleo del remolcador que complementa la tarea de salvamento, el carenamiento y la matriculación anual.

En el subtítulo 3.3., Estimación del costo del Remolque, se calculó el costo del alquiler del remolque por cada maniobra de salvataje en S/. 3'500.000.00. Anualmente los gastos por uso de remolcador se elevan a S/. 16'030.000.00.

El carenamiento anual de una embarcación del tipo que diseñamos cuesta aproximadamente S/. 939.680.00, y su matriculación anual vale alrededor de S/. 150.000.00.

En efecto, los egresos anuales son S/. 17'120.000.00 aproximadamente.

En estos momentos podemos presentar el flujo de caja que ocasiona la inversión, esto es, la diferencia existente anualmente entre los ingresos y los egresos, los que multiplicados por los factores de valores actuales correspondientes a una tasa de interés anual de 30% (34), producen los valores actuales de flujos de caja.

La suma de los flujos de caja dividida contra la inversión realizada indica el Índice de Utilidad del proyecto, que conforme a la Tabla XXVII es 2.87, suficiente para aceptar el riesgo de la inversión.

Al restar la inversión de la suma de los valores actuales de los flujos de caja, obtenemos el Valor Actual Neto (NPV) para nuestra tasa de interés asumida (20), Tabla XXVII.

Efectuando idénticos cálculos a distintas tasas de interés, obtenemos el gráfico del NPV versus la tasa de interés, Fig. 22.

La tasa de interés a la que el NPV se hace cero, se denomina Tasa Interna de Retorno (IRR) (32), que para este proyecto es 64%.

Si tuviéramos que trabajar con tasas de interés superiores a la IRR, el proyecto perdería el atractivo económico.

El que la utilidad en la recuperación de pesqueros hundidos en nuestras aguas sea bastante alta, nos puede llevar a la equivocada suposición de ampliar el porcentaje de embarcaciones rescatables y por ende, aumentar la carga inicial de trabajo y las características principales de la barcaza y el arreglo pluma-mástil, posibilidad que debe ser desechada de plano, pues, por la escasa cantidad de embarcaciones naufragadas con dimensiones mayores a las del barco típico aquí presentado, estaríamos aumentando innecesariamente la inversión, sin asegurar el crecimiento proporcional de los ingresos.



BIBLIOTECA
FAC. ING.
MARITIMA

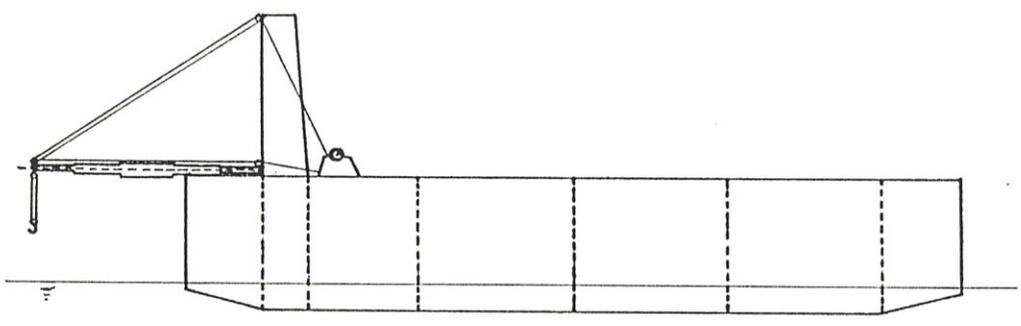


Fig.1 Barcaza con Arreglo Mastil-Pluma

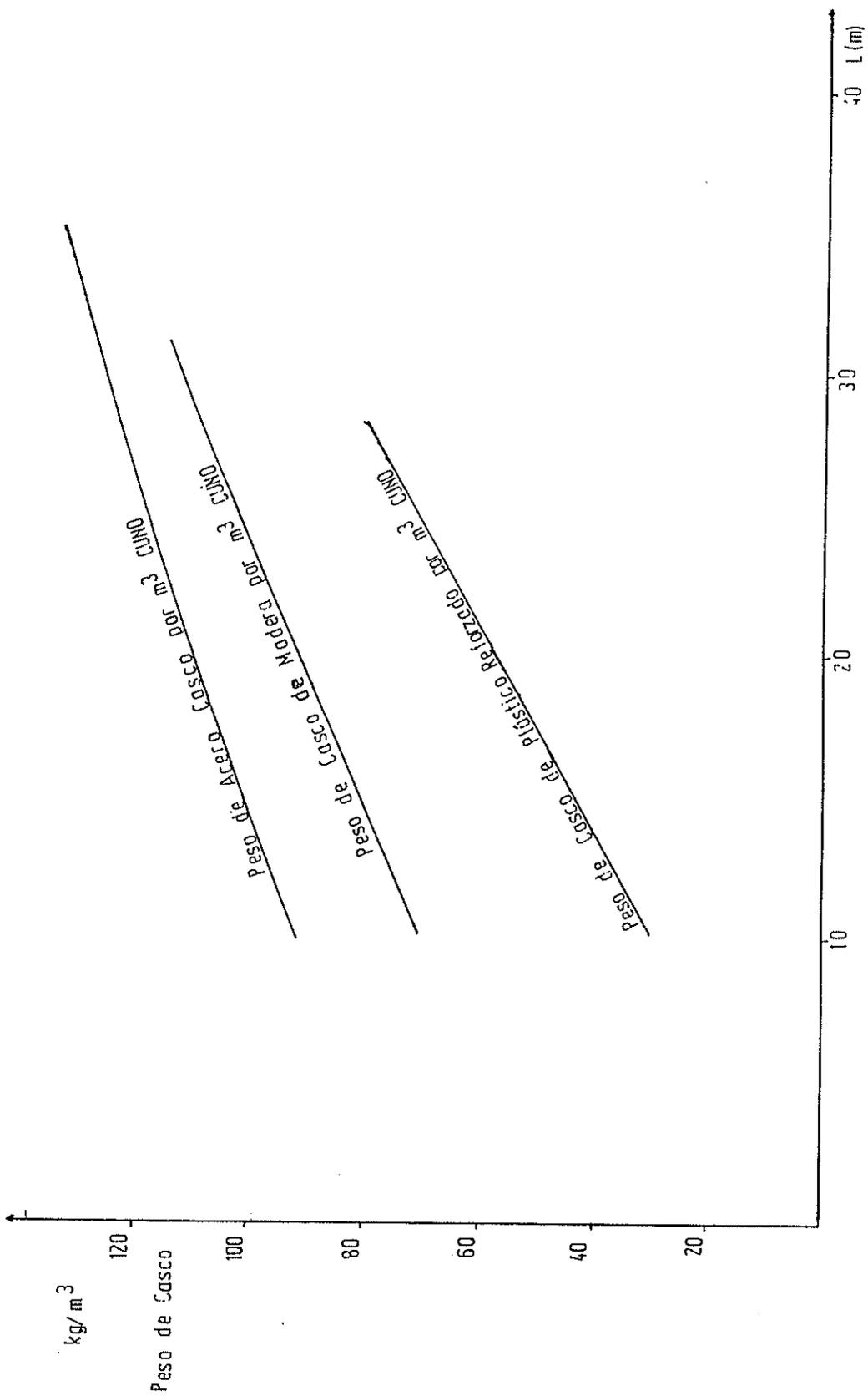


Fig. 2 Peso del Casco de Pesqueros



Fig. 3a

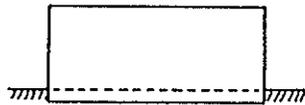


Fig. 3b

Fig. 3 Pesquero Naufragado en el Fondo

3a Sobre el Fondo

3b Sumergido en el Fondo

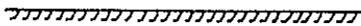
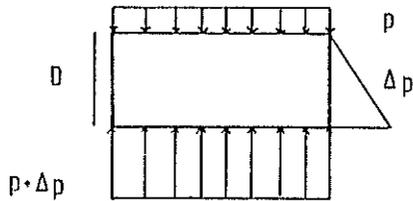


Fig. 4 Cabezal de Presión sobre el Pesquero

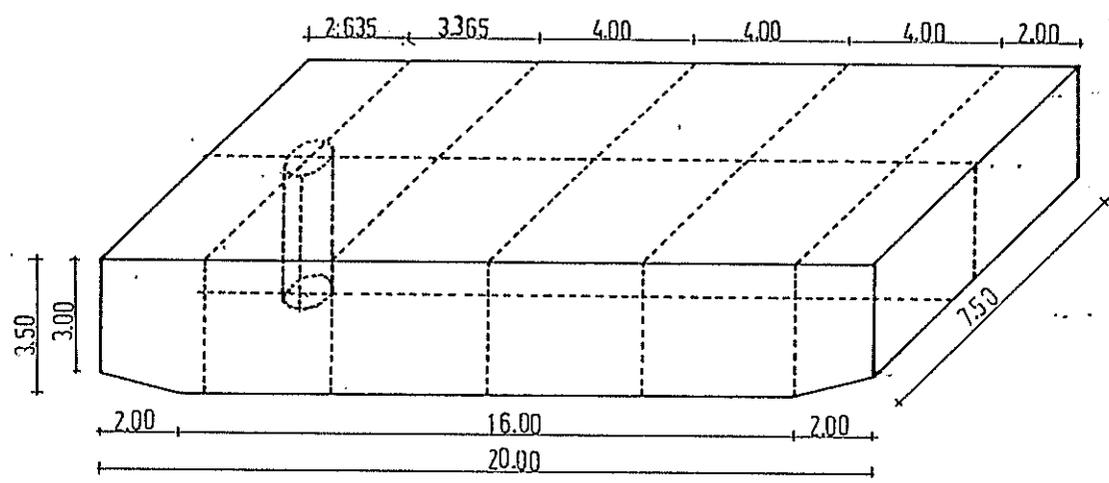


Fig.5 Dimensiones de la Barcaza

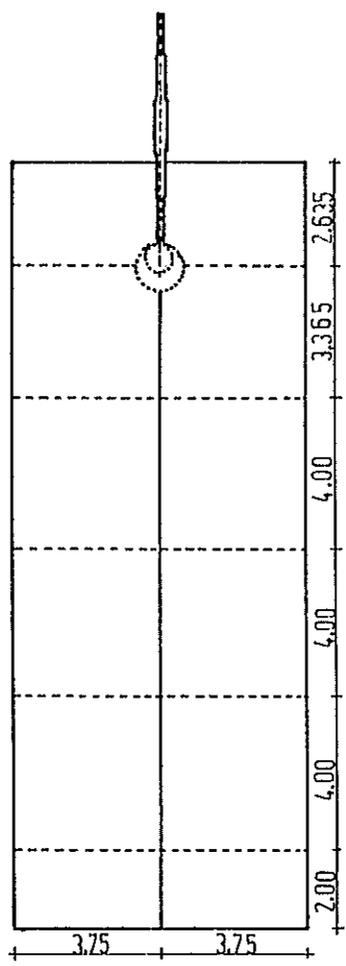


Fig. 6 Posición del Arreglo Mástil-Pluma en la Barcaza

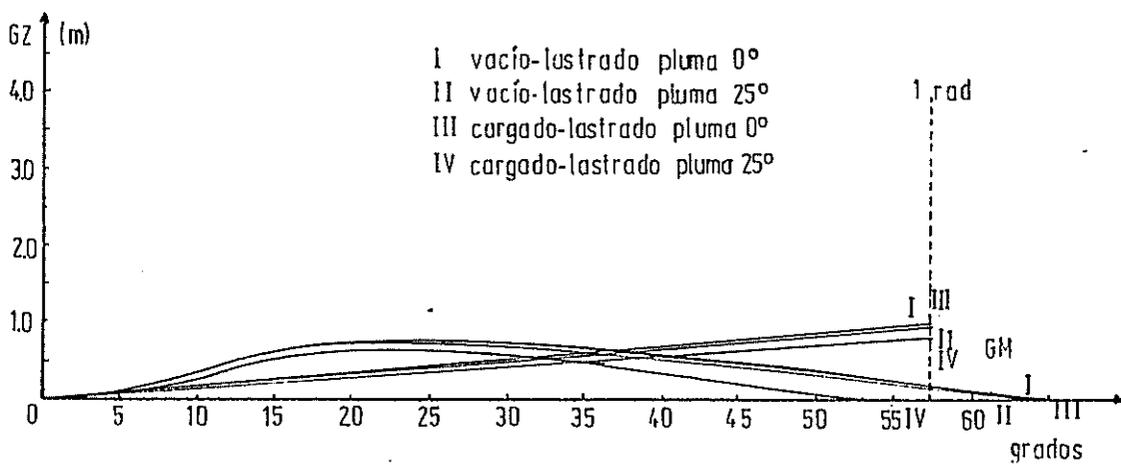


Fig 7 Estabilidad de la Barcaza

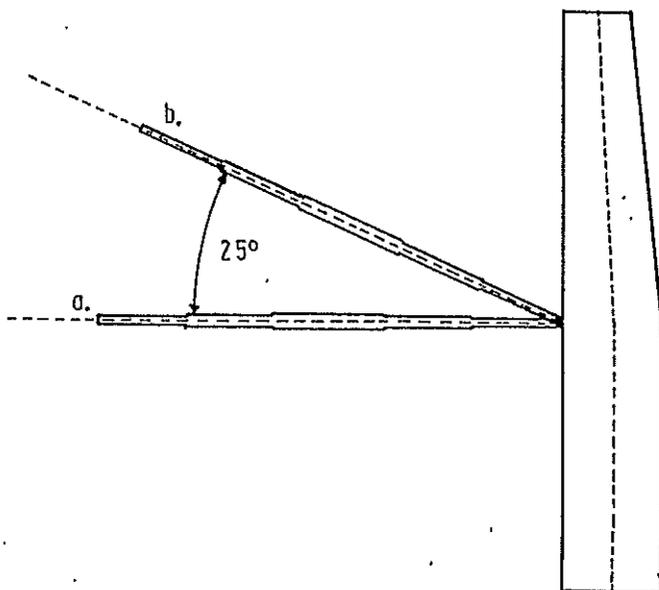


Fig. 8 Posiciones Extremas de la Pluma
 a. Posición Horizontal
 b. Máxima Elevación

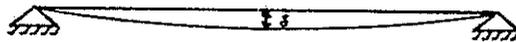


Fig. 9 Simulación de la Pluma como un Puntal

	a	b	c
DE	219.075	DE 168.275	DE 141.300
DI	202.717	DI 146.329	DI 109.550

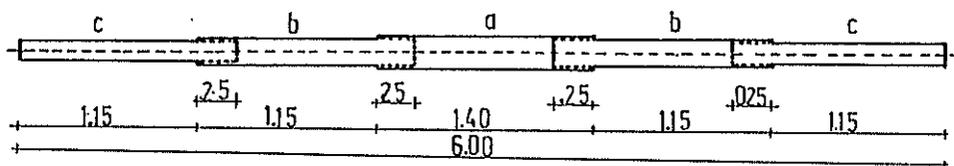


Fig. 10 Dimensiones de la Pluma

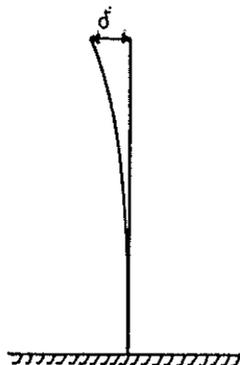
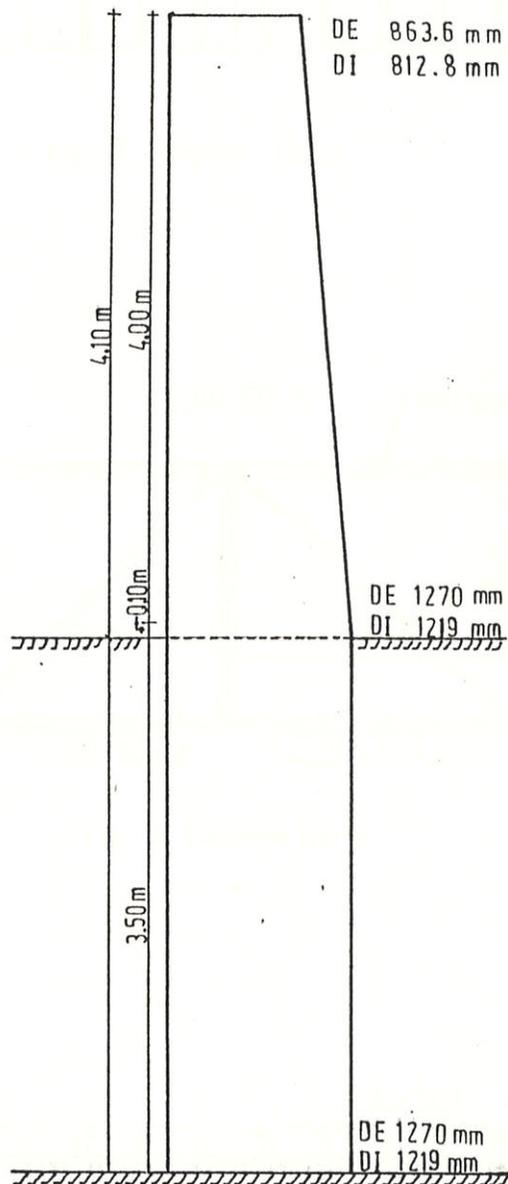


Fig. 11 Simulación del Mástil como Puntal



BIBLIOTECA
FAC. ING.
MARITIMA

Fig. 12 Dimensiones del Mástil



Fig. 13 Mamparo Típico

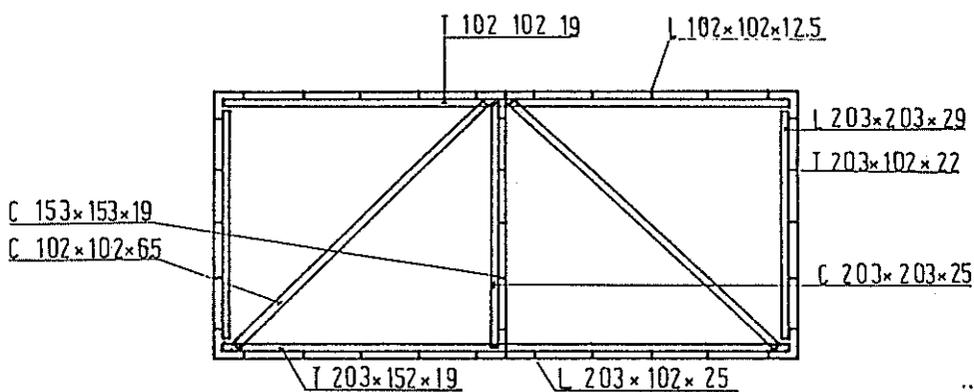


Fig. 14 Cuaderna Típica

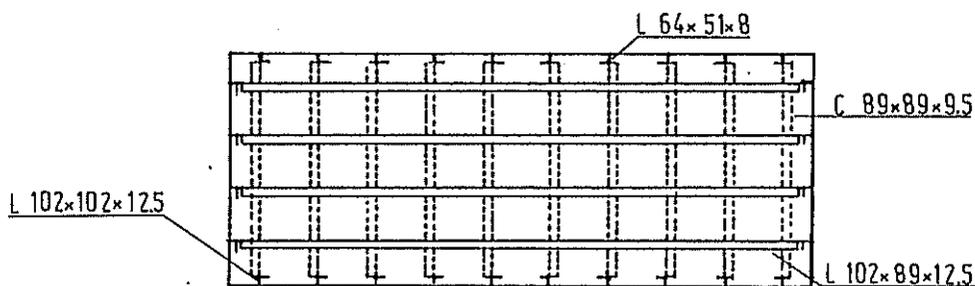


Fig. 15 Proa-Popa

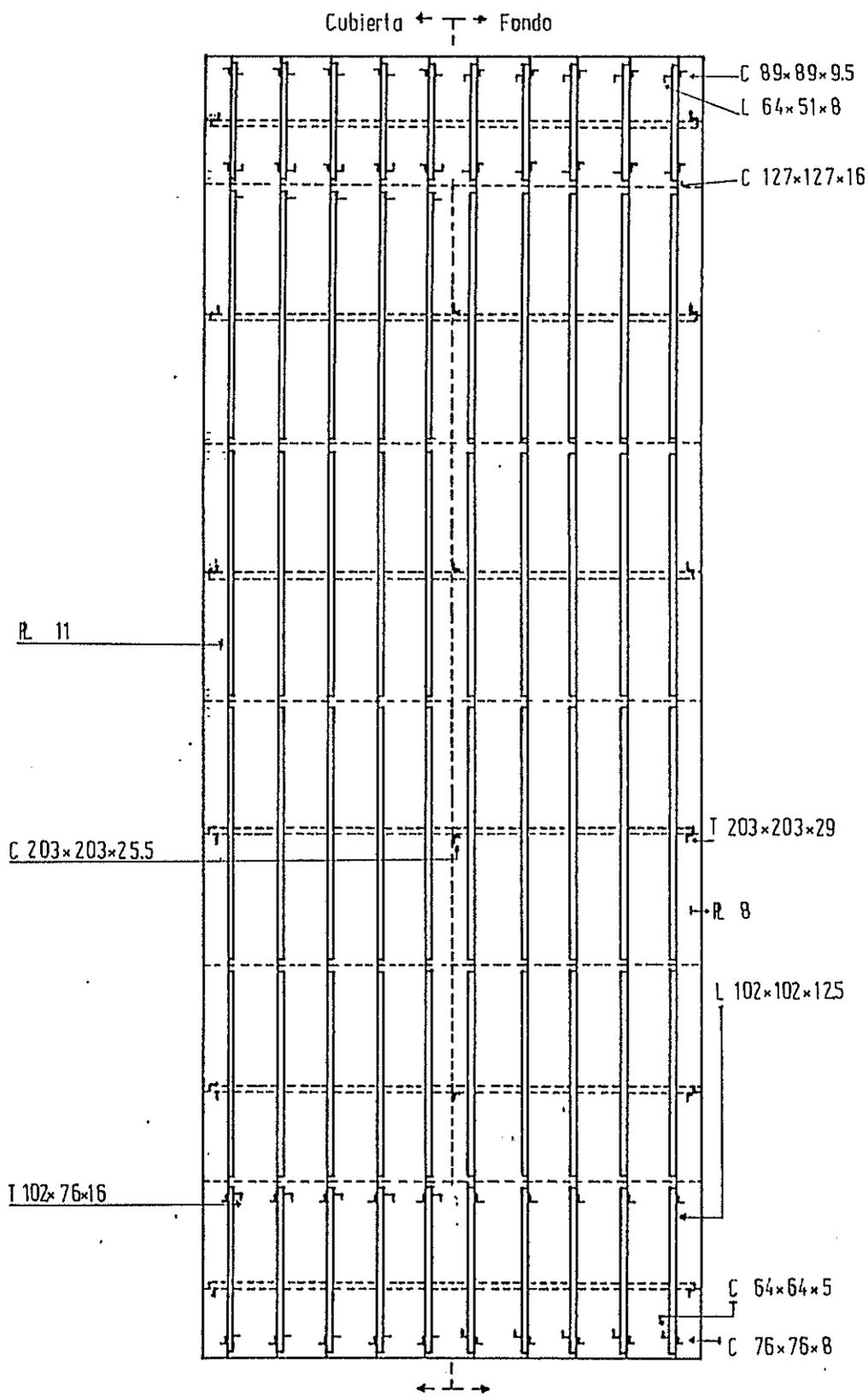


Fig 16 Escantillones Fondo-Cubierta

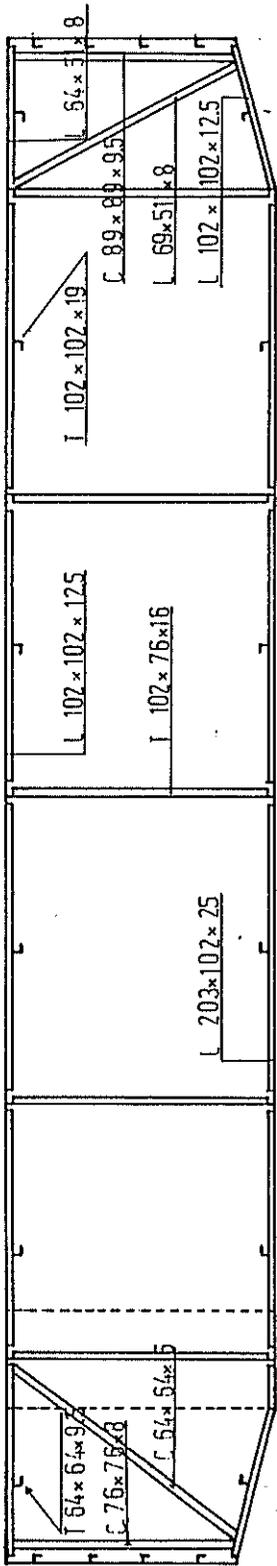


Fig. 17 Corte Longitudinal Vertical

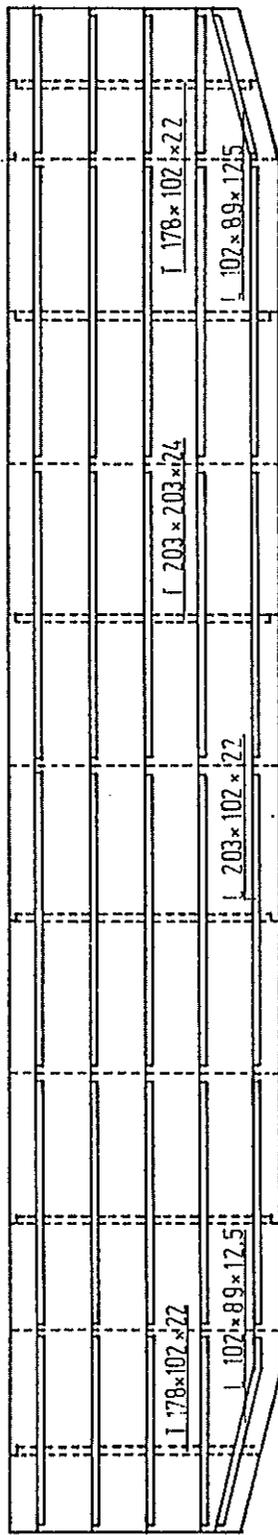


Fig. 18 Costado

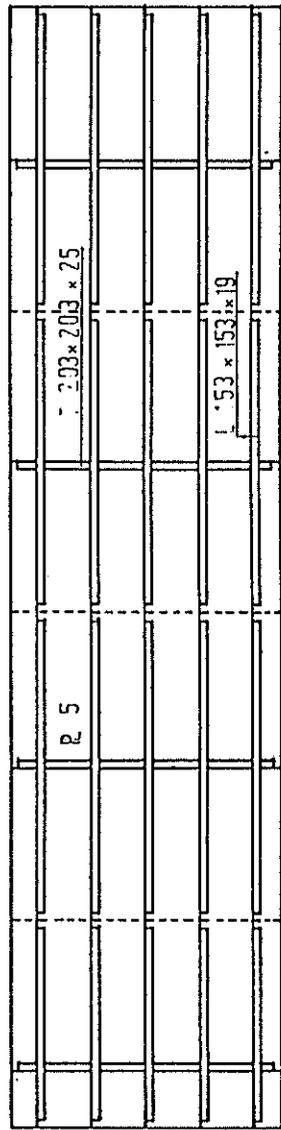


Fig. 19 Mamparo Longitudinal

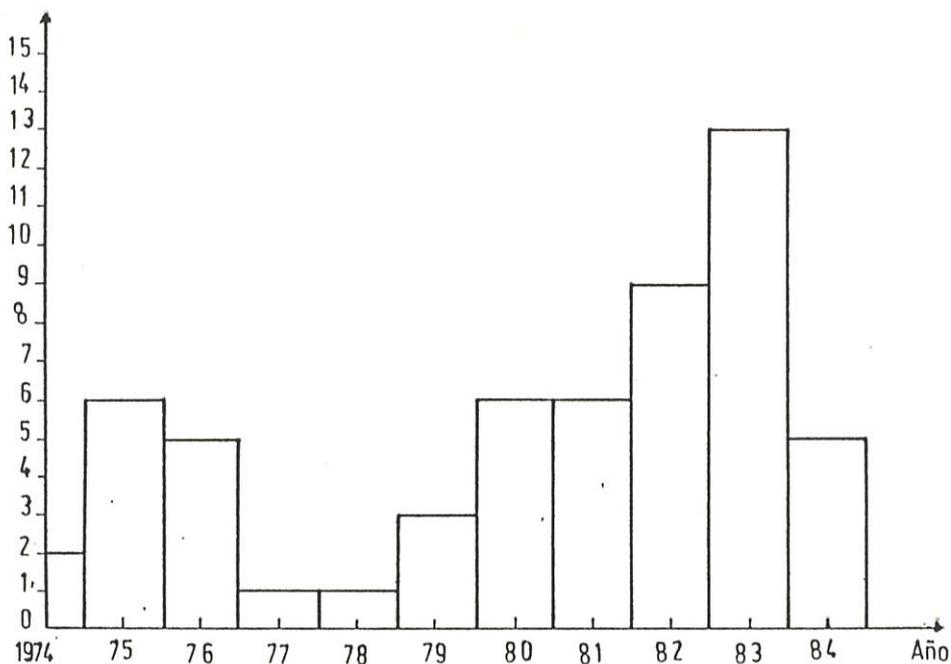


Fig. 20 Pesqueros Naufragados por Año



BIBLIOTECA
FAC. ING.
MARITIMA



BIBLIOTECA
FAC. ING.
MARITIMA

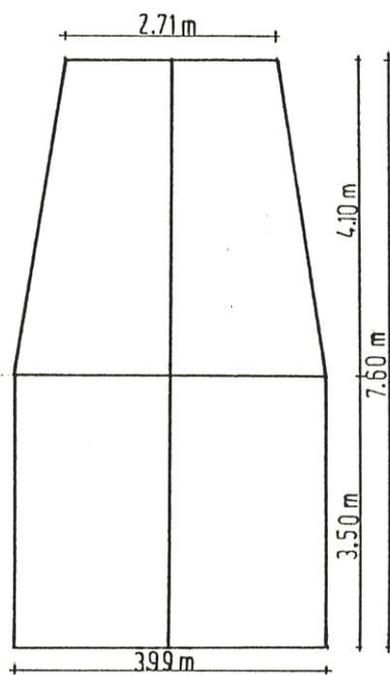


Fig. 21 Superficie Desarrollada del Mástil

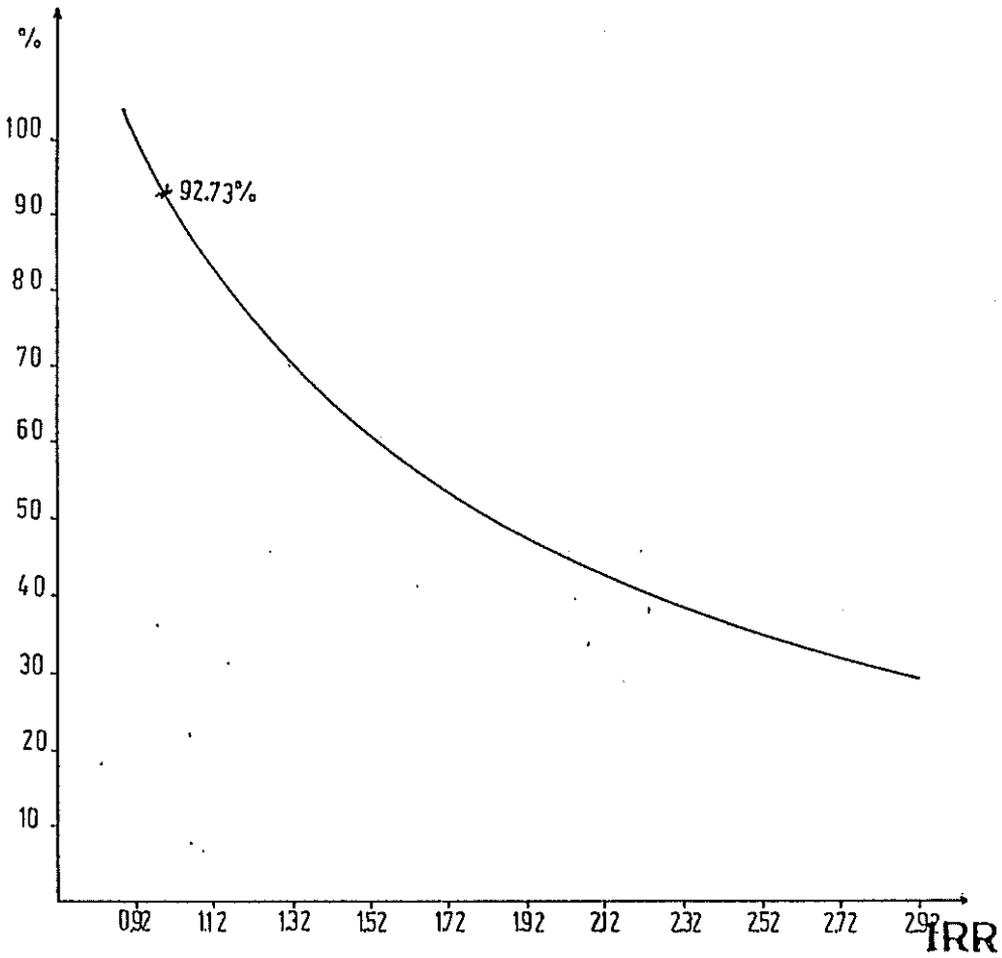


Fig. 22 Índice de Utilidad vs. Tasa de Interés

TABLA ICaracterísticas del Pesquero Típico

Eslora	17.84 m
Manga	5.55 m
Puntal	2.51 m
Costo	\$ 1'407.055.00

TABLA IICálculo de la Carga Inicial de Trabajo

Número Cúbico	248.00 m ³	
Casco de Madera	87.50 kg/m ³	21700.00 kg
Alistamiento	45.00 kg/m ³	11160.00 kg
Maquinaria	15.56 kg/m ³	3860.00 kg
Equipo de Pesca	7.75 kg/m ³	1922.00 kg
Desplazamiento		42506.00 kg
Madera	1067 kg/m ³	20.34 m ³
Hierro	7720 kg/m ³	0.50 m ³
Agua Desplazada	1026 kg/m ³	20.84 m ³
Peso del Agua Desplazada		21378.00 kg
Carga Inicial		21378.00 kg

TABLA IIIFuerza de Arrastre Actuante Sobre el Buge Hundido

Area Normal al Movimiento ...	98.91 m ²
Area Paralela al Movimiento	117.26 m ²
Coefficiente de Fricción	0.01
Coefficiente de Presión	1.20
Velocidad de Arrastre	1.00 m/min
Fuerza de Fricción	0.02 kg
Fuerza de Presión	1.70 kg
Fuerza de Arrastre	1.72 kg

TABLA IVCaracterísticas Principales de la Barcaza

Eslora	20.00 m
Manga	7.50 m
Puntal	3.50 m

TABLA V

Condiciones del Rescate

Máximo Desplazamiento	42.00 ton.
Máxima Eslora	17.84 m.
Máxima Manga	5.55 m.
Máximo Puntal	2.51 m.
Altura máxima	60.00 m.
Altura de la ola	0.60 m.
Período de la ola	15.00 seg.
Velocidad del viento	5.00 m/seg
Claro Barcaza-Carga	1.23 m.
Tiempo de Preparación	4.00 horas
Tiempo de Maniobra	1.00 horas
Distancia Puerto-Naufragio	300.00 km.
Tipo de Fondo :	arenoso.

TABLA VI

Dimensiones del Arreglo Pluma-Mástil

Longitud Pluma	6.00 m
Longitud Mástil efectivo.....	4.00 m
Longitud Mástil bajo cubierta	3.50 m
Mástil efectivo-cubierta.....	0.10 m

TABLA VII

Características Hidrostáticas de la Barcaza

Caract.	<u>Sin Carga Lastrado</u>		<u>Cargado y Lastrado</u>		<u>Unidad</u>
	<u>Posición/Pluma</u>		<u>Posición/Pluma</u>		
	<u>0o</u>	<u>25o</u>	<u>0o</u>	<u>25o</u>	
H	0.71485	0.71295	1.29964	1.28131	m.
KB	0.37177	0.37079	0.66915	0.65990	m.
BM	7.05048	7.07069	3.75107	3.80693	m.
KM	7.42225	7.44148	4.42022	4.46683	m.
KG	1.69685	1.73810	1.87663	2.24991	m.
gg'	0.35252	0.35353	0.18755	0.19035	m.
KBg'	2.04937	2.09164	2.06385	2.44025	m.
Gg'M	5.37288	5.34979	2.35637	2.02658	m.
Lastre	12.16915	11.88416	73.57266	70.82208	m3.

TABLA VIII

Características de Estabilidad de la Barcaza

Brazos de Adrizamiento Estático en metros

Angulo Escora	Vacío-Lastrado Posición/Pluma		Lleno-Lastrado Posición/Pluma	
	0o	25o	0o	25o
0	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,06	0,06	0,06	0,03
10	0,34	0,33	0,34	0,27
15	0,65	0,64	0,64	0,55
20	0,75	0,73	0,74	0,61
25	1,18	1,16	1,17	1,01
30	0,76	0,74	0,76	0,57
35	0,67	0,64	0,66	0,44
40	0,57	0,54	0,56	0,31
45	0,46	0,43	0,45	0,18
50	0,35	0,31	0,33	0,05
55	0,23	0,20	0,22	-0,09
60	0,12	0,08	0,10	-0,22
65	0,00	-0,04	-0,01	-0,35
70	-0,11	-0,15	-0,13	-0,48
75	-0,23	-0,27	-0,24	-0,61

Brazos de Estabilidad Dinámica en metros-radianes

Angulo Escora	Vacío-Lastrado Posición/Pluma		Lleno-Lastrado Posición/Pluma	
	0o	25o	0o	25o
0	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,005	0,003	0,003	0,013
10	0,047	0,020	0,020	0,049
15	0,125	0,062	0,063	0,099
20	0,206	0,122	0,123	0,170
25	0,284	0,204	0,206	0,239
30	0,364	0,287	0,291	0,283
35	0,444	0,347	0,353	0,316
40	0,520	0,399	0,406	0,337
45	0,586	0,441	0,450	0,347
50	0,642	0,473	0,484	0,346
55	0,685	0,496	0,508	0,332
60	0,717	0,508	0,522	0,307
65	0,736	0,510	0,526	0,270
70	0,743	0,501	0,520	0,223
75	0,738	0,483	0,503	0,197

TABLA IX

Características del Cable de Acero y las Patecas

Elemento	Diámetro	Esfuerzo Rotura	Peso
	mm	kg/cm ²	kg
Cable 6x19	25.4	5877.92	2.49/m
Pateca Simple	406.4		66.8687
Pateca Triple	406.4		133.7372
Pateca Séxtuple	406.4		267.4743

TABLA X

Coefficientes de rozamientos y empujes de poleas
con la última polea fija

Elemento	Cobrando	Cediendo
Pateca Simple	1.0500	0.9520
Pateca Triple	0.3672	0.9080
Pateca Séxtuple	0.1728	0.8270

TABLA XI

Cargas Críticas en el Arreglo Pluma-Mástil

Fuerza	kg
P1	10493.28
RP1	36753.10
P2	11017.94
RP2	27829.95
T1	3547.87
T2	3725.26
RT2	23299.29
RT1	20531.65
RT3	5144.41
Tensión	20531.65
Compr.	29819.12

TABLA XII

Fuerzas Dinámicas Actuantes
encuentro con las olas a 90 grados

	Vacío-Lastrado		Lleno-Lastrado	
	Posición/Pluma		Posición/Pluma	
	0o	25o	0o	25o
<u>Arfada</u>				
Desplazamiento cm	37,9774	37,9725	0,9607	0,9631
Accel. Vert. cm/s ²	66,6570	66,5611	255,0844	257,8590
<u>Cabeceo</u>				
Momento kg-cm	5,8404	5,8404	5,8404	5,8404
Máximo Angulo rad	7,3E-12	7,3E-12	3,9E-12	3,9E-12
Accel. Ang. rad/s ²	2,2E-11	2,2E-11	1,2E-11	1,2E-11
<u>Rolido</u>				
Momento kg-cm	1,1E07	1,1E07	1,1E07	1,1E07
Máximo Angulo rad	0,3960	0,4005	1,7065	0,8682
Accel. Ang. rad/s ²	1,220	1,234	5,259	2,675

TABLA XIII

Deformaciones, Momentos Flectores, Esfuerzos
Factores de Seguridad en la Pluma

Diám.	Espesor	Deform.	Momento	Esfuerzo	FS
cm	cm	cm	kg.cm	kg/cm ²	
21.91	0.818	0.149	2.33 E04	651.14	3.24
16.83	1.097	0.241	2.50 E04	702.48	3.00
14.13	1.588	0.262	2.96 E04	653.27	3.23

TABLA XIV

Dimensiones del Mástil en cm

	Mástil Efectivo	Mástil Inferior
Longitud	410.00	350.00
Mayor	127.00	127.00
Menor	86.36	127.00
Espesor	2.54	2.54

TABLA XV

Deformaciones, Momentos Flectores, Esfuerzos y
Factores de Seguridad del Mástil

Tubo	Deformac.	Momento	Esfuerzo	FS
cm	cm	kg-cm	kg/cm ²	
127,00	0,00	2,147 E07	708,87	5,956
126,01	1,33 E-04	2,098 E07	704,23	5,996
121,05	5,35 E-03	1,943 E07	708,51	5,959
116,10	2,04 E-02	1,798 E07	714,53	5,909
111,14	4,94 E-02	1,661 E07	722,51	5,843
106,18	9,78 E-02	1,532 E07	732,68	5,762
101,23	0,17	1,411 E07	745,28	5,665
96,27	0,29	1,297 E07	760,58	5,551
91,32	0,46	1,190 E07	778,90	5,420
86,86	0,68	1,098 E07	798,27	5,289
86,36	1,05	0,000	2,10	

TABLA XVI

Lista de Escantillones de la Barcaza

Planchas

Plancha costado, sección media	8.00 mm.
Plancha traca de cinta	11.00 mm.
Plancha fondo, sección media	8.00 mm.
Plancha costado, extremos	8.00 mm.
Plancha plano fondo proa.....	11.00 mm.
Plancha cubierta, sección media	11.00 mm.
Plancha trancañil, espesor	11.00 mm.
Plancha trancañil, ancho	169.00 mm.
Plancha cubierta, extremos	8.00 mm.
Plancha mamparo transv. y long.	5.00 mm.

Refuerzos

Longitudinales de fondo, s.m.	203.2x101.6x25.4 mm.
Longitudinales de costado, s.m.	203.2x101.6x22.2 mm.
Longitudinales de cubierta, s.m.	102x102x12.5 mm.
Transversales de fondo, s.m.	203.2x152.4x19.1 mm.
Transversales de costado, s.m.....	203.2x203.2x20.6 mm.
Transversales de cubierta, s.m.	102x102x19 mm.
Trans. de Mamparo Longitudinal	203.2x203.2x25.4 mm.
Long. de Mamparo Longitudinal	153x153x19 mm.
Diagonales, s.m.	102x102x6.5 mm.
Longitudinales de fondo, ext.	102x102x12.5 mm.
Longitudinales de costado, ext.	102x89x12.5 mm.
Longitudinales de cubierta, ext.	64x51x8 mm.
Transversales de fondo, ext.	127x127x16 mm.
Transversales de costado, ext.	177.8x102x22 mm.
Transversales de cubierta, ext.	64x64x9.5 mm.
Pilares, proa	89x89x9.5 mm.
Diagonales, proa	64x51x8 mm.
Pilares, popa	76x76x8 mm.
Diagonales, popa	64x64x5 mm.
Refuerzos de Mamparo Transversal.....	102x76x16 mm.

TABLA XVIICálculo en la Sección Media deMomento de Inercia y Módulo Seccional

Elemento	I cm ⁴	A cm ²	d cm	A * d ²	MS cm ³
Cubierta	83.188	825.00	195.831	31638569	161561
Costado	2.858	2.80	20.831	1215	58
Fondo	32.000	600.00	154.169	14260848	92502
Mamp L	1.787	1.75	20.831	759	37
Mam L	1173.770	54.45	160.831	1408437	17529
Mam L	1173.770	54.45	90.831	449227	9917
Mam L	1173.770	54.45	20.831	23628	1191
Mam L	1173.770	54.45	49.169	131638	5402
Mam L	1173.770	54.45	119.169	773258	12997
Cub	233.090	24.19	195.831	927815	47390
Fon	2896.970	70.97	154.169	1686764	16896606
Cost	2601.446	62.77	160.831	1623751	3252704
Cost	2601.446	62.77	90.831	517902	1041008
Cost	2601.446	62.77	20.831	27240	59682
Cost	2601.446	62.77	49.169	151762	308727
Cost	2601.446	62.77	119.169	891469	1788142
Inercia Sección Media ..	84112977 cm ⁴				
Módulo Seccional	236955 cm ³				

TABLA XVIII

Lista de materiales empleados en la
Construcción de la Barcaza

Plancha 5 mm.	187.25 m2
Plancha 8 mm.	333.00 m2
Plancha 11 mm.	151.00 m2
Viga 102x102x12.5	41.04 m.
Viga 89x89x9.5 2x3/8	30.00 m.
Viga 76x76x8	30.00 m.
Viga 203.2x101.6x25.4	160.00 m.
Viga 203.2x101.6x22.23	160.00 m.
Viga 102x102x12.5	160.00 m.
Viga 203.2x152.4x19	30.00 m.
Viga 203.2x203.2x20.6	28.00 m.
Viga 102x102x19	30.00 m.
Viga 203.2x203.2x25.4	14.00 m.
Viga 64x51x8	40.00 m.
Viga 64x64x9.5	15.00 m.
Viga 102x102x12.5	41.23 m.
Viga 102x89x12.5	40.00 m.
Viga 127x127x16	15.00 m.
Viga 177.8x102x22	14.00 m.
Viga 102x76x16	35.00 m.
Viga 153x153x19	80.00 m.
Viga 64x51x8	36.06 m.
Viga 64x64x5	36.06 m.

TABLA XIXPotencia de Remolque

	Barcaza Sola	Barcaza Pesquero
Velocidad Km/h	6.00	6.00
Cr x 103	0.52	3.59
Cf x 103	2.38	2.34
ΔCf x 103	0.40	0.40
Ct x 103	3.30	6.33
Potencia CV	10.00	25.00

TABLA XXCosto del Casco de la Barcaza.

<u>Elemento</u>	<u>\$/kg</u>	<u>kg</u>	<u>Precio</u>
Plancha	296.0	46635.35	13'805.000.00
Refuerzos	400.0	34156.37	13'663.000.00
Soldadura	971.0	1080.00	1'050.000.00
Mano/Obra	500.0	1080.00	540.000.00
Costo Total del Casco			29'058.000.00

TABLA XXICosto del Cable

Pluma-Mástil	7.21 m.
Cable P-M	100.96 m.
Pluma-Carga	60.00 m.
Cable P-C	360.00 m.
Cable S/Mástil	5.00 m.
Cable S/Pluma	8.00 m.
Largo Cable	541.17 m.
Peso Cable	1350.00 kg
Precio Cable	1.500.00 \$/kg
Total	\$ 2'025.000.00

TABLA XXIIPrecio de las Patecas

<u>Tipo</u>	<u>Precio</u>	<u>Cant.</u>	<u>Precio</u>
Simple	150.000.00	1	150.000.00
Triple	450.000.00	2	900.000.00
Séxtuple	1'050.000.00	2	2'100.000.00
Total			3'150.000.00

TABLA XXIIIPrecio del Arreglo Fluma-Mástil

<u>Elemento</u>	<u>Precio</u>
Fluma.....	520.000.00
Mástil.....	1'650.000.00
Patecas.....	3'150.000.00
Cable	2'025.000.00
Total.....	7'345.000.00

TABLA XXIVPrecio de los Winches

<u>Característica</u>	<u>Winche 1</u>	<u>Winche 2</u>
Cable m	360.00	101.00
Velocidad m/s	0.10	0.03
Tracción kg	10859.04	3692.26
Potencia CV	15.00	1.50

Ambos Winches

Peso total kg	2000.00
Costo	\$ 5'500.000.00
Instalación	\$ 250.000.00
Costo Total	\$ 5'750.000.00

TABLA XXVPrecio Total de la Barcaza

<u>Elemento</u>	<u>Costo</u>
Casco	29'058.000.00
Fluma-Mástil	7'345.000.00
Winches	5'750.000.00
Bombas	604.000.00
Equipos Varios	426.500.00
Costos Indirectos	426.500.00
Precio Total	43'610.000.00

TABLA XXVICaracterísticas del Pesquero "Voluntad de Dios"

Eslora	19.56 m.
Manga	5.69 m.
Puntal	2.56 m.

TABLA XXVIICálculo de la Tasa Interna de Retorno

<u>Año</u>	<u>Invers.</u>	<u>Ingresos</u>	<u>Egresos</u>	<u>Flujo</u>	<u>PW</u>	
0	-43610			-43610	1.00000	
1		57250	17120	40130	0.76923	30869.2
2		57250	17120	40130	0.59172	23745.7
3		57250	17120	40130	0.45517	18268.0
4		57250	17120	40130	0.35013	14050.7
5		57250	17120	40130	0.26933	10808.2
6		57250	17120	40130	0.20718	8314.1
7		57250	17120	40130	0.15937	6395.5
8		57250	17120	40130	0.12259	4919.5
9		57250	17120	40130	0.09430	3784.3
10	13083	57250	17120	53213	0.07254	<u>3860.1</u>

PV: 125013.3

VPN: 81403
 IU : 2.87
 i : 30.0%
 IRR: 92.7%

CONCLUSIONES

1. Nuestra barcaza para la recuperación de buques pesqueros naufragados tiene una utilidad que debe limitarse a las condiciones presentadas en la Tabla V.
2. Es preciso que el buque naufragado se encuentre libre del sedimento del fondo, para la mejor utilización de la barcaza, por ello se recomienda que el rescate se efectúe lo más pronto posible luego del naufragio.
3. En el caso de que el pesquero naufragado se encuentre sumergido en el fondo del océano, se hace necesaria la realización de trabajos de dragado que posibiliten la utilidad de la barcaza.
4. En el caso de salvataje de embarcaciones incrustadas en las rocas del fondo del océano, deben hacerse consideraciones especiales, que no son objeto de esta tesis.

5. La barcaza en el momento de la maniobra de rescate debe encontrarse con la línea de crujía cortando las olas a noventa grados, lo que la garantiza la estabilidad inicial positiva. Lo que supone que han de realizarse labores de ayuda para confirmar que la línea de crujía del pesquero naufragado, al acercarse a la superficie, se encuentre a noventa grados de la línea respectiva de la barcaza.
6. La maniobra de rescate ha de efectuarse siempre, con tal velocidad, que no existan cambios bruscos de tensión en los cables, y que se permita la utilización eficiente de las bombas de lastrado y deslastrado, de tal manera que la barcaza presente el mínimo asentamiento posible.
7. La posición más recomendable para que lo anterior se haga efectivo es bajando el el gancho de carga hasta que logre alcanzar la posición del pesquero hundido, pero sin que el cable presente mayor tensión, la que ha de ir aumentando progresivamente a medida que los tanques de lastre de proa de la barcaza se vayan llenando, hasta que en un instante dado, los momentos actuando sobre el centro de flotación de la barcaza se hayan equilibrado, se pueda empezar a cobrar el cable y se continúe la labor de lastrado.

8. Ha de procurarse, siempre que sea posible, que se mantenga constante la tensión en el cable, o variando dentro de pequeños rangos.
9. Si se hubiera iniciado la maniobra de salvamento, y repentinamente las condiciones oceanográficas se tornaren desfavorables, que presuma inseguridad para efectuar la tarea, el rescate habrá de abortarse, lo que se hará con la misma celeridad con que se haría la labor de levantamiento.
10. Ya que el arreglo mástil-pluma posee factores de seguridad mayores que los mínimos requeridos, en el caso de presentarse condiciones oceanográficas propicias, que garanticen que las fuerzas dinámicas actuantes sobre la barcaza y la carga hayan disminuido, será posible aumentar la carga inicial de trabajo, siempre y cuando no disminuyan los factores de seguridad en el arreglo pluma-mástil y la estabilidad de la barcaza quede asegurada.
11. Es posible utilizar la barcaza como una grúa flotante, para elevar cargas y aún sacarlas del agua, siempre y cuando, las sean menores o iguales a la carga inicial de trabajo y sus dimensiones no sean un obstáculo para una fácil maniobra y se cumplan las condiciones presentadas en esta tesis.

12. Hubiera sido interés del autor, que esta embarcación, aún pudiese haber sido capaz de sacar al buque naufragado completamente del agua y colocarlo sobre otra barcaza para su traslado a puerto, para que se efectúen los trabajos pertinentes a su completa recuperación. Sin embargo, los elevados momentos flectores presentes en el arreglo pluma-mástil, especialmente en su base, han impedido que se cumpla este anhelo.
13. Es esta la razón por la que no se ha querido aumentar excesivamente la carga inicial de trabajo, pues habiendo hecho ésto, se hubiera podido aumentar significativamente el rango de las embarcaciones rescatables por la barcaza.
14. En una etapa inicial de este trabajo, se pretendió que la altura existente entre la cubierta de la barcaza y el inicio del mástil efectivo tuviera un mayor valor, pero esto dio como resultado muy elevados momentos flectores a lo largo del mástil, que hacían necesario el empleo de áreas seccionales mucho mayores que las actualmente empleadas y también una elevación del centro de gravedad, imposible de corregir plenamente con el lastrado de los tanques de proa, produciendo estabilidad inicial negativa, desechada desde todo punto de vista, por lo que se desestimó esta posibilidad.

15. Es necesario emplear patecas múltiples en el arreglo pluma-mástil, para disminuir convenientemente las fuerzas de tracción de los winches. Sin embargo pudieran emplearse cuadernales con mayor número de canales, de no mediar la dificultad de aprovisionamiento de ellas en el medio y el elevado costo que representaría una fabricación especial.
16. Se prefirió el empleo de arreglos de cuadernales con el último bloque fijo, por cuanto éste presenta la ventaja de poseer un coeficiente de tracción mayor al momento de cobrar el cable, sobre el sistema con el último bloque flotante, el cual es más eficiente cuando el bloque está cediendo.
17. El mástil se ha construido con la configuración elegida, la cual es un cono truncado invertido, con el eje sobre el que actúan las fuerzas, inclinado respecto a su eje de simetría, para permitir solamente la presencia de momentos flectores y evitar torques que hubieran hecho necesario el aumento de las áreas seccionales del mástil, para cumplir con los factores de seguridad mínimos establecidos.
18. Las fuerzas de arrastre que dependen del número de Reynolds son muy pequeñas y se las desprecia.

19. Los winches han sido elegidos con funcionamiento hidráulico, accionada la bomba hidráulica por un motor eléctrico, lo que hace necesaria la instalación de un generador eléctrico, el cual es aprovechado para la alimentación de la bomba de lastre y deslastre. Esto incrementa el equipo necesario en la instalación, no así los costos, pues, a pesar de la necesidad de instalar un banco de baterías para el arranque del generador eléctrico, así como todo el equipo de control necesario para garantizar su eficiencia, todo esto es compensado por la mayor fiabilidad en el funcionamiento que si utilizáramos diesel.
20. Una de las conclusiones más importantes, que a nuestro modo de ver servirán de gran utilidad en las características del movimiento de buques grúas en las operaciones de levantamiento, es que las fuerzas estáticas actuantes han de modificarse, multiplicándolas por un factor de 1.25, lo que quiere significar que las fuerzas dinámicas modifican las fuerzas estáticas en un 25%. Sin embargo este valor puede parecer aventurado, teniendo en cuenta que ciertos investigadores han sugerido que la variación es de un 50% (9, 14), no obstante, las condiciones que ellos han asumido han sido mucho más exigentes, por lo tanto es preciso que tal valor sea comprobado en un tanque de pruebas.

21. Es importante saber reconocer que así como la barcaza al ser influida por las olas transmite una aceleración vertical y una aceleración angular al buque sujeto de rescate, éste también influye con una aceleración vertical a la barcaza, lo que es denominado el movimiento acoplado, el mismo que ha sido estudiado por Nojiri y Sasaki (25).

A P E N D I C E S

APENDICE AEMBARCACIONES PESQUERAS REGISTRADAS EN DIGMER EL AÑO 1987

Dimensiones en metros, valores en miles de sucres

Embarcación	Eslora	Manga	Puntal	Valor
Gracias a Dios	20,46	6,00	3,13	1346,0
Esther Y	18,35	5,48	2,44	1581,0
Brasil	21,34	6,10	2,84	5693,0
Morito	21,27	6,12	2,59	8553,0
Gloria Elena	18,34	5,28	2,44	1359,0
Claudio Javier	19,66	5,64	2,21	1739,0
Milguerito	15,85	4,73	2,13	1520,0
El Oro	25,10	6,61	3,20	11106,0
Regina	22,51	7,01	3,04	1892,0
Jenny Cecilia	20,55	6,30	2,71	7990,0
Moroxari	22,60	6,23	3,16	7286,0
Mister Erling	16,32	5,51	2,64	6310,2
Christrian Gonzalo	15,00	4,50	2,00	790,0
Diana	21,33	6,20	2,87	600,0
Dragón de Oro	24,34	6,76	2,97	3372,0
Don Manuel	24,16	6,62	3,80	7811,0
Elena	21,34	6,10	3,02	1015,0
Elizabeth	16,16	5,64	2,90	1097,0
Perola	17,25	5,11	2,31	6437,0
San Fernando	20,75	6,00	2,50	10714,0
Karla	13,01	3,93	1,58	3197,0
Copacabana	17,17	5,39	2,49	812,0
Diamante	14,38	5,30	2,48	
Esperanza 3	18,39	5,49	2,44	532,0
Géminis	20,45	5,99	3,12	
Aquiles	13,20	5,80	3,20	8987,0
Isasof	20,33	6,30	2,74	1743,0
Diógenes Cirilo	18,36	5,49	2,44	521,0
Napoleón II	14,90	4,50	2,00	4207,0
Napoleón	19,96	5,70	2,54	4567,0
Cynthia 5	20,27	6,10	3,10	930,0
Helen 5	20,27	6,10	3,10	930,0
Sonia Tamara	20,27	6,10	3,10	930,0
Cóndor	19,56	5,58	2,75	5328,0
Polaris Delta	25,18	7,01	3,56	2716,0
Don Alfredo	12,12	3,83	1,44	2139,0
Río Guayas	20,31	6,66	2,29	1966,0
Grace	13,21	5,06	2,77	
Raquelita	21,14	6,10	3,30	5740,0
Caridad del Cobre	18,29	5,48	2,44	1515,0
El Principito	15,85	4,73	2,29	
Sagitario	20,27	5,84	3,10	680,0
Leo	21,27	6,25	3,13	1428,0
Escorial	21,44	6,17	3,26	1509,0
Atlantis	23,04	6,40	3,15	6706,0
Patricia	22,51	6,40	3,10	13414,0

Embarcación	Eslora	Manga	Puntal	Valor
Elaine	22,92	6,50	3,04	
Ana María	22,10	5,79	3,05	1610,0
Adriático	20,43	6,10	2,90	2171,0
Antártico	24,39	6,81	3,41	2993,0
Artico	25,73	6,80	3,40	7131,0
Atlántico	24,39	6,51	3,40	3013,0
Anabela	23,26	6,50	3,04	13390,0
Beatriz Cristina	21,90	6,40	2,76	8455,0
Brasilia	23,45	6,20	3,28	700,0
Benfica	24,30	6,68	3,12	11733,0
Erincadeira	22,95	6,10	2,70	23237,0
Cecilia	20,45	6,00	3,13	
Carlitos	24,68	6,65	2,80	8014,0
Carlos Alfredo	22,45	6,30	2,90	9582,0
Ciudad de Guayaquil	21,44	6,45	2,82	1529,0
Conquistador	21,47	5,80	3,16	6799,0
Corinto	23,12	6,24	2,13	3939,0
Coronado	22,94	6,50	3,05	
Chabelita	21,34	6,10	3,02	1070,0
Don Richard	18,64	5,59	3,02	1196,0
San Antonio	13,20	5,50	2,10	450,0
Semillero	15,32	4,57	1,91	1778,0
Vikingo	13,72	4,26	1,80	1400,0
Eloy Alfaro	16,32	5,20	2,10	3843,0
Mercedes Matilde	17,55	4,67	2,45	1345,0
San Pablo	18,69	4,83	2,13	1500,0
Funchal	18,29	5,58	2,54	1023,0
Abril en Portugal	18,29	5,58	2,54	969,0
Diosa del Mar	19,82	5,79	2,57	7313,0
Rosa Elena	23,63	6,20	3,25	12436,0
Maley	24,04	6,50	3,02	9526,0
Nancy	24,75	6,56	3,62	17099,0
Moctezuma	18,08	5,03	2,34	827,0
Pichincha	17,07	5,49	2,64	250,0
Mary	15,54	4,88	2,21	2261,0
Jakie	22,96	6,32	2,74	2593,0
Chelita I	15,20	4,75	2,31	1960,0
Sierra	21,45	6,79	3,55	
Ivonne	23,78	6,63	3,12	5291,0
Ciudad de Quito	25,10	6,65	3,28	7261,0
American Queen	23,63	6,20	2,97	6390,0
Silvana	18,82	5,89	3,10	1132,0
San Pablo	24,80	6,45	3,15	6698,0
Tonito	21,33	6,20	2,87	500,0
Rossi	15,24	4,87	2,28	250,0
David X	15,54	5,10	2,20	530,0
Roberto	15,24	5,09	2,28	215,0
Santa Martha 2	14,51	5,08	2,46	477,0
Jimmy Oscar	18,97	5,65	2,70	3462,0
Punta Arenas	20,78	5,79	3,12	4563,0

Embarcación	Eslora	Manga	PuntaI	Valor
Sangay	15,09	4,80	2,13	338,0
Jacinto Alejandro	23,20	6,23	2,80	967,0
Cotopaxi	18,29	5,59	2,44	400,0
Maritza	13,97	4,37	2,53	516,0
Marianita	14,86	4,95	2,39	737,0
Jorge Luis	20,18	6,00	2,46	923,0
San Pedro I	20,55	5,74	2,69	4284,0
Rafaelito II	23,10	6,60	3,12	7917,0
Capricornio II	17,91	5,69	2,44	1120,0
Huracán	13,82	5,79	2,74	
Acuario	20,17	5,84	3,10	1541,0
Jackie	23,30	6,60	3,13	6706,0
Tijuana	20,45	6,08	3,13	1551,0
Savanah	17,17	5,39	2,49	800,0
Inca	17,22	5,28	2,61	
Jean Mary	18,29	5,58	2,54	1241,0
Jorge Luis	28,96	7,45	3,66	8628,0
Aries	19,82	5,89	2,74	1255,0
San Agustín	22,50	6,62	3,12	
Willie First	23,20	6,63	3,13	2543,0
Guayas	17,53	5,03	2,36	3747,0
Charlie Campbell	20,04	5,62	2,84	3348,0
Vikingo II	14,51	5,11	2,44	2220,0
Aguila	12,20	4,19	1,83	398,0
Jambelí	15,04	5,08	2,29	548,0
Bismarck	22,74	6,38	3,07	3067,0
San José	12,80	4,22	2,13	359,0
Don Henry	16,93	6,09	2,32	5138,0
Diamante	14,38	5,30	2,48	
Tungurahua	17,07	5,45	2,64	8588,0
Lisboa	22,25	6,85	3,12	4647,0
Audaz	15,02	4,98	2,19	2074,0
Don Patricio	11,00	3,88	2,50	1403,0
Jambelí	24,14	6,76	3,20	7612,0
Esperanza II	16,77	5,18	2,39	2987,0
Rafaelito I	15,54	4,57	1,83	781,0
Sumbean	16,06	4,50	2,00	3252,0
Tauro	19,82	5,89	2,74	758,0
María Lavinia	22,29	6,11	2,76	3644,0
Graciela	18,29	4,95	2,08	150,0
Torito	18,71	5,84	2,35	4842,0
Ruisenor	25,00	6,48	2,78	4153,0
Bahía	18,29	5,58	2,54	1557,0
Zadar	20,78	5,89	2,80	7854,0
Don Arcadio	18,74	5,65	2,85	4840,0
Neptuno II	18,29	5,58	2,54	200,0
Faride	20,45	6,00	3,13	6094,0
Celia	21,25	6,03	3,13	5492,0
Flipper	23,18	6,65	3,40	10667,0
Cacique	24,21	6,09	3,05	6019,0

Embarcación	Eslora	Manga	Puntal	Valor
Euzkadina II	19,79	5,74	2,41	8704,0
Saudades	21,03	5,96	2,75	17364,0
Nina Ita	21,05	5,99	3,12	4947,0
Maricita	21,26	5,87	2,62	5080,0
Milton C.	21,33	5,87	2,80	8508,0
Folly	20,95	5,86	2,83	10505,0
James D	20,35	5,89	2,52	7836,0
Bellavista	20,65	5,90	2,50	7013,0
Karen Lee	21,80	6,10	2,67	2213,0
Mario Fabrizio	18,19	5,49	2,74	1017,0
Genoveva Isabel	13,72	4,27	2,84	120,0
Philip G	20,91	5,95	2,75	1889,0
Santa Rita	20,45	6,00	3,13	1263,0
Lisette	20,94	6,05	2,87	2191,0
Solandita	29,48	8,01	4,49	23521,0
Maranón II	18,29	5,49	2,44	13550,0
Santa Emilia	23,90	6,50	2,92	1181,0
Fausto Abel II	22,36	7,17	3,46	8627,0
Fausto Abel	17,80	6,12	2,50	4762,0
Esperanza V	17,45	5,28	2,44	5028,0
José Manuel	20,76	6,00	2,73	2552,0
César Paul	21,14	5,80	3,12	4473,0
Erling	13,40	4,25	1,72	2271,0
María Solange	24,80	6,34	3,20	15065,0
Estrella del Mar	20,06	6,20	2,75	10721,0
Juan Carlos	21,34	6,10	3,02	1200,0
Fátima	22,54	6,10	3,10	2547,0
Anuncia	15,85	4,88	1,83	519,0
Maranón	13,93	3,76	1,98	1604,0
Barracuda	19,81	6,68	2,54	200,0
Xcellent IV	15,85	4,85	1,73	1175,0
Oriente	12,96	4,12	1,75	400,0
Tito	17,07	5,49	2,64	600,0
Estrella del Mar	20,27	5,84	3,10	1948,0
Anabel	22,76	6,39	3,00	12145,0
Manabí	17,37	4,88	2,44	4257,0
Quinindé	16,77	5,49	2,29	5122,0
Marino	21,96	6,86	3,15	5782,0
Carlos Emilio II	23,48	7,38	3,46	20257,0
Hondo	19,54	5,89	3,15	9907,0
Sócrates	21,99	6,12	2,87	13253,0
Simón Duarte	23,31	6,42	3,18	6600,0
Santa Anita	19,82	5,89	3,27	4835,0
Santa Marena	24,39	6,71	3,20	5114,0
Olimpo	20,97	6,15	2,95	5457,0
María Ignacia	21,27	6,36	3,00	14713,0
Daniella	19,09	6,30	2,59	1194,0
Salinas	14,63	4,57	1,83	2611,0
Narval	13,57	4,37	2,53	2155,0
Marsopa	15,85	5,44	2,54	2577,0

Embarcación	Eslora	Manga	Puntal	Valor
Chino	11,51	4,63	1,69	2268,0
Eugenia Esther	14,02	4,27	2,13	2412,0
Anita Elizabeth	13,97	4,37	2,53	2545,0
Cocodrilo	13,87	4,42	2,36	2413,0
La Gata Marina	17,07	5,48	2,44	3051,0
La Tintorera	13,11	4,12	1,98	3381,0
William	25,00	6,81	3,15	7224,0
Analy	18,80	5,64	1,66	3965,0
Voluntad de Dios	19,56	5,69	2,56	4743,0
Maryan	22,71	5,48	2,87	5038,0
Mar Bravo	15,97	5,20	2,64	1000,0
Maribel	20,45	6,00	3,12	8032,0
Miguel Leonardo	22,26	5,89	3,00	1800,0
José Alfredo	13,64	3,76	1,74	385,0
Roosmel	20,42	6,09	2,59	2074,0
Cristina	23,17	6,33	2,82	6314,0
César Augusto	22,26	5,89	3,00	1574,0
Ivette	22,26	5,89	3,00	1995,0
Gladys Marcela	17,45	5,28	2,44	465,0
Chamaco	17,07	5,39	2,69	
Alicia	21,96	5,92	3,07	1577,0
Alvarez Cabral	20,42	6,27	3,14	1328,0
Anita	21,33	6,20	2,87	500,0
Don Mario	18,80	5,70	3,00	390,0
Fátima	19,43	5,71	2,78	1734,0
Graff Spee	22,27	6,30	3,35	6394,0
Juan José	20,62	5,72	2,78	14975,0
Recolector	22,57	6,17	2,69	468,0
Mejicanito	20,43	5,64	2,90	3206,0
Apolo	23,45	6,27	2,99	4721,0
Apolo II	23,40	6,33	3,17	19056,0
Ecuador	21,25	5,76	2,43	1706,0
Juan Carlos	21,65	6,35	3,05	8097,0
María Emilia	21,34	6,09	3,02	1000,0
Idia	23,12	6,63	3,25	6814,0
Norma	21,01	7,22	3,47	3819,0
Excellent III	18,75	5,49	2,44	2053,0
Santa María I	15,29	5,08	2,34	2196,0
Santa María	19,20	5,89	3,04	1130,0
Nuevo Destino	20,42	5,56	2,54	766,0
Coimbra	24,49	6,71	3,20	7570,0
Masco da Gama	18,30	5,18	2,74	755,0
Mar y Sol	21,92	6,20	3,04	7019,0
Abriel Paoly	23,34	6,71	3,02	4212,0
Portugal	18,30	5,79	2,92	816,0
Encendedor	20,59	6,00	2,77	3502,0
San José	22,31	6,31	2,77	6856,0
Santo Amaro	22,75	6,37	3,10	6896,0
Santa María	19,87	4,10	2,74	800,0
Estoril	20,42	5,79	2,15	1547,0

Embarcación	Eslora	Manga	Puntal	Valor
Ayangue	19,80	5,57	2,59	1200,0
Angel	20,45	5,99	3,20	1674,0
Festival	19,82	5,89	3,10	1000,0
Iván D	16,76	5,49	2,44	770,0
María Solange	24,80	6,34	3,20	15065,0
Erasmo	23,38	5,98	2,92	11077,0
Esperanza VI	22,92	6,50	3,04	
Lusitano	22,51	7,01	3,04	1060,0
María de Souza	21,34	6,10	2,84	800,0
Magallanes	24,01	7,01	3,43	1573,0
María Julia	21,34	6,10	2,84	1140,0
María Friscila	22,61	5,72	2,82	2239,0
Mercurio	21,95	5,92	3,07	600,0
Manuel Ignacio	23,64	6,40	3,12	2960,0
María Verónica	21,34	6,10	2,84	1175,0
Nueva Esperanza	23,90	6,82	2,97	2925,0
Nachita	21,34	6,10	3,02	849,0
Pilcomayo	25,65	6,45	3,04	5970,0
Pedrito	23,48	6,63	3,13	2495,0
Pedro Manuel	21,34	6,10	3,02	6364,0
Portuguesa	21,34	6,10	3,02	1004,0
Prince of the Sea	23,48	6,63	3,13	1462,0
Fuerto Santo	27,67	6,71	3,13	3344,0
Patricio Manuel	22,56	5,64	2,34	
Rosaly	23,25	6,22	2,65	9926,0
Royal Pacifico	23,50	6,20	2,84	12754,0
Santa Elena	21,82	6,10	3,02	800,0
Santa María	23,10	6,45	2,70	9663,0
San Salvador	24,34	6,71	3,12	17057,0
Santa Martha	22,72	6,35	3,02	6996,0
Simonita	20,27	5,84	3,10	1399,0
Sonia Maritza	21,95	5,92	3,07	1200,0
Virginia Luz	21,34	6,10	2,84	1535,0
Huayaipé	17,00	6,00	3,00	1186,0
Sonia	22,94	6,40	3,30	700,0

APENDICE BTEORIA DE PILOTES

Capacidad de Carga Ultima de Pilotes.

$$F_u = F_{su} + F_{bu} - W$$

F_u : Capacidad de carga última neta

F_{su} : Resistencia última del eje

F_{bu} : Resistencia última de la base

W : Peso del pilote

$$F_{su} = \int_0^L c \tau_a dz$$

L : Longitud del eje del pilote

C : Perimetro del pilote

τ_a : Resistencia al cortante entre el pilote y el suelo

Si el pilote se encuentra descansando sobre el fondo $L = 0$

$$F_{su} = 0$$

De la Teoría de la Capacidad de Amortiguamiento del Pilote:

$$F_{bu} = A_b [c N_c (1 + B N_q / L N_c) + q_v b N_q (1 + B \tan \phi / L) + 0.5 \gamma B N_\gamma (1 - 0.4 B / L)]$$

A_b : Area de la base del pilote

c : Cohesión del suelo

σ_{vb} : Esfuerzo vertical en el suelo a nivel de la base del pilote

γ : Peso unitario del suelo bajo el pilote

B : Diámetro del pilote

N_c, N_q, N_γ : Capacidad de amortiguamiento de factores que son funciones primarias del ángulo de fricción

interna del suelo, la compresibilidad relativa del suelo y la geometría del pilote

ϕ : Ángulo de fricción interna del suelo

$$\sigma_{vb} = \gamma_2 D_f$$

γ_2 : Peso unitario del suelo alrededor del pilote

D_f : Profundidad del pilote en el suelo

$$\gamma_2 = 0$$

$$\phi = 30^\circ$$

$$N_q = \tan^2(45 + \phi/2) e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

$$N_q = 18.40$$

$$N_c = 30.14$$

$$N_\gamma = 22.40$$

$$= 976.40 \text{ kg/m}^2$$

$$\gamma_2 = 1954.44 \text{ kg/m}^3$$

B : Manga del buque naufragado

L : Eslora del buque naufragado

W : Peso de la columna de agua más el peso del buque naufragado

$$B = 5.55$$

$$L = 17.84$$

$$W = W_{ca} + W_b$$

W_{ca} : Peso de la columna de agua

W_b : Peso en el agua del buque naufragado

$$W_{ca} = BLh$$

h : Profundidad del rescate

$P_{su} + P_{bu} > W$, y ya que $P_{su} = 0$,

$$P_{bu} > W$$

$$P_{bu} = 14'000.000 \text{ kg}$$

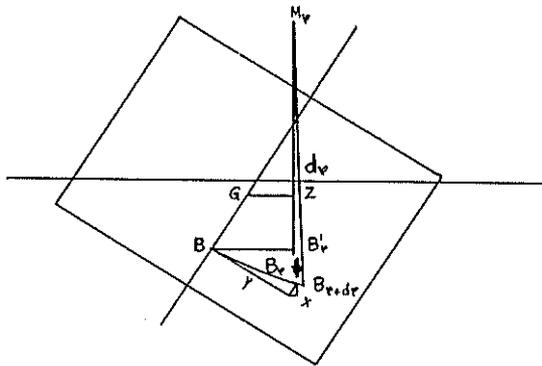
$$W_{ca} = 6'096.000 \text{ kg}$$

$$W_b = 21380.00 \text{ kg}$$

$$P_u = 7'926.000 \text{ kg}$$

APENDICE C

METODO DE COMMENTZ KRILOF



Para brazos de estabilidad a pequeños ángulos de escora

$$GZ = y \cos \varphi + x \sin \varphi - BG \sin \varphi$$

$$dy = B_r \cdot B_r + d_r \cos \varphi$$

$$dx = B_r \cdot B_r + d_r \sin \varphi$$

$$y = \int_0^\varphi M_r B_r \cos \varphi d\varphi = \int_0^\varphi M_r B_r d(\sin \varphi)$$

$$x = \int_0^\varphi M_r B_r \sin \varphi d\varphi = - \int_0^\varphi M_r B_r d(\cos \varphi)$$

$$M_r B_r = I_r / V$$

$$y^* = \int_0^\varphi M_r B_r \cos \varphi d\varphi$$

$$x^* = \int_0^\varphi M_r B_r \sin \varphi d\varphi$$

$$B_{\varphi} = B/\cos\varphi$$

$$I_{\varphi} = B^3 L / 12 \cos^3 \varphi$$

$$M_{\varphi} B_{\varphi} = B^2 / 12 H \cos^3 \varphi$$

$$0 < \varphi < 2(H-0.5)/B$$

$$y^* = B^2 \tan \varphi / 12H$$

$$x^* = B^2 \tan \varphi / 24H$$

$$y^* = y$$

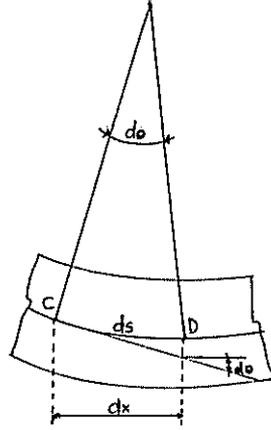
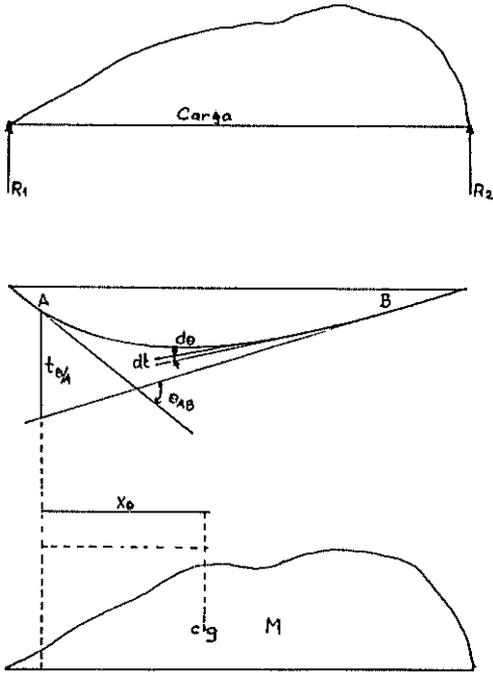
$$x^* = x + (H - KB)$$

$$y = B^2 \tan \varphi / 12H$$

$$x = B^2 \tan \varphi / 24H - (H - KB)$$

APENDICE D

TEOREMAS DEL METODO DE AREA DE MOMENTOS



$$1/\rho = M/EI = d\theta/ds$$

$$d\theta = Mds/EI$$

$$d\theta = Mdx/EI$$

$$\theta_{AB} = \int_{x_A}^{x_B} d\theta = \int_{x_A}^{x_B} Mdx/EI$$

$$dt = x d\theta$$

$$t_{B/A} = \int dt = \int x d\theta$$

$$t_{B/A} = \int_{x_A}^{x_B} x M dx / EI$$

$$\theta_{AB} = (\text{AREA})_{AB} / EI$$

$$t_{B/A} = (\text{AREA})_{AB} x_B / EI$$

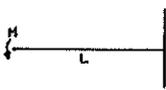
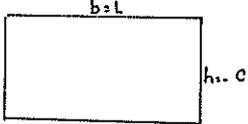
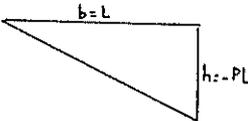
Teorema 1:

El cambio en la pendiente entre las tangentes trazadas a la curva elástica en dos puntos A y B es igual al producto de $1/EI$ multiplicado por el área del diagrama de momentos entre estos dos puntos.

Teorema 2:

La desviación de cualquier punto B relativo a la tangente trazada a la curva elástica en cualquier otro punto A, en una dirección perpendicular a la posición original de la viga, es igual al producto de $1/EI$ multiplicado por el momento del área alrededor de B de la parte del diagrama de momentos entre los puntos A y B.

Tomando diagramas de momentos por partes.

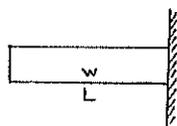
Carga	Ecuación de Momento	Diagrama de Momento	Area	x
	$M = -C$		bh	$b/2$
	$M = -Px$		$bh/2$	$b/3$

Carga

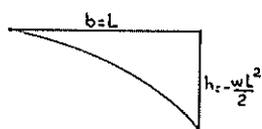
Ecuación
de MomentoDiagrama
de Momento

Área

x

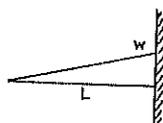


$$M = -wx^2/2$$

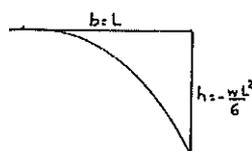


$$bh/3$$

$$b/4$$



$$M = -wx^3/6L$$



$$bh/4$$

$$b/5$$

APENDICE EPROGRAMA RO-CA

Programa en Lenguaje BASIC que calcula las Fuerzas de Arfada, Cabeceo y Rolido

```

10 PRINT "INGRESE LOS VALORES DE:"
20 OPTION BASE 1
30 DIM B(5),T(5),SN(5),SIG(5),SSN(5),X(5)
40 INPUT "ESLORA m. ";L
50 INPUT "MANGA m. ";B
60 INPUT "PUNTAL m. ";H
70 INPUT "VELOCIDAD m/seg.";VELO
80 INPUT "DESPLAZAMIENTO ton. ";DESP
90 INPUT "ANGULO DE ENCUENTRO rad. ";MIU
100 INPUT "GRAVEDAD m/seg^2";GRAV
110 INPUT "PESO ESPECIFICO DEL AGUA ton/m^3";PEES
120 INPUT "ALTURA DE LA OLA m. ";ALTO
130 INPUT "ALTURA METACENTRICA m. ";GMT
140 PRINT "INGRESE LOS VALORES DE MANGAS Y CALADOS"
150 FOR I=1 TO 5
160 INPUT B(I),T(I)
170 NEXT I
180 PI=3.1415927
190 WW=SQR(2*PI*GRAV/L)
200 WE=WW-WW^2*VELO*COS(MIU)/GRAV
210 ASUM=0
220 BSUM=0
230 CSUM=0
240 DSUM=0
250 AASU=0
260 BBSU=0
270 CCSU=0
280 DDSU=0
290 BBBS=0
300 DDDS=0
310 FOR I=1 TO 5
320 SN(I)=B(I)*T(I)
330 FAC1=WE^2*B(I)/(2*GRAV)
340 FAC2=B(I)/T(I)
350 FAC3=SN(I)/B(I)*T(I)
360 PRINT "CON LOS VALORES SIGUIENTES ACUDIR A DYNAMIC OF
MARINE VEHICLES DE BATTACHARYYA, TABLAS DE PAGS. 41,44,47"
370 PRINT "WE^2*B/(2*GRAV)=";FAC1
380 PRINT "B/T=";FAC2
390 PRINT "SN/(B*T)=";FAC3
400 SSN(I)=B(I)/(2*T(I))
410 PRINT "B/(2*T)=";SSN(I)
420 IF I=1 THEN SIG(I)=3*L/8
430 IF I=4 THEN SIG(I)=-(L/8)
440 IF I=2 THEN SIG(I)=L/8
450 IF I=5 THEN SIG(I)=-(3*L/8)
460 IF I=3 THEN SIG(I)=0

```

```

470 FS=1
480 IF I=2 OR I=4 THEN FS=4
490 IF I=3 THEN FS=2
500 IF I=1 OR I=5 THEN X(I)=L/2
510 IF I=2 OR I=4 THEN X(I)=L/4
520 IF I=3 THEN X(I)=0
530 PRINT "INGRESE EL VALOR DEL COEFICIENTE DE MASA ANADIDA
C"
540 INPUT C
550 APRO=C*PEES*PI*(B(I)^2)/(8*GRAV)
560 ASUM=ASUM+APRO*FS
570 PRINT "INGRESE EL VALOR DE LA RELACION DE AMPLITUD A"
580 INPUT A
590 BPRO=PEES*GRAV*(A^2)/(WE^3)
600 BSUM=BSUM+BPRO*FS
610 CPRO=PEES*B(I)
610 SUM=CSUM+CPRO*FS
620 DPRO=B(I)*COS(2*PI*X(I)*COS(MIU)/L)/2
630 DSUM=DSUM+DPRO*FS
640 ACAB=APRO*(SIG(I)^2)*FS
650 AASU=AASU+ACAB
660 ECAB=BPRO*(SIG(I)^2)*FS
670 BBSU=BBSU+ECAB
680 CCAB=CPRO*(SIG(I)^2)*FS
690 CCSU=CCSU+CCAB
700 DCAB=B(I)*X(I)*SIN(2*PI*X(I)*COS(MIU)/L)/2*FS
710 DDSU=DDSU+DCAB
720 PRINT "B(I)/(2*T(I))=";B(I)/(2*(T(I)))
730 INPUT "INGRESE EL VALOR DE DFI";DFI
740 BROL=PEES*GRAV*(B(I)^2/4)*DFI*WE*(B(I)^2)/(GRAV^2*4)
750 BBBS=BBBS+BROL*FS
760 DROL=(B(I)/2)^3*COS(2*PI*X(I)*COS(MIU)/L)*FS
770 DDDS=DDDS+DROL
780 NEXT I
790 MAAN=L*ASUM/15
800 AA=MAAN+DESP/GRAV
810 AB=L*BSUM/15
820 AC=L*CSUM/15
830 AD=2*PEES*ALTO*L*DSUM/15
840 WZ=SQR(AC/AA)
850 AG=WE/WZ
860 AK=AB/((2*AA)*WZ)
870 AE2=ATN(2*AK*AG/(1-AG^2))
880 Z=AD/(AC*SQR((1-AG^2)^2+(2*AK*AG)^2))
890 AS1=-ALTO*((WE^2)+Z*(WE^2)*COS(AE2))
900 AS2=-ALTO*(WE^2)*COS(AE2)+Z*(WE^2)
910 ZET2=AS1
920 IF AS2>ZET2 THEN ZET2=AS2
930 PRINT " ARFADA "
940 PRINT "ZETA= ";Z;"metros"
950 PRINT "ZETA DOS= ";ZET2;" metros/seg2"
960 MIAN=L*AASU/15
970 CA=DESP*((25*L)^2)/GRAV+MIAN
980 CB=L*BBSU/15

```

```

990 CC=L*CCSU/15
1000 MCAB=2*PEES*ALTO*L*DDSU/15
1010 PRINT "CABECED"
1020 PRINT "MOMENTO DE CABECED= ";MCAB;"ton-metro"
1030 CG=WE/SQR(CC/CA)
1040 CK=CB/(2*CA*SQR(CC/CA))
1050 TETA=MCAB/((SQR(91-CG^2)^2+(2*CK*CG)^2))*CC)
1060 CEA2=ATN(2*CK*CG/(1-CG^2))
1070 TET2=-TETA*(WE^2)
1080 CT=(PI/2+CEA2)/WE
1090 PRINT "TETA= ";TETA;"radianes"
1100 PRINT "TETA DOS= ";TET2;"radianes/seg2"
1110 ARO=DESP*((.39*B)^2)/GRAV
1120 BRO=L*BBBS/15
1130 CRO=DESP*GMT
1140 MOME=4*SIN(MIU)*DDDS*PEES*PI*ALTO/45
1150 RG=WE/SQR(CRO/ARO)
1160 RK=BRO/SQR(4*ARO*CRO)
1170 FIA=MOME/(CRO*SQR((1-RG^2)^2+(2*RG*RK)^2))
1180 RE2=ATN(BRO*WE/(CRO-ARO*(WE^2)))
1190 FI2=FIA*(WE^2)
1200 PRINT "ROLIDO"
1210 PRINT "MOMENTO DE ROLIDO= ";MOME;"ton-metro"
1220 PRINT "FI DE A= ";FIA;"radianes"
1230 PRINT "FI DE 2= ";FI2;"radianes/seg2"
1240 END

```

BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, Geometric Properties of Structural Sections (Steel), American Bureau of Shipping, New York, 1959.
2. AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, Rules for Building and Classing Steel Barges for Offshore Service, A.B.S., New York, 1973.
3. BAKER, C. Drilled Piers and Caissons: Construction under Slurry, Non Destructive Integrity Evaluation, Load Testing, Geotechnical Behavior under Load, American Society of Civil Engineers, New York, 1985.
4. BHATTACHARYYA, R. Dynamics of Marine Vehicles, John Wiley & Sons, New York, 1976.
5. BISHOP, R. NEVES, M. On the Stability of Ships in Calm Water, University College of London, London, 1980.

6. COMSTOCK, J. Principles of Naval Architecture, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, New York, 1967.
7. D'ARCANGELO, A. A Guide to Sound Ship Structures, Cornell Maritime Press Ind., Cambridge, 1964.
8. D'ARCANGELO, A. Ship Design and Construction, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, New York, 1969.
9. DA SILVA, S. HIRATA, K. The Up-Ending of a 48 m. Jacket-Full Scale Measurements Considerations, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de Sao Paulo S.A., Sao Paulo, 1982.
10. DICKIE, D. Crane Handbook, Butterworths, London, 1975.
11. DIRECCION GENERAL DE LA MARINA MERCANTE, Registros de las Embarcaciones Pesqueras, DIGMER, Guayaquil, 1987.
12. FOX, R. McDONALD, A. Introduction to Fluid Mechanics, John Wiley & Sons, New York, 1973.
13. GERTLER, M. A Reanalysis of the Original Test Data for The Taylor Standard Series, Navy Department, The David M. Taylor Model Basin, Washington, 1954.

14. GHOSH, S. HUANG, E. A Rational Approach to the Design of a Pipelay/Derrick Semisubmersible Barge, Transactions of S.N.A.M.E., New York, 1979.
15. HOERNER, S. Fluid-Dynamic Drag, Butterworths, London, 1965.
16. KARASSIK, I. KRUTZSCH, W. FRASER, W. MESSINA, J. Pump Handbook, Second Edition, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1986.
17. KOSSA, M. Stability and Roll Motions of Ocean Barges, The Fourth International Tug Convention, Thomas Reed Industrial Press, Ltd., Sunderland, 1976.
18. LATORRE, R. ASHCROFT, F. Recent Developments in Barge Design, Towing and Pushing, Marine Technology, S.N.A.M.E., 1981.
19. LEVY, H. & SARNAY, M. Capital Investment and Financial Decisions, Third Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1986.
20. MARISCAL, C. Conceptos Básicos en la Evaluación Tecnoeconómica de Barcos Pesqueros, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, 1984.

21. MARISCAL, C. ORTEGA, V. Descripción de la Flota Pesquera Nacional, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, 1985.
22. MORIMOTO, K. Feasibility Study of Container Crane Relocation by Offshore Deck Cargo Barge, University of Hawaii, Honolulu, 1973.
23. NEVES, M. Estudo dos Efeitos das Ondas na Estabilidade Dinamica dos Navios, 9o. Congresso Nacional de Transportes Maritimos e Construcao Naval, Rio de Janeiro, 1982.
24. NOJIRI, N. OHMACHI, M. MITA, S. Coupled Motions Between Crane Barge and Hook Load in Regular Waves, Transactions of the West-Japan Society of Naval Architects, Tokio, 1980.
25. NOJIRI, N. SASAKI, T. Motion Characteristics of Crane Vessels in Lifting Opeation, Offshore Technology Conference, Houston, 1983.
26. O.C.M.I. Convenio Internacional sobre Lineas de Carga, O.C.M.I., London, 1966.
27. O'DOGHERTY, F. Comportamiento en la Mar de Buques Pesqueros, Ingeniería Naval, Madrid, 1974.

28. OSBOURNE, A. Modern Marine Engineer's Manual, Volume I, Second Edition, A. Bayne Neild, Jr., Editor in Chief, Cornell Maritime Press, Inc., Centreville, 1965.
29. POULOS, H. G. DAVIS, E. H. Pile Foundation Analysis and Design, John Wiley & Sons, New York, 1976.
30. SCHELTEMA DE HEERE, R. BAKER, A. Buoyancy and Stability of Ships, Culemborg, 1969.
31. SINGER, F. Strength of Materials, Harper & Brothers Publishers, New York, 1962.
32. SMITH, G. Engineering Economy, Analysis of Capital Expenditures, The Iowa State University Press, Ames, 1968.
33. TAGGART, R. Ship Design and Construction, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, New York, 1980.
34. TAYLOR, G. Ingenieria Económica, Editorial Limusa, México, 1980.
35. WATSON, D. G. M. GILFILLAN, A. W. Some Ship Design Methods, The Royal Institution of Naval Architects, London, 1976.