

ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MARITIMA Y CIENCIAS DEL MAR

"PROYECTO DE CONSTRUCCION DE UN CATAMARAN PARA SERVICIO DE
MANTENIMIENTO DE FAROS Y BOYAS EN LA COSTA ECUATORIANA"

TESIS DE GRADO
PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO NAVAL

PRESENTADA POR:
VICTOR HUGO ORTEGA QUIMZO

GUAYAQUIL-ECUADOR
1.982

AGRADECIMIENTO

AL ING. SANTIAGO RIOFRIO DAVALOS,
M. Sc. Director de Tesis, por su
invalorable ayuda y presta colabora
ción en la realización y culmi-
nación de este trabajo.

Al Sr. OSSIAN FRYDSON L.
por su invalorable colabora
ción y acertados consejos.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Julio C. Ortega Arias

Zoila I. Quimzo de Ortega

por su noble abnegación.

A MI ESPOSA e HIJA

Lucrecia Lucero de Ortega

Zoila A. Ortega Lucero

A MIS PROFESORES *y*

COMPANEROS CONTEMPORANEOS

ING. SANTIAGO RIOFRIO D., Ms. C.
Director de Tesis

DECLARACION EXPRESA

"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).

VICTOR H. ORTEGA QUIMZO

RESUMEN

El propósito de esta tesis, es el de obtener el diseño preliminar que, basados en los resultados experimentales sobre modelos de catamaran, tales como los estudios realizados por H. Turner y A. Taplin, conlleven a seleccionar los parámetros significativos para el diseño final; presentando adicionalmente dos alternativas de formas de semi-casco para obtener la selección final en términos de resultados hidrodinámicos.

Dentro del desarrollo de la ingeniería del proyecto, se ha realizado el estudio de estabilidad en su operación crítica de trabajo, el dimensionamiento de escantillones basados sobre las reglas de construcción del American Bureau of Shipping, así como su arreglo general y capacidades. Los requerimientos planteados han sido satisfechos en el cumplimiento del objetivo fundamental, en términos de facilidades de operación, capacidad y rendimiento de trabajo.

Se ha considerado dentro del análisis correspondiente, la situación actual sobre el mantenimiento de boyas, costos de operación, costos de construcción y cuadro comparativo de costos operacionales entre el sistema actual y el propuesto en este proyecto.

SIMBOLOS Y ABREVIATURAS USADAS

L	: Eslora del mono-casco o catamaran
L.W.L.	: Eslora en línea de flotación
L.B.P.	: Eslora entre perpendiculares
B	: Manga del mono-casco
W	: Manga del catamaran
D	: Puntal
d	: Calado
di	: Calado inicial
df	: Calado final
s	: Separación entre cascos del catamaran
Fb	: Francobordo
Ls	: Eslora del prototipo
Lm	: Eslora del modelo
Bm	: Manga del modelo
Bs	: Manga del prototipo
ds	: Calado del prototipo
dm	: Calado del modelo
S	: Superficie mojada
Ss	: Superficie mojada del prototipo
Sm	: Superficie mojada del modelo
V	: Velocidad en (nudos)

VIII

v	: Velocidad en (m/seg.)
V_s	: Velocidad del prototipo
V_m	: Velocidad del modelo
A_{xc}	: Area seccional del catamaran
A_{xs}	: Area seccional del mono-casco
A_{ws}	: Area plano de flotación del mono-casco
KG	: Altura del centro de gravedad
KB	: Altura del centro de boyantez
I_{ls}	: Inercia longitudinal del mono-casco
I_{ts}	: Inercia transversal del mono-casco
BM_{ls}	: Radio metracéntrico longitudinal del mono-casco
BM_{ts}	: Radio metracéntrico transversal del mono-casco
I_{lc}	: Inercia longitudinal del catamaran
I_{tc}	: Inercia transversal del catamaran
BM_{tc}	: Radio metracéntrico transversal del catamaran
BM_{lc}	: Radio metracéntrico longitudinal del catamaran
GM_{lc}	: Altura metracéntrica longitudinal del catamaran
GM_{tc}	: Altura metracéntrica transversal del catamaran
MTC_m	: Cambio de asiento un centímetro
$MH \ 1$: Momento de escora a un grado
$T.C.G.$: Posición transversal del centro de gravedad
R_f	: Resistencia friccional del mono-casco
R_r	: Resistencia residual del mono-casco
R_t	: Resistencia total del mono-casco
R_{fs}	: Resistencia friccional del prototipo

IX

R_{rs}	:	Resistencia residual del prototipo
R_{fm}	:	Resistencia friccional del modelo
R_{ts}	:	Resistencia total del prototipo
R_{rm}	:	Resistencia residual del modelo
R_{tm}	:	Resistencia total del modelo
RI	:	Resistencia de interferencia
IF	:	Factor de interferencia
R_{rc}	:	Resistencia residual del catamaran
R_{tc}	:	Resistencia total del catamaran
C_{fc}	:	Coefficiente friccional del prototipo
C_{rs}	:	Coefficiente residual del prototipo
R_n	:	Número de Reynolds
t	:	Deducción de empuje
EHP	:	Potencia efectiva
BHP	:	Potencia al freno
DHP	:	Potencia desarrollada
N	:	Número de revoluciones por minuto en la máquina
n	:	Número de revoluciones por minuto con reducción
V_a	:	Velocidad de avance
B_p	:	Coefficiente de potencia
D_p	:	Diámetro de la hélice
p	:	Paso de la hélice
A	:	Area de la pala del timón
$L.C.G.$:	Centro de gravedad longitudinal



BIBLIOTECA
FAC. ING.
MARITIMA

ρ	:	Densidad del agua salada
ρ_m	:	Densidad del agua dulce
ν	:	Viscosidad del agua
ν_s	:	Viscosidad del agua salada
ν_m	:	Viscosidad del agua dulce
δ_t	:	Variación de asiento
θ	:	Angulo de escora transversal
β	:	Angulo de una ola oblicua
η_p	:	Eficiencia del propulsor
η_H	:	Eficiencia del casco
η_r	:	Eficiencia del reductor
η_{rr}	:	Eficiencia relativa rotativa
η_s	:	Eficiencia del eje
η	:	Eficiencia total
Δ_{total}	:	Desplazamiento total
Δ_{LIG}	:	Desplazamiento ligero

ABREVIATURAS

<i>t</i>	:	<i>Toneladas métricas</i>
<i>T</i>	:	<i>Toneladas largas</i>
<i>HP</i>	:	<i>Caballo de fuerza inglés</i>
<i>hp</i>	:	<i>Caballo de fuerza métrico</i>
<i>Kg</i>	:	<i>Kilogramos</i>
<i>lbs.</i>	:	<i>Libras</i>
<i>tm</i>	:	<i>Toneladas métricas - metro</i>
<i>m</i>	:	<i>Metro</i>
<i>seg.</i>	:	<i>Segundos</i>
<i>Lit.</i>	:	<i>Litros</i>
<i>Gls.</i>	:	<i>Galones americanos</i>

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	XIII
INDICE DE FIGURAS	XIV
INDICE DE TABLAS	XX
I. ANTECEDENTES	1
II. PROPOSITO DEL PROYECTO	13
III. CONCEPTOS BASICOS DEL DISEÑO DE UN CATAMARAN	15
3.1. Funciones de este tipo de em- barcación.	15
3.2. Requerimientos Básicos	17
3.3. Tipos de Catamaran y sus carac- terísticas.	26
IV. DESCRIPCION GENERAL DEL DISEÑO DEL CATAMARAN PROPUESTO	31
4.1. Tipo de Catamaran	31
4.2. Selección de dimensiones y ca- racterísticas generales.	32
4.3. Cálculos hidrostáticos y deter- minación preliminar del despla- zamiento.	40
4.4. Arreglo General: Distribución	44
4.5. Franco Bordo y Puntal	51

	Pág.
4.6. Cálculos y volúmenes.- Subdivisiones.	54
4.7. Condiciones de carga	55
4.8. Resistencia Longitudinal	59
4.9. Dimensionamiento de los <u>estructurales</u>	60
4.10. Resistencia y Potencia	65
4.11. Selección de Maquinaria	76
4.12. Autonomía	92
4.13. Manipulación de carga	98
4.14. Habitabilidad	101
4.15. Accesorios y Equipos	107
4.16. Determinación de Peso Ligeró y Peso Muerto	114
4.17. Asiento y Estabilidad (KG-GM)	129
4.18. Planificación General de <u>Construcción</u>	139
V. COSTO TOTAL DEL PROYECTO	147
5.1. Materiales: Casco y Super <u>estructura</u> .	148
5.2. Maquinaria y Equipos	148
5.3. Acomodación y Habitabilidad	151
5.4. Mano de Obra	153
5.5. Misceláneas	153

	Pág.
VI. ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS OPERATIVOS ENTRE EL SISTEMA AC TUAL Y EL PROPUESTO	158
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	174
VIII. APENDICE	176
IX. BIBLIOGRAFIA	185

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N ^o	DESCRIPCION	Pág.
1	<i>Boya tipo A "FOLMAR"</i>	5
2	<i>Boya tipo B "OSPREY"</i>	6
3	<i>Boya tipo C "ARNAV"</i>	7
4	<i>Boya tipo D "BT-42"</i>	8
5	<i>Boya tipo E "BT-54"</i>	9
6	<i>Perfil del litoral ecuatoriano</i>	10
7	<i>Catamaran primitivo</i>	16
8	<i>Vista en planta del catamaran</i>	19
9	<i>Momento flector de la plataforma del catamaran sometido a un tren de olas transversales.</i>	24
10	<i>Momento torsional de la plataforma del catamaran debido a un tren de olas oblicuas.</i>	25
11	<i>Sección transversal típica del <u>ca</u>tamaran.</i>	42
12	<i>Curva de interpolación</i>	56
13	<i>Cuaderna armada típica</i>	61
14a	<i>Cuaderna armada longitudinal</i>	62
14b	<i>Puente sección longitudinal</i>	63

XVII

FIGURA N°	DESCRIPCION	Pág.
15	Detalles de arreglo del codaste	81
16	Boya típica en su fondeadero	100
17	Vista transversal con la boya izada	136
18	Curva "S" avance de mano de obra	144

INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE

FIGURA N°	DESCRIPCION	Pág.
1	Catamaran con mono-cascos simétricos, tipo (1A)	177
2	Catamaran con mono-cascos asimétricos, tipo (1B)	177
3	Catamaran con mono-cascos asimétricos, tipo (1C)	178
4a	Curvas para factores de interferencia.	179
4b	Curvas para factores de interferencia, continuación	180
5	Curvas de BHP (vs) velocidad para un catamaran modelo (1A)	181
6	Curvas de EHP (vs) velocidad para un catamaran modelo (1A)	181
7	Curvas de EHP (vs) velocidad para los tres modelos de catamaran tipos 1A, 1B y 1C.	182
8	Modelos ASR N° 5060 y 5061 tipo simétrico y asimétrico.	182
9	Comparación de EHP para catamaran modelo N° 5060 simétrico y 5061 asimétrico.	183

FIGURA N°	DESCRIPCION	Pág.
10	Curva comparativa de resistencia residual (vs) razon velocidad-eslora para modelos 5060 y 5061.	183
11	Efectos de separación entre cascos para un EHP total a 16 nudos en los modelos ASR N° 5060 y 5061	184
12	Perfiles de olas a 16 nudos para modelos ASR N° 5060 y 5061	184



INDICE DE TABLAS

TABLA N ^o	DESCRIPCION	Pág.
1	Tipos principales de boyas	4
2	Desarrollo de selección de dimensiones según restricciones de diseño	35
3	Selección de dimensiones que cumplen con las restricciones de diseño.	36
4	Resumen de cálculo hidrostático para el mono-casco y catamaran.	66
5	Dimensionamiento del escantillonado	63-64
6	Claros de la hélice	80
7	Cálculo del $\bar{K}\bar{G}$	130
8	Diagrama del sistema de programación propuesto.	143
9	Planificación general de construcción.	146
10	Programación general de operación del catamaran.	168



I. ANTECEDENTES

SISTEMA DE BOYAS Y BALIZAMIENTO DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR

En las aguas del mar territorial de la República del Ecuador, se ha adoptado el Sistema Lateral para la ubicación de boyas y balizas. Las características de este sistema con algunas variaciones son las acordadas en la VI Conferencia Hidrográfica Internacional realizada en 1952 y están determinadas por la posición de las boyas o balizas con respecto a los canales navegables en la entrada desde el mar a los puertos.

El Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), ejerce jurisdicción en todo el Territorio Nacional, y tiene a su cargo el balizamiento de las costas, islas, canales, puerto marítimos, y fluviales del Ecuador. Ejerce control sobre el mantenimiento del balizamiento que actualmente está bajo la responsabilidad de Autoridad Portuaria de Guayaquil, y que comprende el canal de acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil, desde la boya de mar frente a Playas en la entrada del Canal del Morro, hasta el terminal marítimo, y el balizamiento del Canal de Jambell y Río Guayas. Según aprobación del Consejo Nacional de la Marina Mercante y Puertos, en sesión de marzo 24 de 1.977 (1)*.

* Número entre parentesis, indican la ordenación de la referencia citada al final.

SISTEMA ACTUAL DE MANTENIMIENTO DE BOYAS EN EL PAIS

En la actualidad el servicio de mantenimiento de boyas, es ejercido básicamente por dos organismos del estado sobre sus respectivas áreas a su responsabilidad, resumidas como sigue:

- a) El INOCAR, presta su servicio actualmente, por medio de un buque de investigación oceanográfica-hidrográfica denominado BAE "Orion", el mismo que hacia popa presenta una estructura formada por dos pescantes, con la finalidad de izar o bajar pesos de hasta 10 ton. usados para fines de exploración marina y que como servicio adicional, se presta para la operación de mantenimiento de las boyas cuyo sistema es el de transportar sobre cubierta a popa, el sitio de operaciones, para someterlo a las reparaciones correspondientes.
- b) En lo que concierne a la Autoridad Portuaria de Guayaquil, su sistema actual de operación de mantenimiento de las boyas, cuenta como unidad, la gabarra "PUNTA DE DIAMANTES", que posee una grúa autopropulsada acoplada a la cubierta y de una capacidad de izada entre 10 a 15 toneladas.

Esta unidad en sí, no realiza su trabajo de mantenimiento en el sitio de ubicación de la boya en el mar, si no

que, transporta la boya sobre su cubierta y lo trae al puerto, donde se realiza su respectivo carenamiento, para posteriormente transportarla a su ubicación correspondiente. En cuanto al mantenimiento de las luces de navegación que poseen las boyas, este se realiza en la misma unidad, llevando consigo los cilindros de gas, baterías y demás accesorios para este fin.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS BOYAS MAS COMUNES

A lo largo de toda la costa ecuatoriana y región insular, existen una gran variedad en cuanto a tipos de boyas lumínicas y ciegas, así como sus dimensiones, peso y servicio que prestan como material de construcción.

Por lo tanto, para efectos de este proyecto se va a considerar como parámetros de referencia para el diseño de la embarcación propuesta, los siguientes tipos de boyas principales en consideración a los criterios antes mencionados, seleccionándolos de tal manera en tres grupos, esto es: pequeñas, medianas y grandes, detalladas en la Tabla N° 1 y sus figuras N° 1 al N° 5.

NECESIDADES MANIFESTADAS PARA LOS ORGANISMOS QUE PRESTAN EL SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE BOYAS EN EL ECUADOR

A. INOCAR, es el organismo principal de dar cumplimiento, -

TIPOS PRINCIPALES DE BOYAS

TABLA# 1	Boyas Pequeñas			Boyas Medianas		Boyas Grandes
	Tipo - A	Tipo - B	Tipo - C	Tipo - D	Tipo - E	
Características	Boya luminica fuante, destinados a lóares menos expuestos toles como: canales, estuarias, etc.	Boya luminica "óspare" destinado al uso en alta mar, canales, profundos, estu- rios expuestos.	Boya luminica ARUM, destinado al uso en alta mar y canales profundos.	Boya luminica BT-42, destinados a canales profundos y alta mar	Boya luminica BT-54, destinada a canales profundos y alta mar.	
Materiales de Construcción	Plástico reforzado con fibra de vidrio	Plástico reforzado con fibra de vidrio	Estructura total con planchas shipbuilding y perfiles de hierro	Estructura total metálica.	Estructura total metálica	
	altura total	5.33 m (17'-9")	6.48 m. (21'-3")	8.62 m (28'-3")	8.90 m.	11.00 m.
Dimensiones	Diámetro	1.53 m. (5'-0")	2.18 m. (7'-2")	2.00 m. (6'-7")	1.80 m.	2.20 m.
	Calado	2.28 m. (7'-6")	2.28 m. (9'-3")		4.50 m.	6.00 m.
	Peso total	1780. Kg.	3500 Kg.	2450. Kg.	3500. Kg.	6.000. Kg
Figura #	1	2	3	4	5	

BOYA TIPO (A)
FULMAR

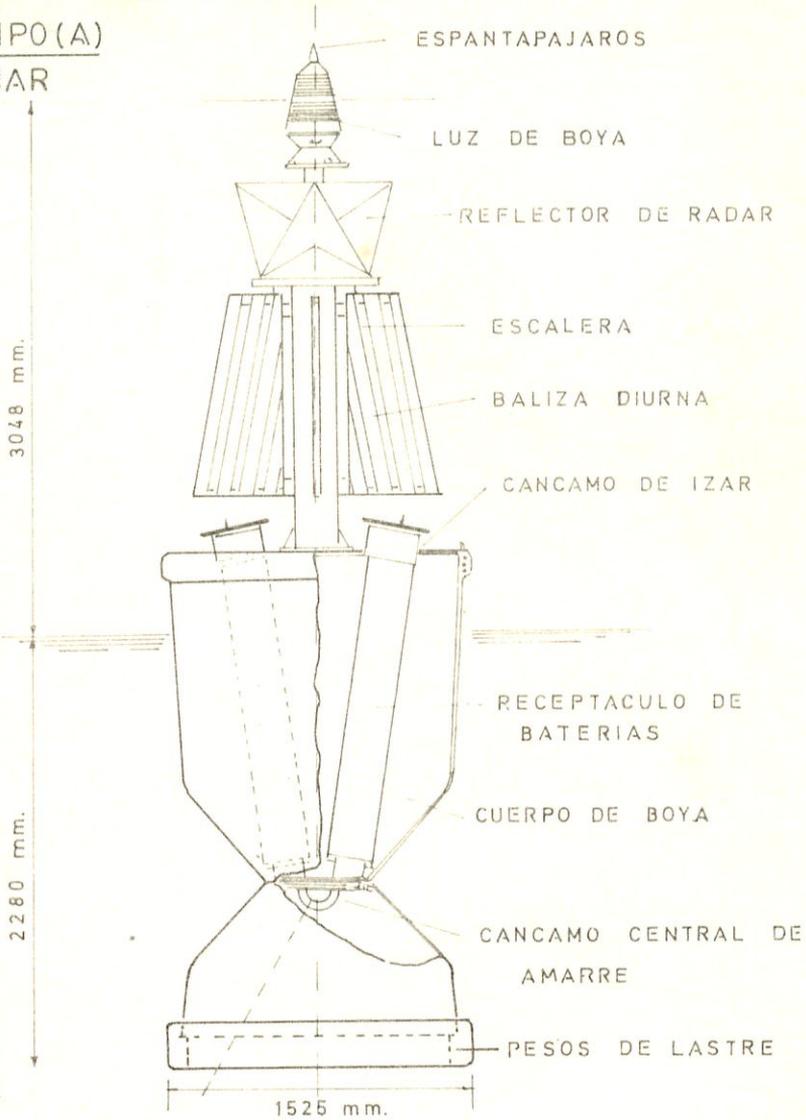


Fig N° 1

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA BOYA "FULMAR"

ALTURA TOTAL DESDE LA BASE	5.328 M.
DIAMETRO	1.525 M.
CALADO APROX.	2.280 M.
PESO EN SERVICIO (excluyendo amarre)	1780. Kg.
DIAMETRO MINIMO DE LA CADENA DE AMARRE	0.025 M.
CARGA MAXIMA DE AMARRE	272. Kg.
PESO DE LASTRE	1000. Kg.
BATERIAS RECARGABLES TIPO ACUMULADOR DE TRES ELEMENTOS	

BOYA TIPO (B)

"OSPREY"

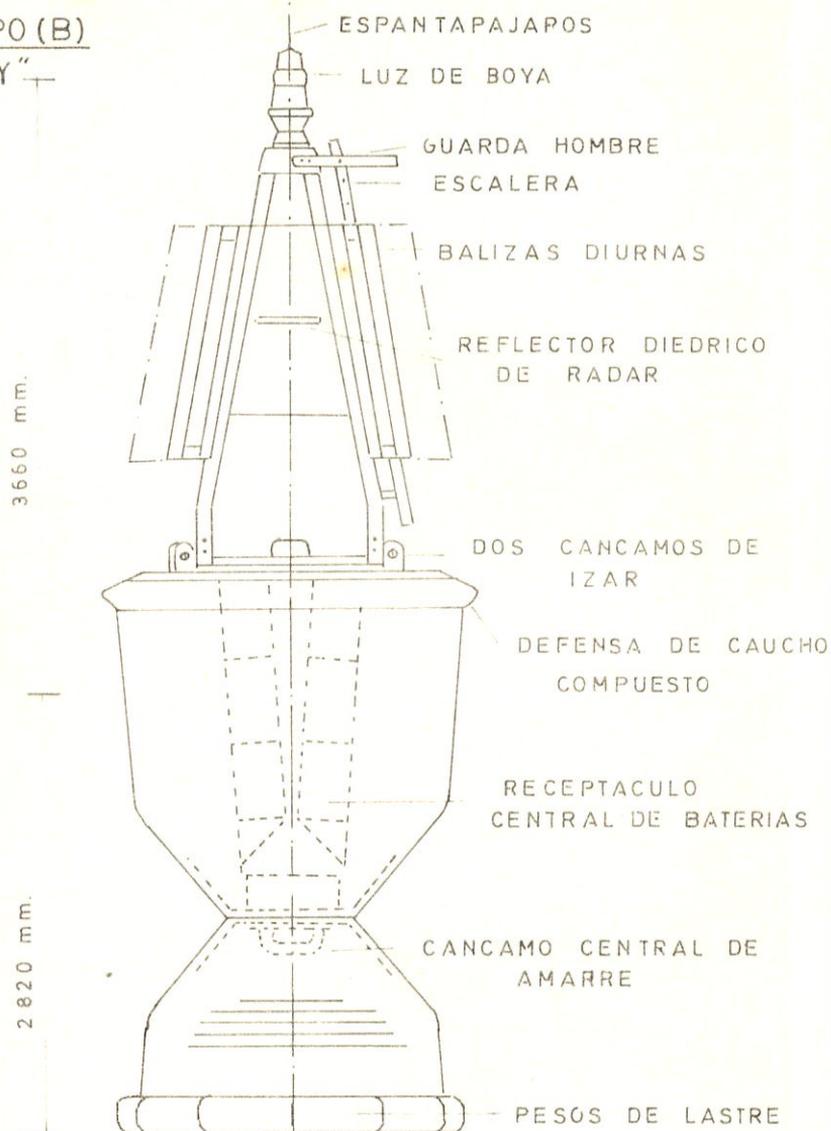


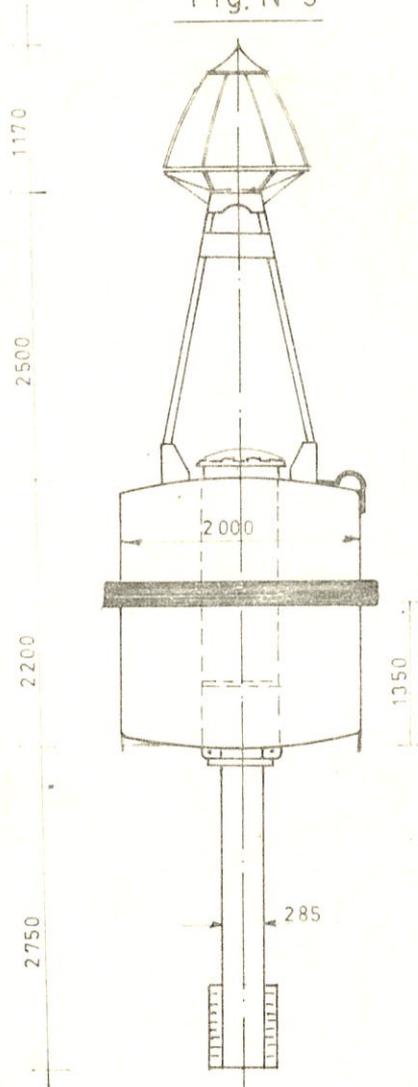
Fig. N° 2

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA BOYA "OSPREY"

ALTURA TOTAL DESDE LA BASE	6.480 M.
DIAMETRO	2.184 M.
CALADO APROXIMADO	2.820 M.
PESO EN SERVICIO (excluyendo amarres)	3500. Kg.
DIAMETRO MINIMO DE CADENA DE AMARRE	0.032 M.
CARGA MAXIMA DE AMARRE	455. Kg.
PESO DEL LASTRE	1700. Kg.
BATERIAS RECARGABLES DE HASTA 12 ELEMENTOS	

BOYA TIPO (C)
"ARSNV"

Fig. N° 3



$$\frac{KG}{h_{total}} = 0.34$$

**ESPECIFICACIONES TECNICAS
DE LA BOYA DE
ARSNV**

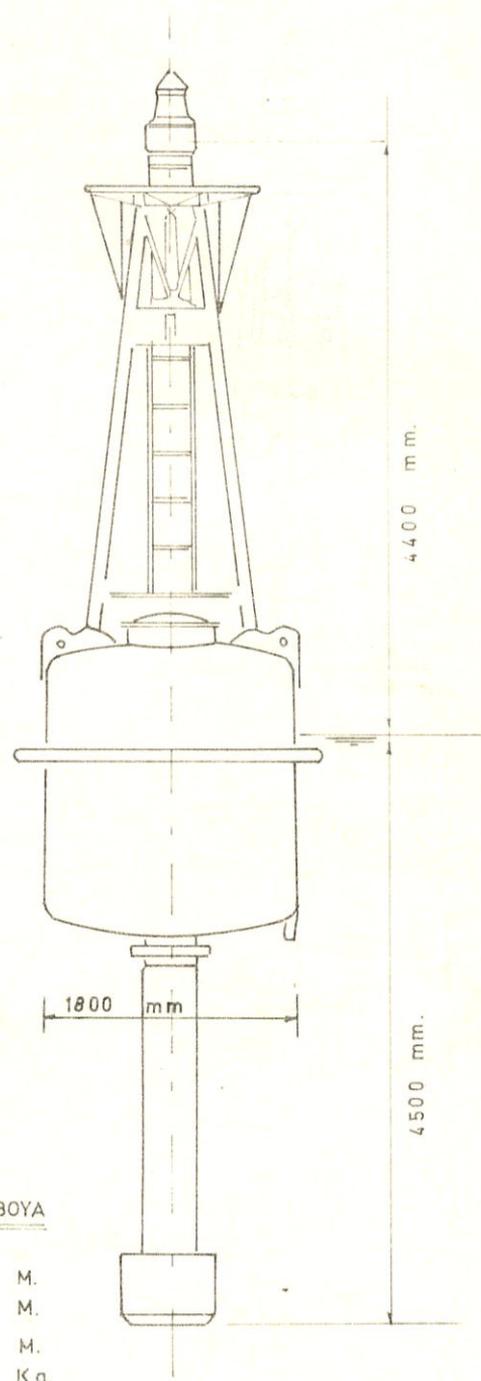
PESO DE LA BOYA	4.743 Lbs.
PESO ADICIONAL	1.937 "
PESO TOTAL	6.680 "
KG	2,95 mt.
GM	
MATERIAL	ACERO NAVAL



BIBLIOTE
FAC. ING.
MARITIMA

BOYA TIPO(D)
"BT-42"

Fig N° 4



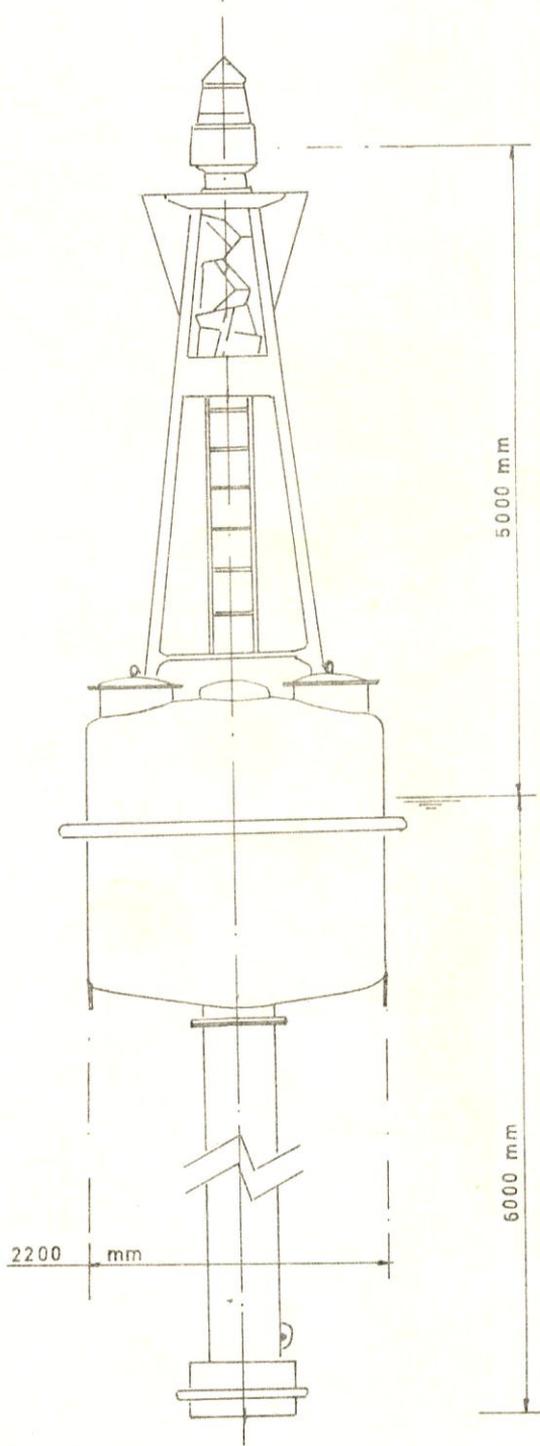
ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA BOYA

ALTURA TOTAL	8.9 M.
DIAMETRO	1.8 M.
CALADO APROX.	4.5 M.
PESO SIN AMARRES	3500 Kg.
PESO MAX. AMARRES	400 Kg.
PESO DE LASTRE	1500 Kg.
MATERIAL	ACERO NAVAL

BOYA TIPO (E)
"BT-54"

FIG N° 5

HG ≈ 3.74 m.

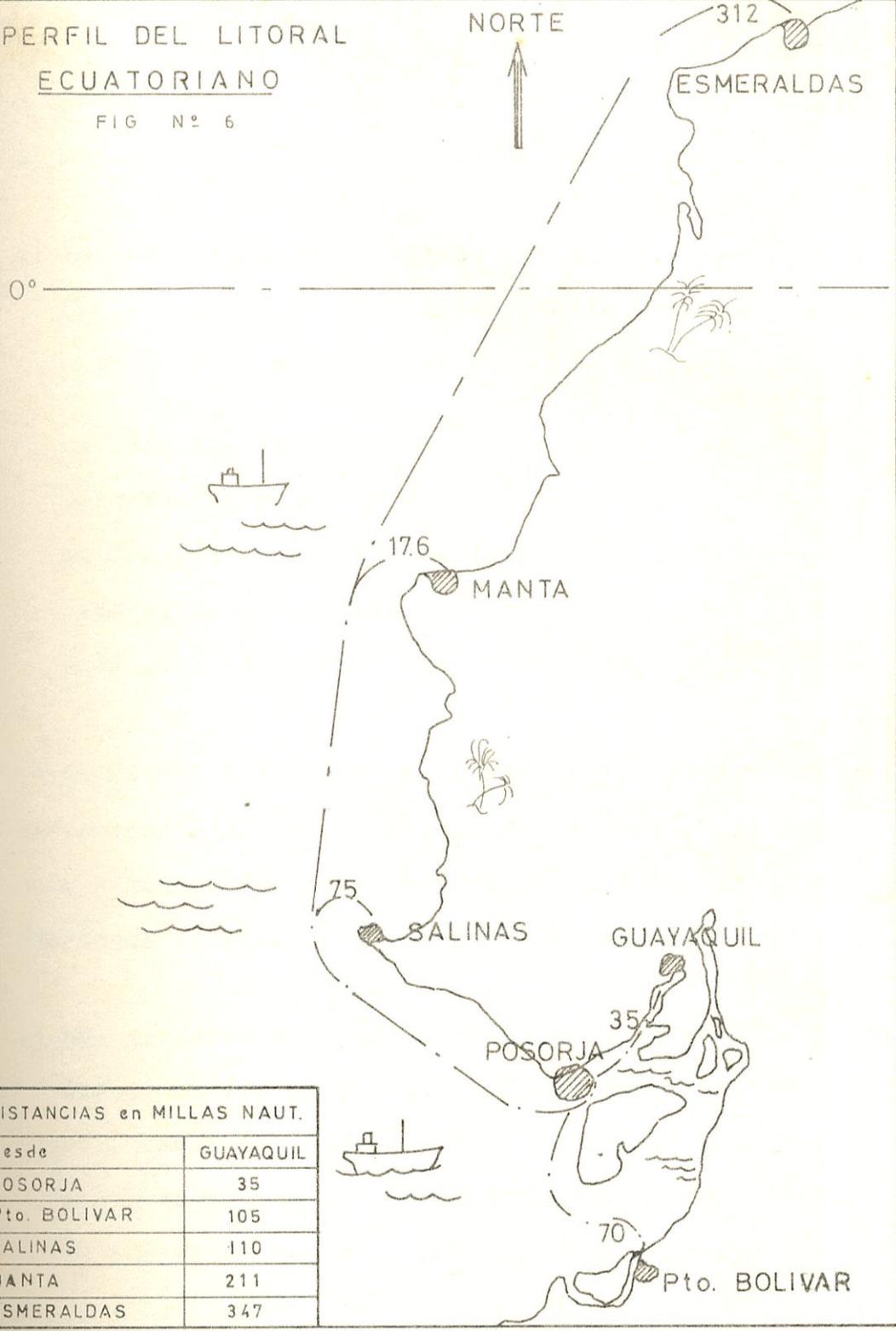


ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA BOYA

DIAMETRO	2.20	M.
ALTURA TOTAL	11.00	M.
CALADO APROX.	6.00	M.
PESO SIN AMARRE	4900.	Kg.
PESO MAX. AMARRE	1000	Kg.
PESO DE LASTRE	1500.	Kg.
MATERIAL ACERO NAVAL		

PERFIL DEL LITORAL ECUATORIANO

FIG N° 6



DISTANCIAS en MILLAS NAUT.	
desde	GUAYAQUIL
POSORJA	35
Pto. BOLIVAR	105
SALINAS	110
MANTA	211
ESMERALDAS	347

TABLA Nº 2		DESARROLLO DE SELECCION DE DIMENSIONES SEGUN RESTRICCIONES DE DISEÑO				
$V = 9 \text{ nudos}$						
	$\left(\frac{V}{1.0}\right)^2$	$\left(\frac{V}{1.01}\right)^2$	$\left(\frac{V}{1.02}\right)^2$	$\left(\frac{V}{1.03}\right)^2$	$\left(\frac{V}{1.04}\right)^2$	$\left(\frac{V}{1.05}\right)^2$
$L \text{ (pies)}$	81.00	79.40	77.85	76.35	74.889	73.469
$V/\sqrt{L} = 1.0 \quad L = 24.69 \text{ m (81.0 pies)} \quad W = 11.0 \text{ m (36.09 pies)}$						
	$\frac{W-0.08L}{2}$	$\frac{W-0.09L}{2}$	$\frac{W-0.10L}{2}$	$\frac{W-0.11L}{2}$	$\frac{W-0.12L}{2}$	_____
$B \text{ (m.)}$	4.513	4.39	4.266	4.143	4.019	
$s = W - 2B \text{ (m)}$	1.975	2.222	2.469	2.716	2.963	
$V/\sqrt{L} = 1.01 \quad L = 24.20 \text{ m (79.40 pies)} \quad W = 11.0 \text{ m (36.09 pies)}$						
$B \text{ (m)}$	4.533	4.412	4.291	4.17	4.049	
$s = W - 2B \text{ (m)}$	1.936	2.178	2.42	2.662	2.90	
$V/\sqrt{L} = 1.02 \quad L = 23.73 \text{ m (77.85 pies)} \quad W = 11.0 \text{ m (36.09 pies)}$						
$B \text{ (m)}$	4.552	4.433	4.314	4.196	4.077	
$s = W - 2B \text{ (m)}$	1.898	2.136	2.373	2.61	2.848	
$V/\sqrt{L} = 1.03 \quad L = 23.27 \text{ m (76.35 pies)} \quad W = 11.0 \text{ m (36.09 pies)}$						
$B \text{ (m)}$	4.57	4.453	4.337	4.221	4.104	
$s = W - 2B \text{ (m)}$	1.862	2.095	2.328	2.56	2.793	
$V/\sqrt{L} = 1.04 \quad L = 22.83 \text{ m (74.889 pies)} \quad W = 11.0 \text{ m (36.09 pies)}$						
$B \text{ (m)}$	4.588	4.473	4.359	4.245	4.131	
$s = W - 2B \text{ (m)}$	1.826	2.055	2.283	2.511	2.74	
$V/\sqrt{L} = 1.05 \quad L = 22.39 \text{ m (73.469 pies)} \quad W = 11.0 \text{ m (36.09 pies)}$						
$B \text{ (m)}$	4.605	4.493	4.381	4.269	4.157	
$s = W - 2B \text{ (m)}$	1.792	2.016	2.24	2.464	2.688	

tanto al balizamiento de faros y boyas como una ayuda a la navegación en las Aguas Territoriales del Ecuador, como al Servicio de mantenimiento de la misma; de esto se desprenden los siguientes parámetros principales:

- a) La gran cantidad de faros, faroletas, boyas, balizas, etc., que tienen a su cargo, tanto para su provisión como para su mantenimiento.
- b) Las diferentes ubicaciones que tiene cada una de estas unidades de ayuda a la navegación a lo largo de la Costa Ecuatoriana y, Región Insular, Fig. N° 6, lo que demanda tiempo, consumos diversos y trabajo multiplicado para satisfacer dicho servicio.

B. LA AUTORIDAD PORTUARIA DE GUAYAQUIL, es el otro organismo encargado de dar cumplimiento al sistema de balizamiento y servicio de mantenimiento en su área, del cual se desprende el siguiente parámetro principal:

- a) Una cantidad apreciable de boyas a su cargo, distribuidas en los sectores del Canal del Morro, Río Guayas, Canal de Jambelí y Terminal Marítimo, lo que implica tener una periódica revisión de las mismas, para que estas unidades cumplan su servicio.

II. PROPOSITO DEL PROYECTO

COMENTARIO SOBRE LOS ANTECEDENTES

Por lo expresado en el Capítulo I, se obtienen los siguientes criterios:

- a) Ninguno de los dos organismos, INOCAR y Autoridad Portuaria de Guayaquil, poseen la unidad apropiada para realizar dichas operaciones del servicio de balizamiento y mantenimiento de las boyas.
- b) Según el sistema actual de operaciones, se manifiesta la evidente falta de facilidad de operación, multiplicación de problemas en los trabajos que realizan, fallas de coordinación y el servicio oportuno de mantenimiento.
- c) Según los criterios (a) y (b) ambos organismos han manifestado su preocupación por determinar, seleccionar y obtener la unidad apropiada para dar cumplimiento satisfactorio a sus operaciones de balizamiento y mantenimiento de boyas en virtud del notable incremento del servicio que prestan.

En consecuencia, para facilitar dichas operaciones, se ha determinado ciertos requerimientos principales que deberá cumplir la unidad seleccionada, que son:

1. Poder realizar el mantenimiento, reparación y carenamiento en el mismo sitio que se encuentra la boya.
2. Poder transportar sobre la cubierta de la embarcación seleccionada, por lo menos dos boyas de dimensiones y peso de la más grande.
3. El diseño de dicha embarcación deberá ser proyectada para navegar en canales, ríos, e inclusive en alta mar, con propulsión y autonomía no menos de 15 días, radio de acción alrededor de 600 millas náuticas y una velocidad de crucero entre 8 a 10 nudos.
4. Poseer todo un sistema para la izada como bajada de la boya desde cubierta, para realizar las faenas correspondientes y tener al mismo tiempo la maniobrabilidad y estabilidad de la embarcación para todos sus estados críticos de trabajos; y,
5. Debe tener una amplia cubierta para realizar los trabajos correspondientes, la habitabilidad necesaria para su tripulación, espacios de bodegas, talleres, etc.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

El propósito de esta tesis, es presentar como PROYECTO una unidad naval apropiada para dar cumplimiento a este importante servicio, cual es, el de mantener en óptimas condiciones

el sistema de ayudas a la navegación que prestan las boyas en los principales puertos del país, así como también a los canales, ríos, etc., para la navegación de cabotaje nacional, y tráfico marítimo internacional; por consiguiente, en esta tesis se proyecta la unidad apropiada que para el servicio de ayudas a la navegación es la utilización de una embarcación tipo CATAMARAN, de formas apropiadas para el medio de operación y correctamente dimensionada para satisfaer las condiciones impuestas que se detallarán más adelante.



III. CONCEPTOS BASICOS DEL DISEÑO DE UN CATAMARAN

BIBLIOTECA
FAC. ING.
MARITIMA

CATAMARAN, nombre utilizado en las costas de Malasia, que consiste de una balsa de unos 8 m. (25 pies) de eslora y formado de tres troncos fijamente unidos y reforzados apuntada y ligeramente levantada a proa como se ve en la fig. N^o 7. En el concepto actual de Ingeniería Naval se denomina así, a la embarcación formada por dos cascos gemelos separados y unidos entre sí por una fuerte junta estructural (vigas) formando de esta manera una sola cubierta amplia, estructuralmente resistente, evitando así su movimiento relativo de unión o separación entre cascos, a causa del movimiento en el mar, su operación y propulsión.

En el desarrollo actual de la Ingeniería Naval concerniente a los diferentes tipos de proyectos y formas de un buque y, particularmente como una solución al problema de baja estabilidad transversal en el caso de buque de cascos - convencionales o sea cascos angostos, su alternativa es el diseño de un cataraman, para el cual está conocido este parámetro, tanto en yates veleros como en medianas embarcaciones de pesca comercial y en limitadas consideraciones para pequeños buques mercantes.

3.1. FUNCIONES DE ESTE TIPO DE EMBARCACIONES

Los catamaran tienen grandes condiciones marineras tan

to en maniobrabilidad, operación de trabajo en cubierta y propulsión, las mismas que son utilizadas básicamente en los siguientes casos:

1. Como embarcación de pesca
2. En embarcaciones deportivas, como yates veleros y similares.
3. Para servicios especiales de trabajos como de investigación y ciertos tipos de carga y transporte.



FIG N° 7 CATAMARAN PRIMITIVO (Utilizado en las costas de Malasia)

Y esto es debido a que, este tipo de embarcaciones presentan las siguientes características, a más de las condiciones marineras mencionadas anteriormente:

1. Capacidad de poseer una plataforma o cubierta amplia fuera de lo convencional.
2. Capacidad de elevación de pesos con escoras o ángulos de trimado mínimos.

3. Capacidad para mantener una estación si se desea.
4. Flexibilidad de calado. El calado puede ser muy gran de o muy pequeño según se desee.
5. Maniobrabilidad debido a la separación de las hélices, las que pueden estar más separadas que las de un buque con casco convencional.

2. REQUERIMIENTOS BASICOS

Los criterios básicos para el diseño de un catamaran, por sus características particulares que presenta, se reduce a tres pasos consecuentes en el desarrollo de un proyecto:

1. Criterio geométrico (selección de las formas del casco)
2. Criterio de comportamiento hidrodinámico, derivado consecuentemente del primer criterio, y
3. Criterio estructural, debido a la particularidad que presenta su junta estructural de unión entre cascos.

De acuerdo a los tres criterios expuestos, y como resultado de las investigaciones realizadas en este tipo de embarcaciones, se determina los requerimientos básicos que debe cumplir o sujetarse un proyecto racionalmente diseñado por un ingeniero naval en tanto y cuanto las

restricciones del mismo lo permitan, según el compromi
so que se tenga.

CRITERIO GEOMETRICO

En el procedimiento básico del diseño, en cuanto a la selección de las formas del casco, básicamente se toma en cuenta consideraciones hidrodinámicas para el efecto, por lo que, de acuerdo a los estudios e investigaciones experimentales se han tomado tres formas de cas
co a saber (2).

TIPO N^o 1: Catamaran con mono-cascos simétricos, figu
ra N^o 1, del apéndice.

TIPO N^o 2: Catamaran con mono-cascos asimétricos, res
pecto a la línea de crujía de cada uno, fi
gura N^o 2, del apéndice.

TIPO N^o 3: Catamaran con mono-cascos asimétricos, res
pecto a la línea de crujía del catamaran, -
figura N^o 3, del apéndice.

Para cada uno de los tipos antes indicados se detallarán sus características en el artículo que sigue.

CRITERIO HIDRODINAMICO

Primeramente introduciremos la nomenclatura básica de un catamaran, Fig. N^o 8, como base a las formulaciones a plantearse dentro del estudio hidrodinámico.

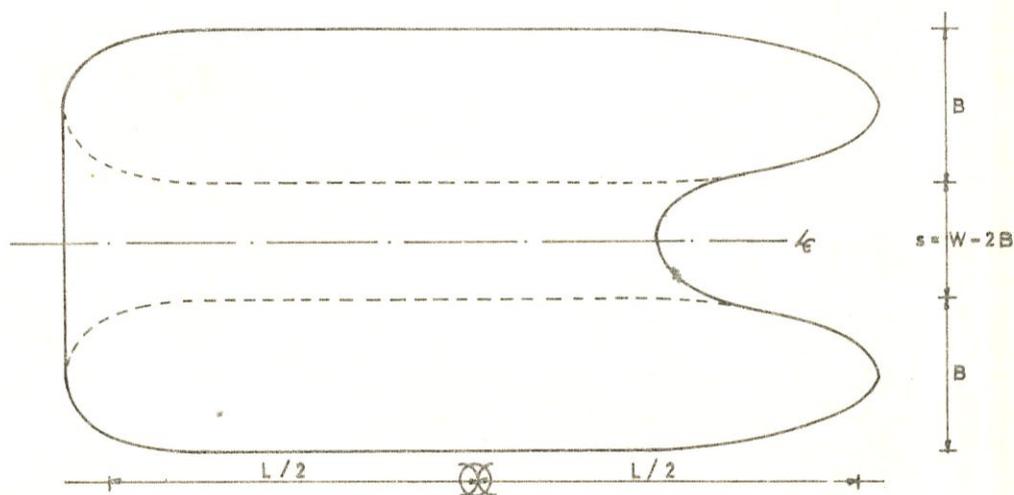


FIG N^o 8 VISTA EN PLANTA DEL CATAMARAN

donde llamaremos:

W = Manga del catamaran

B = Manga del mono casco

L = Eslora del catamaran

R_{fs} = Resistencia friccional del mono casco

R_{rs} = Resistencia residual del mono casco

RI = Resistencia por interferencia

R_{rc} = Resistencia residual del catamaran

IF = Factor de la resistencia de interferencia.

Por lo que se establece que:

La interferencia de resistencia es igual a la resistencia residual del catamaran menos la resistencia residual de los mono-cascos con separación infinita entre cascos (2), esto es:

$$RI = R_{rc} - 2 (R_{rc}) \quad (3.1)$$

El factor de interferencia, está definido como la razón entre la interferencia de resistencia a la resistencia residual de dos mono-cascos con separación infinita (2), esto es:

$$IF = \frac{RI}{2 R_{rs}} \quad (3.2)$$

A continuación se presenta los resultados experimentales con modelos probados en base a los tres tipos propuestos llevados a cabo por H. Turner y A Taplín (2).

1. Los resultados para los varios modelos examinados, han demostrado que el factor de interferencia de resistencia (IF) negativos o cero pueden ser lograda

dos únicamente para una estrecha combinación de condiciones, esto es:

- a) Con razones velocidad-eslora (V/\sqrt{L}), alrededor de 1.1.
- b) Con razones de espaciamiento $(W - 2B)/L$ apropiados, se recomienda esté comprendida entre 0.08 y preferiblemente alrededor del valor de 0.12.

2. Los mono-cascos pueden ser diseñados por métodos convencionales, considerando que, la selección de sus dimensiones deberá ser tal que para obtener una mínima resistencia total con un 10 a 15% más la resistencia residual, pero de ningún modo que sea sumado a la resistencia friccional. Por tanto, esto llevará a considerar razones eslora-manga mayores que los usuales y razones manga-calado menores que lo usual.
3. Los modelos probados fueron conducidos para obtener números definidos para el (IF), así como para asegurar que las olas entre los mono-cascos sean aceptables con la observación de que el nivel de la superficie de flotación hacia popa suministre adecuada inmersión del propulsor. Si estas condiciones no son cumplidas, el diseño debe ser revisado en consideraciones de asimetría o variaciones en las razones de

espaciamiento o modificaciones en las formas del casco.

4. Que, de la teoría básica de la resistencia se considera la resistencia total como la suma de la resistencia friccional, la resistencia, por interferencia y la resistencia residual; porque, cuando aplicamos el criterio de un catamaran, es posible que el casco pueda tener fuerzas de sustentación y arrastre inducido, las cuales pueden obedecer a diferentes leyes. Por consiguiente, en la actualidad, aún no existe una serie standar apropiada para este tipo de embarcaciones, pero sin embargo, están siendo estudiadas para su desarrollo y extensión de la misma y de esta forma permitir una mejor predicción analítica de la resistencia sobre catamaran para cascos, de formas y diseños diferentes, y
6. De acuerdo con las pruebas experimentales con modelos, se han demostrado que el diseño de un mono-casco simétrico debe ser usado por tener buenas características de resistencia para un catamaran, a menos que se encuentre alguna otra razón específica por hechos demostrados.

CRITERIO ESTRUCTURAL

Los problemas estructurales de un catamaran, son bien diferentes respecto de los buques convencionales, así, uno de los datos requeridos, es la estimación del peso estructural del puente entre los cascos. El peso de esta estructura transversal está involucrada en función de las cargas actuantes sobre él, así como fuerzas axiales, torques, fuerzas de corte y momentos verticales, las mismas que actúan sobre la sección total de la estructura transversal y producen lo que generalmente llamamos "Esfuerzos Primarios". Estas cargas son causadas por fuerzas de inercia y fuerzas hidrodinámicas, siendo transmitidas a través - del casco a la estructura transversal.

Por consiguiente, básicamente está sujeto a dos esfuerzos principales:

- a) Esfuerzo de flexión de la plataforma en el sentido - transversal cuando la embarcación está sujeta a un tren de ondas transversales, Fig. N° 9.

En la que, la peor condición de ola será la que tenga una longitud.

$$L_w = 2 (S + B) \quad (3.3)$$

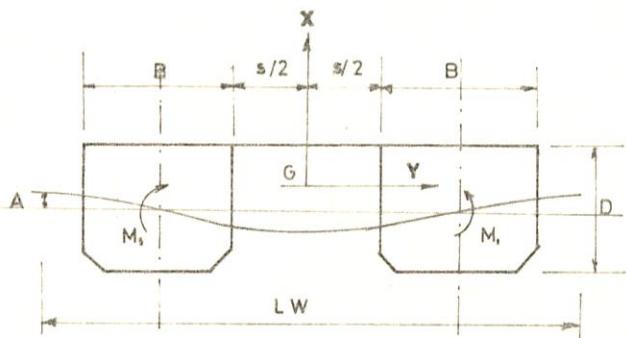


FIG N° 9 MOMENTO FLECTOR DE LA PLATAFORMA DEL CATAMARAN SOMETIDO A UN TREN DE OLAS TRANSVERSALES

Por consiguiente, esto provocará una torsión en el sentido longitudinal (M_t) para cada casco, con flexión de la plataforma en el sentido transversal.

- b) Esfuerzo de torsión de la plataforma, debido al encuentro con un tren de ondas oblicuas a la dirección longitudinal de la embarcación, Fig. N° 10.

Donde la longitud crítica y su ángulo correspondiente de la onda será:

$$L_w = 2 (S + B) \cdot \sin \beta \quad (3.4)$$

$$\beta = \arctg \left[\frac{L_w}{2 (S + B)} \right] \quad (3.5)$$

Además de estos dos esfuerzos críticos para la plataforma existen, el Momento Flector Longitudinal, cuan

do se encuentre la embarcación con un tren de ondas paralelo a la dirección longitudinal de la misma.

Por consiguiente, el cálculo correspondiente llevará a:

1. Determinar el módulo mínimo requerido para la sección de la viga-buque compuesta de dos cascos y una plataforma.
2. Calcular los momentos flectores para las condiciones de carga en:
 - a) aguas tranquilas y,
 - b) en quebranto y arrufo con altura significativa de la ola promedio.

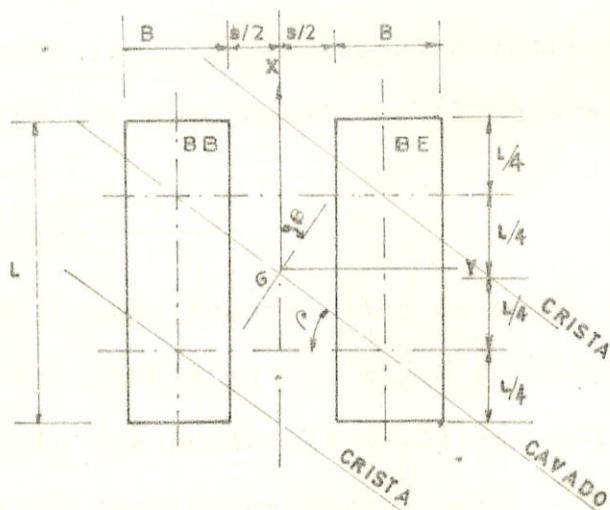


FIG N° 10 MOMENTO TORSIONAL DE LA PLATAFORMA DEL CATAMARAN DEBIDO A UN TREN DE OLAS OBLICUAS



BIBLIOTECA
FAC. ING.
MARITIMA

3. TIPOS DE CATAMARAN Y SUS CARACTERISTICAS

Como se dijo en la sección anterior, se plantea básicamente tres tipos de catamaran desde el punto de vista de sus formas de casco (2), esto es:

TIPO N^o 1: Catamaran con mono-cascos simétricos, figura N^o 1, del apéndice.

TIPO N^o 2: Catamaran con mono-cascos asimétricos, respecto a la línea de crujía de cada uno, figura N^o 2, del apéndice.

TIPO N^o 3: Catamaran con mono-cascos asimétricos, respecto a la línea de crujía del catamaran, figura N^o 3, del apéndice.

A continuación se expondrá sus características en base de los resultados experimentales obtenidos (2).

TIPO N^o 1 (MODELO 1A)

Este modelo ha sido basado sobre la serie de TOODS, debido que estos presentan una mejor probabilidad a su propulsión, la que puede ser realizada por medio de una hélice tras de cada mono-casco.

Además, presenta la facilidad de consideraciones en una

amplia variedad de los parámetros adimensionales:

L/B , C_b , $V/(L)^3$ y B/d que fueron examinados, dando lugar a reconsideraciones de los factores del tren de interferencia, tal como se muestra en la fig. N° 4a y 4b del Apéndice.

Los resultados de estos modelos sobre catamaran, con monocascos simétricos, se muestran en las figuras N° 5 y N° 6 del Apéndice.

TIPO N° 2 (MODELO 1B)

Este tipo de catamaran con mono-cascos asimétricos, figura N° 2 del apéndice, ha sido diseñado como un ensayo para reducir la interferencia de resistencia como el apilonamiento de olas entre los mono-cascos.

En la figura N° 7 del Apéndice se muestran las curvas - de EHP (vs) - VELOCIDAD, para los tres tipos de catamaran propuestos de donde claramente se observa que, para el modelo simétrico (1A), se obtiene una mayor velocidad a menor potencia (EHP) con respecto a los otros tipos.

Por consiguiente, se observa que, en el modelo 1B, se originará una alta resistencia en comparación a la del modelo 1A, además del apilonamiento de olas que se formaría entre los mono-cascos.

TIPO N° 3 (MODELO 1C)

Este segundo par de mono-cascos asimétricos, también fueron diseñados para reducir la interferencia de resistencia y el apilonamiento de olas entre los mono-cascos.

Hay que recordar la particularidad de este modelo 1C, en que su lado interior es completamente plano.

La comparación de sus resultados por las pruebas realizadas están mostradas en la fig. N°7 del Apénd. donde su alta resistencia a igual que el modelo 1B, determina que ambos modelos son inaceptables.

Además, se observó que, debido a su alta resistencia y extraordinaria longitud de olas salientes observadas sobre el extremo del casco, nos lleva a deducir lógicamente que su medio ángulo de entrada es un parámetro crítico.

Además se presentan los resultados experimentales sobre los modelos adicionalmente probados (Modelo 5060-5061), figuras N° 8, 9, 10, 11 y 12, del apéndice.

Por consiguiente, de acuerdo a los resultados antes indicados nos lleva a seleccionar el casco simétrico por presentar éste mejor comportamiento a la resistencia para un cierto rango de operaciones.



BIBLIOTECA
FAC. ING.
MARITIMA

7. DESCRIPCION GENERAL DEL DISEÑO DEL CATAMARAN PROPUESTO

1. TIPO DE CATAMARAN

De las investigaciones realizadas (2), en lo concerniente a pruebas hidrodinámicas y de resistencia con modelos, para los tres tipos básicos de formas de cascos, descrito en el capítulo anterior, así como sus resultados, ha conducido a escoger como alternativa de diseño en el catamaran, la forma de cascos tipo simétrico.

Por consiguiente, este proyecto plantea dos alternativas para la selección final del diseño de los cascos a manera comparativa, desde el punto de vista del comportamiento hidrodinámico y de resistencia, esto es:

Alternativa (a): Mono-casco de cuadernas rectas y fondo plano con perfil hidrodinámico en proa y popa, y cuerpo medio paralelo (3) - (tipo barcaza-oceánica).

Alternativa (b): Mono-casco de cuadernas curvas, forma standard (4), tipo serie - 60.

De las dos alternativas aquí planteadas, conviene citar otros criterios deducidos de los requerimientos mínimos dados por el proyecto, concerniente a:

1. En el proyecto, no fue prioritario obtener la máxima velocidad a la mínima resistencia al avance, lo que si es importante, la separación entre cascos, como criterio hidrodinámico se lo debe obtener para la mínima resistencia por interferencia de olas, ya que entre otras cosas afecta a la velocidad, estructura y maniobrabilidad.
2. En el proyecto se llevó en consideración el aspecto estructural, o sea que, se trató de minimizar el esfuerzo estructural en función de las cargas críticas y condiciones de trabajos a que estará sometido el conjunto catamaran.
3. Se consideró, el criterio de facilidad de construcción, el mismo que estará de acuerdo al tipo y formas de casco, con la finalidad de utilizar la infraestructura, mano de obra y técnica existente en el país.

2. SELECCION DE DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS GENERALES

a. Criterios para la selección de dimensiones:

De acuerdo a los resultados dados por las pruebas con modelos para catamaran (2), se sugiere los siguientes criterios de selección para el diseño:

1. El parámetro crítico para obtener la mínima resistencia por interferencia, está restringido por:

$$1.00 \leq V / \sqrt{L} \leq 1.05$$

Como se observa en la figura 5 y 11 del apéndice.

2. Para que el factor de resistencia por interferencia (IF) sea negativo, se requiere espaciamientos entre cascos ($W-2B$), alrededor de $1/4$ a $1/3$ de la eslora; aunque esto nos implique un alto costo debido a la fuerte junta estructural del puente entre los cascos, por lo que fue necesario examinar previamente las exigencias físicas del proyecto.

3. Así también, como punto referencial en el diseño y para la mínima interferencia, se presenta el siguiente criterio para la razón de espaciamiento entre cascos, y tomando en cuenta la restricción dada por la razón velocidad-eslora, tenemos que:

$$0.08 \leq \frac{W - 2B}{L} \quad (\text{De preferencia en torno el valor de } 0.12)$$

- b. Requerimientos físicos del proyecto:

1. Si consideramos como dato el diámetro de la boya más grande (ver cuadro N° 1) y su claro mínimo correspondiente entre boya-casco, tenemos:

- Diámetro de la boya = 2.20 m.
- Claro mínimo establecido 0.54 m. (0.27 m. c/lado)
- Separación entre cascos 2,74 m.

2. Considerando el área de trabajo sobre cubierta requerido en término de las dimensiones de las boyas mayores tenemos que dicha longitud es de 11 m. - (36.08 pies). Por consiguiente, tomando este dato como parámetro de selección se establece que, la manga requerida para el catamaran sería:

$$W = 11.00 \text{ m. (36.08 pies)}$$

3. Se ha determinado en función de la operación del catamaran una velocidad de crucero de 9 nudos.

Por consiguiente, de conformidad a los criterios antes indicados como primer paso, previo a la selección de dimensiones, se muestra a continuación el desarrollo iterativo conjugado con las restricciones antes anotadas (ver tabla N° II) esto es, manteniendo constante la velocidad del proyecto, y el requerimiento de manga para el catamaran (W).

De los resultados mostrados en la Tabla N° II y de conformidad a los criterios de selección para el diseño y requerimientos físicos del proyecto, tenemos la siguiente gama para la selección de dimensiones para el monocasco del catamaran en la tabla N° III.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Criterios de selección} \\ \text{para el diseño} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 1.00 \leq \frac{V}{L} \leq 1.05 \\ 0.08 \leq \frac{W-2B}{2} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \text{De preferencia} \\ \text{en torno a 0.12} \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Requerimientos del} \\ \text{proyecto} \end{array} \right\} \begin{array}{l} W = 11.00 \text{ m (36.09 pies)} \\ S = 2.74 \text{ m. (9.00 pies)} \\ V = 9.00 \text{ nudos} \end{array}$$

Se cumplen para:

TABLA N° III

N°	V/\sqrt{L}	$\frac{W-2B}{L}$	L pies-m.	B pies-m.	S pies-m.	V nudos
1	1.0	0.12	(81.00) 24.69	(13.185) 4.02	(9.72) 2.96	9
2	1.01	0.12	(79.40) 24.20	(13.281) 4.05	(9.528) 2.90	9
3	1.02	0.12	(77.85) 23.73	(13.347) 4.07	(9.342) 2.84	9
4	1.03	0.12	(76.35) 23.27	(13.464) 4.10	(9.162) 2.79	9
OPCIONAL						
1	1.00	0.11	(81.00) 24.69	(13.59) 4.14	(8.91) 2.71	9
2	1.04	0.12	(74.889) 22.83	(13.551) 4.13	(8.988) 2.74	9

De la tabla N° III, seleccionaremos las dimensiones para el mono-casco del catamaran, teniendo en cuenta la disponibilidad de modelos para las dos alternativas - planteadas en la sección (4.1) y con la finalidad de ajustar la similitud geométrica entre el modelo y el prototipo, tomamos la siguiente alternativa:

$$L = 22.83 \text{ m. (74.889 pies)}$$

$$B = 4.13 \text{ m. (13.551 pies)}$$

$$S = 2.74 \text{ m. (8.988 pies)}$$

$$W = 17.00 \text{ m. (36.090 pies)}$$

b. Selección del tipo de catamaran:

De las dimensiones seleccionadas preliminarmente, se ha aplicado la utilización de los modelos para las dos alternativas aquí planteadas utilizando el criterio de similitud geométrica y cuyos resultados se muestran en la Tabla N° IV.

Por consiguiente, de la tabla aludida, se determina que, para el modelo tipo barcaza (plano N° A-1) tiene una resistencia total para el catamaran (R_{tc}) 61% mayor que para el modelo tipo Serie - 60, lo que nos implica una mayor potencia efectiva en la barcaza que en el modelo tipo Serie - 60 (plano B-1), por lo que categóricamente nos llevó a seleccionar para nuestro tipo de catamaran

símétrico el modelo tipo Serie 60 como mono-casco:

4.3. CÁLCULOS HIDROSTÁTICOS Y DETERMINACIÓN PRELIMINAR DEL DESPLAZAMIENTO.

De conformidad el modelo seleccionado en la sección anterior, plano B-1, los cálculos hidrostáticos para el catamaran se muestran en el plano B-2 por lo que, a continuación se complementa los cálculos correspondientes para el conjunto catamaran, Figura N° 11.

Características generales al calado de proyecto:

Eslora entre perpendiculares	L.B.P.	22.80 m.
Manga del mono-casco	B.	3.52 m.
Manga del catamaran	W.	10.00 m.
Separación entre cascos	s.	2.96 m.
Calado de proyecto	d.	1.40 m.
Puntal de proyecto	D.	2.00 m.
Volumen del mono-casco	V_s	89.24 m ³
Volumen del catamaran	V_c	178.48 m ³
Area seccional	A_{x_s}	4.87 m ²
Area plano de flotación	A_{w_s}	70.00 m ²
Inercia longitudinal	I_{l_s}	2.422.43 m ⁴
Inercia transversal mono-casco	I_{t_s}	64.02 m ⁴
Radio metracéntrico longitudinal	BM_{l_s}	27.14 m.
Radio metracéntrico transversal	BM_{t_s}	0.717 m.

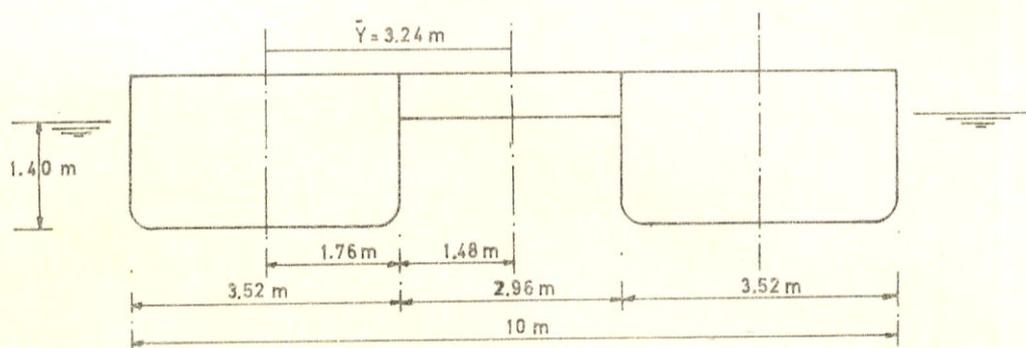


FIG N°11: SECCION TRANSVERSAL TIPICA DEL CATAMARAN

Tomando como dato referencial asumimos para la altura del centro la gravedad para el casco, la expresi3n:

$$KG = 0.55 D = 1.10 \text{ m.}$$

Luego, los momentos de inercia y radios metac3ntricos para el catamar3n ser3n:

$$I_{tc} = 2I_{ts} + 2 A_{ws} (\bar{y})^2 \quad (4.1)$$

$$I_{tc} = 2(64.02) + 2(70)(3.24)^2$$

$$I_{tc} = 1.597,7 \text{ m}^4$$

$$I_{lc} = 2 I_{ls} \quad (4.2)$$

$$I_{lc} = 2(2.422.43 \text{ m}^4)$$

$$I_{lc} = 4.844,86 \text{ m}^4$$

Luego:

$$BM_{tc} = \frac{I_{tc}}{V_c} \quad (4.3)$$

$$BM_{tc} = \frac{1597.7}{178.48}$$

$$BM_{tc} = 8,95 \text{ m.}$$

$$BM_{lc} = \frac{I_{lc}}{V_c} \quad (4.4)$$

$$BM_{lc} = \frac{4844.86}{178.48}$$

$$BM_{lc} = 27,14 \text{ m.}$$

Para determinar la altura del centro de boyantez (KB) utilizaremos la fórmula aproximada dada por MORRISH.

$$KB = d - \left(\frac{d}{6} - \frac{V_c}{3Aw} \right) = \frac{1}{3} \left(\frac{5d}{2} - \frac{V_c}{Aw} \right) \quad (4.5)$$

Luego:

$$KB = \frac{1}{3} \left(\frac{5 \times 1.4}{2} - \frac{178.48}{140} \right)$$

$$KB = 0.743 \text{ m.}$$

Como se puede observar en la fórmula (4.5), la altura del centro de boyantez es igual tanto para el mono-casco como para el catamaran, por cuanto está en la línea de crujía del conjunto.

Con los datos anteriores, obtendremos las alturas meta céntricas transversal y longitudinal del conjunto son:

$$GM_{tc} = KB + BM_{tc} - KG \quad (4.6)$$

$$GM_{tc} = 0.743 + 8.95 - 1.10$$

$$GM_{tc} = 8.59 \text{ m.}$$

$$GM_{lc} = KB + BM_{lc} - KG \quad (4.7)$$

$$GM_{lc} = 0.743 + 27.14 - 1.10$$

$$GM_{lc} = 26.783 \text{ m.}$$

De igual manera se procederá a calcular los momentos de escora y cambio de asiento, donde:

$$MT_{Cm} = \frac{\Delta c \cdot GM_{lc}}{100 L} \quad (4.8)$$

$$MT_{Cm} = \frac{183.12 \times 26,783}{100 \times 22.8}$$

$$MT_{Cm} = 2,15 \text{ tm/cm.}$$

$$\text{Luego: } MH_{1^\circ} = \text{tg } 1^\circ \times \Delta c \times GM_{tc} \quad (4.9)$$

$$MH_{1^\circ} = 0.0174 \times 183.12 \times 8,59$$

$$MH_{1^\circ} = 27.37 \text{ tm/}^\circ$$

4.4. ARREGLO GENERAL-DISTRIBUCION

El propósito de esta sección es para describir el compartimentaje y arreglos generales del catamaran el mismo que, está concebido principalmente para el transporte y servicio de mantenimiento de las boyas de mar, por lo que su arreglo estará acorde con las necesidades del

servicio y considerando que el buque tendrá una navegación tipo costera a una velocidad de servicio de 9 nudos, por lo tanto, los equipos que se instalen serán apropiados para este propósito.

a. Características generales del catamaran

Eslora en cubierta	23.61 m.
Eslora entre perpendiculares	22.80 m.
Manga total	10.00 m.
Puntal	2.00 m.
Calado en línea de carga	1.40 m.
Volumen del casco	297.22 m ³
Volumen de carena	178.48 m ³
Desplazamiento al calado de carga	183.12 Tm
Centro de boyantez longitudinal (proa)	0.57 m.
Centro de boyantez vertical	0.743 m.
Radio metracéntrico transversal	8.95 m.
Radio metracéntrico longitudinal	27.14 m.
Momento para escorar 1°	27.37 tm/°
Momento para cambiar asiento un cm.	2.15 tm/cm.
Volumen de superestructura	195.60 m ³
Capacidad de carga sobre cubierta (2 boyas)	12.00 Tm
Capacidad de carga en bodegas (arena)	24.33 m ³
Capacidad de combustible	7.000.00 lit.
Capacidad de aceite lubricante	1.135.00 lt.

Capacidad de aceite hidráulico	2.271. lit
Capacidad de agua potable	2.270,00 lit.
Capacidad de agua dulce (aprox.)	11.610,00 lit.
Tonelaje de Registro bruto	174,14 T.M.
Tonelaje de registro neto	46,66 T.M.

b. Descripción General

El buque tendrá una sola cubierta principal, con su perestructura hacia popa distribuída en dos niveles. La cubierta principal no tendrá arrufo ni brusca, por así considerarlo apropiado para el servicio que va a prestar.

La proa y la popa será conforme al diseño tipo Serie 60, tendrá una longitud de amura de 4.00 m. hacia proa con la finalidad de dar seguridad al personal durante su maniobra y el resto a los costados - asegurados por un barandal de tubos galvanizados, conforme se muestra en el plano de vista de perfil, plano N^o B-3.

c. Arreglo General

El catamaran tendrá el arreglo general y la presentación conforme está indicado en el plano de vista de perfil y distribución de cubierta, planos N^o B-3

y B-4 del mismo que se describe a continuación:

Casco

El casco será dividido en 8 compartimentos, de conformidad al cálculo para la subdivisión estanca, el mismo que se indica en la sección 4.6.

De los 8 compartimentos, se tiene siete mamaparos estancados transversales, ubicados en las cuadernas N^o 5, 10, 15, 23, 30, 35 y 41, los cuales presentan la siguiente distribución de proa a popa:

B/E	Píque de proa o pañol de cadena	0	-	5
B/E	Compartimento para boyantez	5	-	10
B/E	Bodega integral para arena del equipo de chorréado con capacidad de 24.33 m ³	10	-	15
B/E	Pañol para cilindros de gas y baterías para el recambio en las boyas	15	-	23
B/E	Tanque integral de agua dulce con capacidad de 12.000 litros.	23	-	24
B/E	Pañol de pinturas y herramientas	24	-	30
B/E	Tanque integral de combustible con capacidad de 7.000 litros.	30	-	31
B/E	Departamento de bombas, baterías, generador y tanque prefabricado para acei-			

te hidráulico, con acceso al departamento de máquinas y puerta estanca.	31 - 35
B/E Departamento de máquinas	35 - 41
B/E Lazareto o pañol de gobierno	41 - 44

Superestructura

La superestructura estará ubicada hacia popa, dejando líbre la cubierta desde la proa a la cuaderna N^o 24, en una extensión de 12,4 m. de longitud a fin de otorgar toda el área necesaria para la manipulación de las boyas por medio de la grúa hidráulica que estará ubicada hacia proa entre las cuadernas N^o 9 - 15 aproximadamente; por consiguiente la superestructura está distribuída en dos niveles como sigue:

Entre Puente

Esta se extenderá desde la cuaderna N^o 24 a la cuaderna N^o 39, en la que a estribor de proa a popa tendrá:

- Taller general de reparaciones
- Acceso al puente de comando
- Camarote de dos literas dobles con su respectivo baño y servicio.

Babor de Proa a Popa tendrá:

- Comedor

- Cocina
- Acceso al puente de comando
- Camarote de dos literas dobles con su respectivo baño y servicio.

Además posee un pasillo central de acceso a los diversos compartimentos interiores del entre-puente.

El acceso al Departamento de Máquinas está ubicado a estribor y babor en la parte posterior, hacia popa del entrepunte, con puerta estanca.

Puente de Comando

Esta se extenderá aproximadamente desde la cuaderna N^o 25 a la 38, siendo su distribución de proa a popa como sigue:

- Puente de gobierno
- Dos camarotes individuales, con su baño y servicio en cada uno.
- Pasillo central y transversal en comunicación con el puente de gobierno, camarotes, acceso al entrepunte y salidas a la cubierta de este nivel.

4.5. FRANCO BORDO Y PUNTAL

El puntal se lo ha determinado con el criterio de requerimiento físico del proyecto, así como considerando las

alturas de los escantillones del fondo y cubierta para obtener la altura efectiva de utilización, por lo que se ha seleccionado:

$$\text{Puntal de Proyecto} = 2 \text{ m.}$$

De los cálculos hidrostáticos, se obtiene que:

$$\text{Calado de Proyecto} = 1,40 \text{ m.}$$

Por consiguiente el francobordo inicial será:

$$Fb = 0,60 \text{ m.}$$

Con estos datos así determinados, calcularemos el ángulo de escora (θ) para el catamaran, partiendo por la fórmula básica de:

$$\text{tg } \theta = \frac{Fb}{\frac{W}{2}} \quad (4.10)$$

$$\text{tg } \theta = \frac{0,60}{\frac{10}{2}} = 0,12$$

$$\theta = \text{arc tg } (0,12)$$

$$\theta = 6,84^\circ$$

Luego con este ángulo de escora, determinaremos el peso requerido para lograr esta escora, el cual llegaría a inundar la cubierta y de esta forma reforzar la utilidad

del criterio de selección del puntal, como el margen de estabilidad.

Por lo que, tomando momento alrededor de la línea de crujía del catamaran (ver fig. N^o 11) mediante la siguiente fórmula:

$$T.C.G. = \frac{p \times \bar{y}}{\Delta c} \quad (4.11)$$

Pero:
$$tg \theta = \frac{T.C.G.}{GM_{tc}} \quad (4.12)$$

Luego:
$$tg \theta = \frac{p \cdot \bar{y}}{\Delta c \cdot GM_{tc}} \quad (4.13)$$

Donde:

θ = ángulo de escora calculado (6,84)

P = Peso añadido para lograr la escora de 6,84°

\bar{y} = Brazo respecto a la línea de crujía del catamaran 3,24 m.

Δc = Desplazamiento en línea de carga ($d = 1.40$ m)

GM_{tc} = Altura metracéntrica transversal del catamaran (8.59 m.)

Entonces de (4.13) despejamos (P): -

$$P = \frac{\Delta c \cdot GM_{tc} \cdot tg \theta}{\bar{y}}$$

$$P = \frac{183.12 (8.59) tg 6.84^\circ}{3.24}$$

$$P = 58.23 \text{ t.}$$

Por consiguiente, del resultado obtenido podemos concluir que:

1. El peso necesario para lograr la escora de $(\theta = 6,84^\circ)$ está muy por encima del peso real que va a soportar el catamarán; si consideramos que una de las boyas se traslada hacia uno de los mono-cascos, y cuyo máximo peso es de 6 Tons.
2. Se concluye que se tiene un amplio margen de franco bordo y por consiguiente una estabilidad garantizada.

Por lo tanto el máximo ángulo de escora, con su peso real a transportar en el supuesto caso trasladado hacia una de las bandas del catamarán será:

$$\text{tg}\theta = \frac{6 \times 3,24}{183.12 \times 8,59} = 0.01236$$

$$\theta = \text{artg}^{-1} (0.01236)$$

$$\theta = 0.708^\circ$$

4.6. CALCULO Y VOLUMENES SUBDIVISIONES

Para el cálculo de la subdivisión, se ha seguido el procedimiento del cálculo de longitud inundable según el



BIBLIOTECA
FAC. ING.
MARITIMA

método de Shirokahuer (5).

Los resultados de este método se muestran en las curvas de interpolación, fig. N° 12 y la curva de eslora inundable se presenta en el plano N° B-5.

La eslora permisible está en función de la eslora inundable y el factor de subdivisión se ha tomado en referencia los criterios dado por las reglas, de la JMCO-1974, la misma que nos indica que para una eslora menor que 79 m (260 pies), el factor de subdivisión es igual a la unidad, por lo que para nuestro caso la longitud inundable calculada es igual a la longitud permisible.

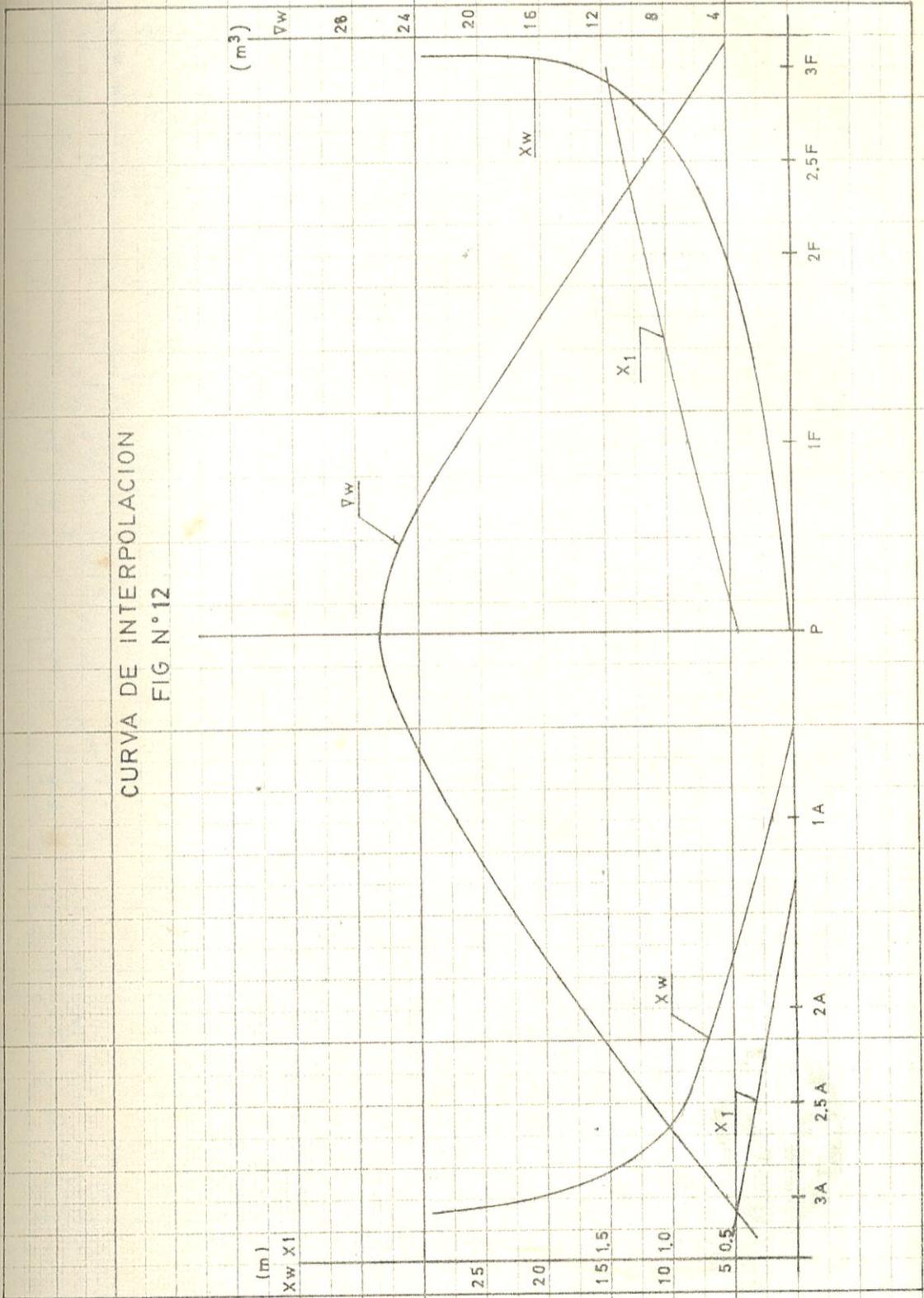
Por consiguiente, en base del cálculo de la eslora inundable se ha procedido a obtener la subdivisión correspondiente, donde se ubicarán los respectivos mamparos estancos conforme se muestran en el plano B-3.

4.7. CONDICIONES DE CARGA

Básicamente el catamaran estará sometido a dos condiciones de carga y una tercera condición variable que comprende:

1. Condición de Servicio:

CURVA DE INTERPOLACION
FIG N° 12



En esta condición, el catamaran estará dotado de:

- Combustible
- Agua potable y dulce
- Pertrechos
- Personal (10 tripulantes)
- Herramientas de taller, materiales y accesorios de trabajo.
- Arena para el chorreado
- Grúa y accesorios para maniobra.

2. Condición de Carga:

Esta se produce cuando el catamaran, en su estado de servicio está programado para realizar el transporte sobre su cubierta dos boyas de las mayores y una de las pequeñas, desde su base de operación al sitio de fondeo correspondiente para cada una de las boyas, incluyéndose una capacidad de transporte hasta 16 cilindros de gas para las boyas lumínicas que requieren el intercambio y además otros accesorios como baterías y lámparas.

3. Condición de Operación:

Esta ocurre cuando el catamaran está fondeado en un sitio determinado y se presta para realizar las ma

niobras de operación para el mantenimiento y carenamiento de la boya "in situ".

4.8. RESISTENCIA LONGITUDINAL

El casco será construido con acero naval soldado eléctricamente, El acero estructural conformará la especificación del ASTM A-36 o similar.

El escantillonado del casco y las especificaciones de construcción estarán en concordancia con las establecidas por el American Bureau of Shipping.

El sistema de construcción será del tipo transversal, el mismo que consistirá de cuadernas transversales y longitudinales (cuaderna armada), conforme indican las reglas de construcción (6,7), aplicadas en este proyecto.

El módulo resistente de la cuaderna maestra, necesario para asegurar una resistencia longitudinal suficiente, en este tipo de mono-cascos de forma normal, está garantizado para que satisfagan los requerimientos de estas reglas utilizadas aquí (6,7) en cuanto a su estructura y planchas.

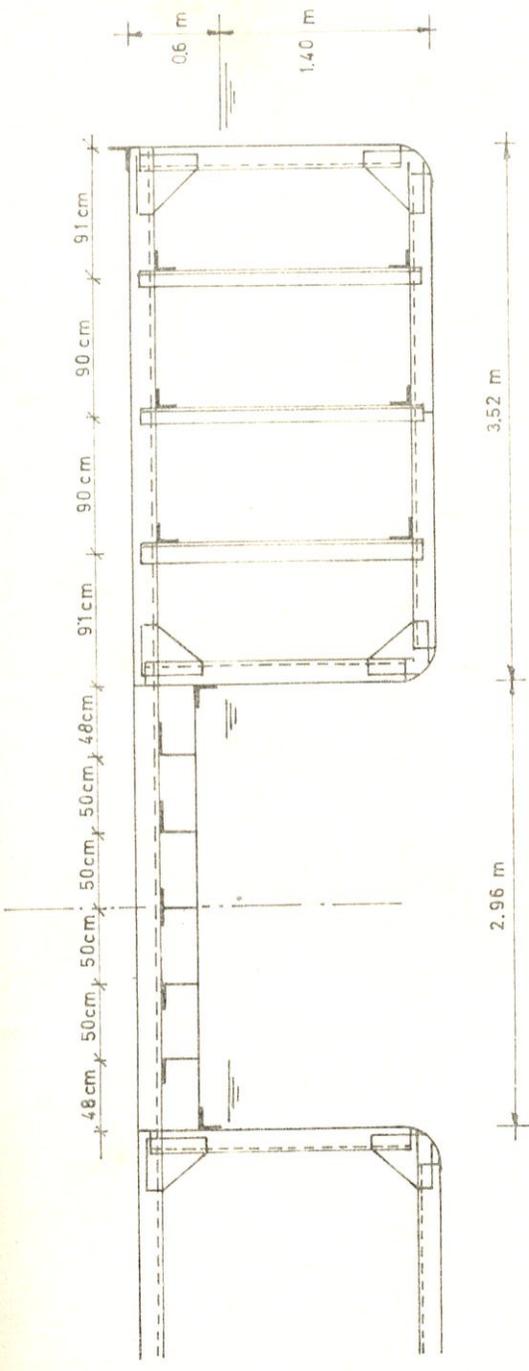
4.9. DIMENSIONAMIENTO DE LOS ESTRUCTURALES

Como se dijo en la sección 4.8 para obtener y seleccionar el escantillonado de los miembros estructurales y espesores del planchaje, se ha escogido la utilidad de las Reglas de Construcción para "buques de acero de eslora inferior a 61 metros" y en otro caso por necesidad requerida se ha utilizado como referencia las "Reglas de construcción para servicio fluvial", ambas establecidas por el American Bureau of Shipping, correspondiente a los años 1973 y 1975 respectivamente.

Para el buque (cada mono-casco) se ha considerado el sistema de construcción transversal, conforme el arreglo general establecido según planos B-3 y B-4.

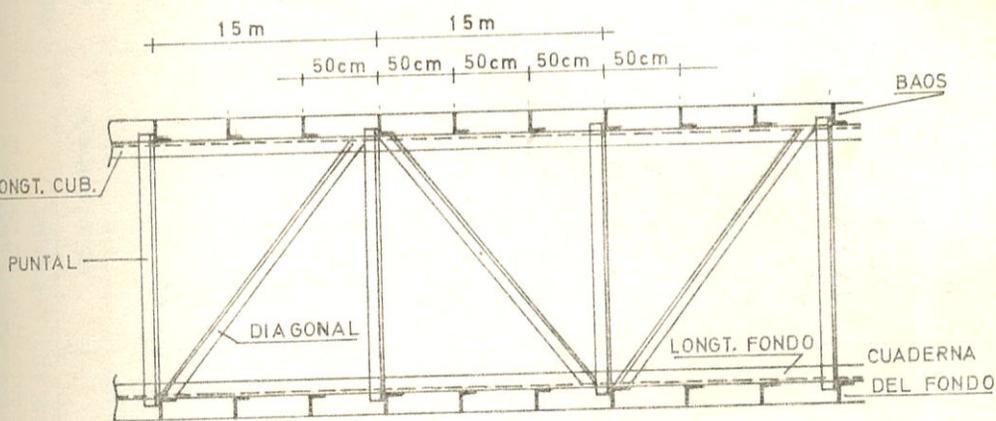
El proyecto de la cuaderna armada típica, su sección longitudinal y puente de unión entre cascos, se muestra en las figs. N° 13 - 14a y 14b.

A continuación se muestra el resumen del dimensionamiento de los estructurales en la tabla N° 5, conforme a las Reglas del A.B.S., en la que se indican la numeración de la Regla utilizada para cada elemento, así como el resultado según la Regla y el valor seleccionado de acuerdo al cálculo efectuado como a las especificaciones en el mercado local.



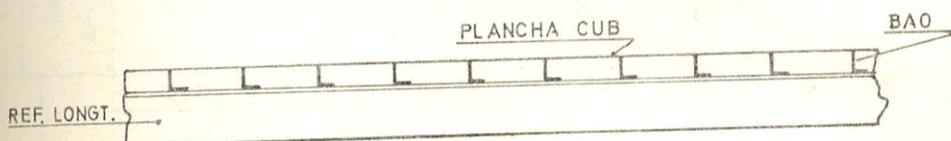
CUADERNA ARMADA TIPICA (seccion transversal)

FIG N° 13



CUADERNA ARMADA LONGITUDINAL

FIG N° 14 a



PUENTE SECCION LONGITUDINAL

FIG N° 14 b

TABLA N° 5		DIMENSIONAMIENTO DEL ESCANTILLONADO					PESO UNIT Lbs/pie
		ESPECIFICACIONES	REGLA APLICADA	REF	ESCANTILLONADO		
					SEGUN REGLA	SELECCIONADO	
CASCO		R	3.2.1	7	1/4"	1/4"	10.2
	Planchaje del fondo	R	3.2.1	7	1/4"	1/4"	10.2
	Planchaje del costado	R	13.1	6	1/4"	1/4"	10.2
	Quilla de cubierta	FB	4.1	6	1" x 5 1/4"	1" x 6"	20.4
	Roda de barra	FB	4.3.1	6	3/4" x 4 3/4"	1" x 6"	20.4
	Codaste de barra	FB	4.5.1	6	1" x 4 9/16"	1" x 6"	20.4
	Cuadernas del fondo	L	7.1.3	6	3/16" x 4"	3/4" x 4" x 4"	6.6
	Cuadernas del costado	L	7.1.3	6	3/16" x 4"	1/4" x 4" x 4"	6.6
	Consolas	R	3.5.4	6	1/4" x 12" x 12"	1/4" x 12" x 12"	10.2
	Baos	L	9.5.4	6	3/16" x 6" x 6"	3/8" x 6" x 6"	12.3
	Puntales	L	9.3	6	1/8" x 1 1/2" x 1 1/2"	1/4" x 2" x 2"	3.19
	Diagonales	L	3.5.4d.	7	1/8" x 2" x 2"	1/8" x 2" x 2"	1.65
	Ref. lonst. del fondo	L	6.7.4	7	1/4" x 3" x 3"	1/4" x 3" x 3"	4.90
	Ref. lonst. de cubierta	L	6.7.4	7	1/4" x 3" x 3"	1/4" x 3" x 3"	4.90
	Hamparos transversales	R	10.5.1	6	3/16"	3/16"	7.65
	Ref. vertical de mamparos	FB	6.7.4	7	3/16" x 3"	3/16" x 3"	1.92
SUPERESTRUCTURA							
	Forro	R	14.1.1	6	3/16"	3/16"	7.65
	Puntales	L	9.3	6	1/8" x 1 1/2" x 1 1/2"	1/4" x 2" x 2"	3.19
	Baos	L	6.7.4	7	1/4" x 3" x 3"	1/4" x 3" x 3"	4.90
	Ref. lonst. longitudinal	L	6.7.4	7	1/4" x 3" x 3"	1/4" x 3" x 3"	4.90
	Amura	R	16.1	6	3/16"	3/16"	7.65

El dimensionamiento y peso unitario de los elementos estructurales, se ha utilizado el sistema inglés de acuerdo al manual americano del A.S.T.M., por cuanto se está más familiarizado en nuestro medio comercial.

4.10. RESISTENCIA Y POTENCIA

De conformidad al modelo seleccionado en la sección 4.2. (Tabla N^o IV) y los resultados de los cálculos hidrostáticos tanto para el mono-casco como para el catamaran indicados en la sección 4.3, procederemos a partir de los datos del modelo a calcular la resistencia total del prototipo (mono-casco) en primer lugar y luego a obtener la resistencia total para el prototipo catamaran, esto es utilizando los criterios de similitud geométrica y dinámica respectivamente.

a. Criterios de Similitud Geométrica y Restricciones de Diseño:

$$L_{\Delta} = 22.83 \text{ m. (74,889 pies)}$$

$$L_m = 121.95 \text{ m. (400.00 pies)}$$

$$\lambda = L_{\Delta}/L_m = 0.1872$$

$$B_m = 18.76 \text{ m. (61.54 pies)}$$

$$B_{\Delta} = B_m \lambda = 18.76 \times 0.1872 = 3.52 \text{ m.}$$

TABLA N° 4	RESUMEN DE CALCULOS PARA EL MONO CASCO				RESUMEN PARA EL CATAMARAN	
	L/B = 5		L/B = 6.5		ITEM	SERIE 60
	BARCAZA	SERIE 60	BARCAZA	SERIE 60		
ITEM	COMPARACION DE MODELOS				COMPARACION DE PROTOTIPO	
	BARCAZA	SERIE 60	BARCAZA	SERIE 60	BARCAZA	SERIE 60
L.W.L.	1.905	123.99	22.83	23.21	22.83	23.21
L.B.P.	1.905	121.95	22.83	22.83	22.83	22.83
B	0.381	18.762	4.566	3.52	4.566	3.52
D	0.1491	-	1.712	-	1.712	1.712
d	0.0952	7.4969	1.1416	1.40	1.1416	1.40
Δ	0.0604	14080.74	103.91	92.37	207.82	184.75
S	1.0284	3457.76	147.65	121.17	295.3	242.346
W	-	-	11.8767	9.77	11.8767	9.77
s	-	-	2.744	2.74	2.744	2.74
W-20/L	-	-	0.12	0.12	0.12	0.129
V	2.60	20.80	9.00	9.00	9.00	9.00
U	1.338	10.71	4.634	4.634	-	-
V/HL	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Cb	0.8526	0.80	0.8526	0.80	0.8526	0.80
Cx	0.98	0.994	0.98	0.99	-	-
Cp	0.87	0.805	0.87	0.80	415.575	342.492
Cw	-	0.871	-	0.87	523.3	62.799
Cf	4.9274×10^{-3}	7.606×10^{-3}	2.52×10^{-3}	2.52×10^{-3}	938.875	405.492
Cr	3.244×10^{-3}	0.4618×10^{-3}	3.244×10^{-3}	0.4618×10^{-3}	-	-
Ct	8.1114×10^{-3}	8.068×10^{-3}	5.764×10^{-3}	2.9818×10^{-3}	-	-
R1 Kg.	0.46144	153230.08	417.575	342.492	225.769	52.75
Rr Kg.	0.30346	9.30393	525.3	62.799	1300.865	178.35
Rt Kg.	0.7649	162534.01	942.875	405.492	2361.79	916.487
EHP	-	-	58.92	25.02	145.73	56.55
EHP%	-	-	-	-	72.86	28.27

$$\frac{V}{\sqrt{L}} = \frac{9}{\sqrt{74 \cdot 889}} = 1,04$$

$$\lambda = \frac{W - 2B}{L} = \frac{10 - 2(3.52)}{22.83} = 0.129$$

$$\Delta_m = 14.080,74 \text{ t.}$$

$$\Delta_\lambda = \Delta_m \lambda^3 = 14.080,74 (0.1872)^3 = 92,37 \text{ t}$$

$$S_m = 3.457,76 \text{ m}^2$$

$$S_\lambda = S_m \lambda^2 = 3.457,76 (0.1872)^2 = 121,17 \text{ m}^2$$

$$V_m = V_\lambda \sqrt{\frac{L_m}{L_\lambda}} = 9 \sqrt{\frac{121.95}{22.83}} = 20.8 \text{ nudos}$$

$$V_m = 10.70 \text{ m/seg.}$$

El calado preliminar obtendremos de:

$$C_b = \frac{\nabla_\lambda}{L_\lambda \times B_\lambda \times d_\lambda}$$

como:

$$\nabla_\lambda = \frac{\Delta_\lambda}{1.026} = \frac{92.37}{1.026} = 90,03 \text{ m}^3$$

$$C_{bm} = C_{b\lambda} = 0.80$$

$$\text{tenemos: } d_\lambda = \frac{\nabla_\lambda}{L_\lambda \times B_\lambda \times C_b}$$

$$d_\lambda = \frac{90.03}{22.83 \times 3.52 \times 0.8} = 1,40 \text{ m.}$$

b. Criterio de similitud dinámica

b.1. Cálculo de la resistencia para el modelo

Obtendremos el coeficiente de resistencia total del modelo C_{tm} , la misma que en función de los parámetros: V/\sqrt{L} , C_b y C_p seleccionados de la Serie 60(4), tenemos

$$\left. \begin{array}{l} \frac{V}{\sqrt{L}} = 1.04 \\ C_b = 0.80 \end{array} \right\} C_{tm} = 8.068 \times 10^{-3}$$

Así mismo, la resistencia residual específica(4) para el modelo ($R_{\lambda m}/\Delta m$) está dado en función de los parámetros:

$$\frac{L_m}{B_m} = \frac{L_s}{B_s} = 6.5$$

$$C_b = 0.80$$

tenemos:

$$\frac{R_{\lambda m}}{\Delta m} = 0.66 \frac{Kg}{t}$$

$$R_{\lambda m} = 0.66 \frac{Kg}{t} \times 14,080.74 t$$

$$R_{\lambda m} = 9,293.29 \text{ kg.}$$

Ahora determinaremos la resistencia total del modelo conforme a la siguiente formulación:

$$R_{tm} = \frac{1}{2} \rho_m \times S_m v_m^2 C_{tm} \quad (4.14)$$

donde:

$$\rho_m = 102 \frac{\text{kg} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^3} \quad (\text{agua dulce})$$

entonces:

$$R_{tm} = \frac{102}{2} \times 3.457.76 \times 10.7^2 \times 8.068 \times 10^{-3}$$

$$R_{tm} = 162.891,52 \text{ Kg}$$

Por consiguiente, la resistencia friccional del modelo será:

$$R_{tm} = R_{fm} + R_{hm} \quad (4.15)$$

Luego:

$$R_{fm} = (162,891.52 - 9,283.29) \text{ kg}$$

$$R_{fm} = 154,598.23 \text{ kg}$$

Cálculo de la resistencia para el mono-casco:

Datos del mono-casco

$$L_{\Delta} = 22.83 \text{ m.}$$

$$v_{\Delta} = 4.63 \text{ m/seg.}$$

$$S_{\Delta} = 121.17 \text{ m}^2$$

$$\rho_{\Delta} = 104.0 \text{ kg} \cdot \text{seg}^2 / \text{m}^3 \quad (\text{agua salada})$$

$$v'_{\Delta} = 1.19 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{seg.} \quad (\text{agua salada})$$

Determinando el número de Reynolds (R_H):

$$R_H = \frac{v_s L_s}{\nu_s} \quad (4.16)$$

$$R_H = \frac{4.63 \times 22.83}{1.19 \times 10^{-6}} = 8.88 \times 10^7$$

Con este valor del número de Reynolds, determinaremos el coeficiente friccional del prototipo C_{fs} , por interpolación lineal según el ITTC (5).

$$C_{fs} = 2.120 \times 10^{-3}$$

Luego, según el criterio de similitud dinámica tenemos que:

$$C_{rm} = C_{rs}$$

luego:

$$C_{rs} = 0.4618 \times 10^{-3}$$

como:

$$C_{ts} = C_{fs} + C_{rs} \quad (4.17)$$

$$= (2.12 + 0.4618) \times 10^{-3}$$

tenemos:

$$C_{ts} = 2.5818 \times 10^{-3}$$

Pero, para el cálculo de la resistencia total del prototipo utilizaremos la tolerancia dada por el coeficiente del ATTC, añadiendo el valor de 0.4×10^{-3} al coeficiente de resistencia friccional del prototipo

po, esto es: $C_{t\Delta} = 2.9818 \times 10^{-3}$

Determinando la resistencia friccional de acuerdo a la fórmula (4.14) y considerando la tolerancia arriba indicada, tenemos:

$$C_{f\Delta} = 2.52 \times 10^{-3}$$

$$\text{luego: } R_{f\Delta} = \frac{1}{2} (104)(121.17)(4.63)^2 \times 2.52 \times 10^{-3}$$

$$R_{f\Delta} = 340.37 \text{ Kg}$$

Luego, la resistencia total del prototipo será:

$$R_{t\Delta} = \frac{1}{2} (104)(121.17)(4.63)^2 \times 2.9818 \times 10^{-3}$$

$$R_{t\Delta} = 402.75 \text{ Kg}$$

Así, según fórmula (4.15) la resistencia residual será:

$$R_{r\Delta} = (402.75 - 340.37) \text{ Kg}$$

$$R_{r\Delta} = 62.38 \text{ Kg}$$

Por consiguiente, la potencia efectiva o de remolque (EHP), está dado por

$$EHP = \frac{R_{t\Delta} \times V_{\Delta}}{75} \quad (4.18)$$

$$\text{luego } EHP = \frac{402.75 \times 4.63}{75} = 24.86 \text{ hp}$$

c. Cálculo de la resistencia total y potencia efectiva para el catamaran

En primer lugar dispondremos a continuación el resumen de datos obtenidos anteriormente para el monocasco del prototipo:

Resistencia friccional	R_{fs}	340.37 Kg.
Resistencia residual	R_{rs}	62.38 Kg.
Resistencia total	R_{ts}	402.75 Kg
Potencia efectiva	EHP	24.86 hp
Desplazamiento	Δ_s	92.37 t
Razón: espaciamiento entre cascos - eslora	$\frac{W-2B}{L}$	0.13
Razón: velocidad-eslora velocidad-de proyecto	V/\sqrt{L}	1.04
	V	9.00 nudos

Ahora planteamos las fórmulas establecidas en el Cap. III, para obtener la resistencia total del ca
tamaran.

De la fórmula (3.1) tenemos la resistencia por in
terferencia

$$R_I = R_{rc} - 2 (R_{rc})$$

Así también, de la fórmula (3.2) el factor de inter
ferencia

$$IF = \frac{RI}{2 R_{rs}}$$

Luego, la resistencia total para el catamaran es

$$R_{tc} = 2R_{fs} + RI + R_{rc} \quad (4.19)$$

o también:

$$R_{tc} = 2R_{fs} + 2R_{rc} - 2R_{rs} \quad (4.20)$$

De la fig. N° 4a y 4b del apéndice, en función de las razones: espaciamento entre casco-eslora y velocidad eslora, por interpolación lineal obtendremos el valor del factor de interferencia (IF).

Para: $\frac{W - 2B}{L} = 0.13$

$$\frac{V}{\sqrt{L}} = 1.04$$

tenemos: $IF = 0.42$

Luego de la fórmula (3.2), determinamos:

$$RI = 0.42 (2 R_{rs})$$

$$RI = 52,39 \text{ Kg}$$

De la fórmula (3.1), determinaremos la resistencia residual del catamaran.

$$R_{hc} = R_I + 2 R_{h\delta}$$

$$R_{hc} = 52,39 + 2(62,38)$$

$$R_{hc} = 177,15 \text{ Kg}$$

Por último, de la fórmula (4.19) determinamos la resistencia total del catamaran.

$$R_{tc} = 2(340,37) + 52,39 + 177,15$$

$$R_{tc} = 910,28 \text{ Kg}$$

Luego, la potencia efectiva o de remolque para el catamaran, según fórmula (4.18) será:

$$EHP_c = \frac{910,28 \times 4,63}{75}$$

$$EHP_c = 56,19 \text{ hp}$$

Por lo que, para cada mono-casco tendríamos:

$$EHP = 28,10 \text{ hp c/u}$$

Ahora, para el cálculo de la potencia requerida para cada mono-casco, determinaremos la potencia al freno (BHP), la que está dado por:

$$BHP = \frac{EHP}{\eta_H \eta_r \eta_{hr} \eta_p \eta_\delta} \quad (4.21)$$

donde:

η_H = eficiencia del casco

η_r = eficiencia del reductor

η_{rr} = eficiencia relativa rotativa

η_p = eficiencia de la hélice

η_s = eficiencia del eje

Calculando la eficiencia del casco (η_H) la que está dado por

$$\eta_H = \frac{1 - t}{1 - w} \quad (4.22)$$

donde:

t = deducción del empuje

w = coeficiente de estela

Utilizando las formulaciones dadas por Taylor para el cálculo del coeficiente de estela y deducción de empuje () para el caso de buques con una sola hélice, tenemos:

$$w = 0.5 C_b - 0.05 \quad (4.23)$$

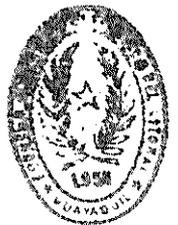
Luego: $w = 0.35$

$t = kw$

donde: $k = 0.50$ a 0.70

luego: $t = 0.25$

Entonces: $\eta_H = \frac{1 - 0.25}{1 - 0.35} = 1.15$



En cuanto a las demas eficiencias, utilizaremos los siguientes valores promedios (8)

$$\eta_t = 0.98$$

$$\eta_{hh} = 1.00$$

$$\eta_p = 0.50 \text{ (asumido)}$$

$$\eta_s = 0.97$$

Por consiguiente, de la fórmula (4.20) tenemos

$$BHP = \frac{28.10}{1.15 \times 0.98 \times 1.00 \times 0.5 \times 0.97}$$

$$BHP = 51,41 \text{ hp (c/mono-casco)}$$

1. SELECCION DE MAQUINARIA

Una vez determinada la potencia requerida de la máquina propulsora para cada mono-casco del catamaran, se ha procedido a seleccionar el tipo de motor a instalarse, por lo que se ha observado los siguientes criterios:

- Disponibilidad en el mercado
- Bajo costo
- Peso y dimensiones razonables
- Tipo de combustible a utilizarse
- De fácil instalación, funcionamiento y garantía de repuestos

- Gastos de mantenimiento reducido
- Economía de consumo y potencia de servicio.

De acuerdo en estos criterios ha conducido a seleccionar el siguiente motor para cada mono-casco, considerando a la potencia requerida un margen por servicio para consumos diversos, cuyas características generales son:

Marcas:	General Motors
Tipo de Motor:	Diesel Marino
Modelo N°:	G.M. 3 - 53
Sistema de enfriamiento:	Por agua
Potencia al Freno:	101 HP a 2800 R.P.M.
Potencia al Eje:	92 HP a 2800 R.P.M.
Potencia al Eje continuo:	73 HP a 2400 R.P.M.
.	
Peso incluyendo reductor	535.14 Kg
Reducción	2.1/1; opcional: 1.5/1-3/1
Inclinación máxima del Motor:	17°
Consumo de combustible a 2400 R.P.M.	22.71 lts/h (6Gls/h)
Dimensiones: l x h x a	1.04 x 0.76 x 0.86 (m)

De acuerdo a los motores propulsores seleccionado hemos de determinar la máxima velocidad del buque en función de la potencia al freno de cada motor y por consiguien-

te la selección del propulsor a instalarse, la descripción de los sistemas auxiliares y maquinarias auxiliares.

a. Velocidad máxima del buque:

De la fórmula (4.18), tenemos que:

$$RHP = \frac{R_t \times v}{75}$$

pero, de la fórmula (4.21) tenemos que

$$BHP = \frac{EHP}{\eta_H \times \eta_R \times \eta_{Rt} \times \eta_p \times \eta_s}$$

llamando como eficiencia total (η) el producto de todas las eficiencias indicadas en la fórmula (4.21) nos queda:

$$BHP = \frac{EHP}{\eta}$$

entonces: $EHP = \eta BHP$

introduciendo en la fórmula (4.18) nos queda

$$\eta BHP = \frac{R_t \times v}{75}$$

Luego, de la última formulación despejamos la velocidad (v)

$$v = \frac{75 \eta BHP}{R_t} \quad (4.25)$$

donde, de acuerdo al motor seleccionado tenemos BHP
(dos motores) = 146 HP (148.0 hp)

De la sección 4.10 hablamos determinado que la resis
tencia total del catamaran es:

$$R_{tc} = 910,28 \text{ Kg.}$$

entonces, aplicando la fórmula (425):

$$v = \frac{75 \times 0,546 \times 148,0}{910,28}$$

$$v = 6,658 \text{ m/seg (12,93 nudos)}$$

Considerando un margen de seguridad del 10% tendremos
que la velocidad máxima del buque catamaran, con po-
tencia instalada será:

$$v_{max} = 5,99 \text{ m/seg. (11,63 nudos)}$$

b. Selección del Propulsor

Previo a la selección del propulsor se ha de indicar
la altura máxima disponible en la cavidad a la altura

del codaste para el alojamiento de la hélice (ver. plano N° B-3) y luego seleccionar los claros mínimos para la hélice de conformidad a las reglas de clasificación y obtener el diámetro permisible para la hélice a seleccionarse.

Altura del codaste = 1.20 m.

Para determinar los claros de la hélice, tomaremos en referencia los indicados por la Lloyd's Register y el Det Norske Veritas; conforme se muestra en la figura N° 15 y los claros correspondientes en la tabla N° VI.

TABLA N° VI

CLAROS	LLOYD'S REGISTER	DET. NORSKE VERITAS
a	0,08 Dp 0.15 Dp	0.72 (t/l) Dp
b	0.15 Dp	0.11 Dp (1 + φ)
c	0.08 Dp	0.08 Dp
d		0.03 Dp

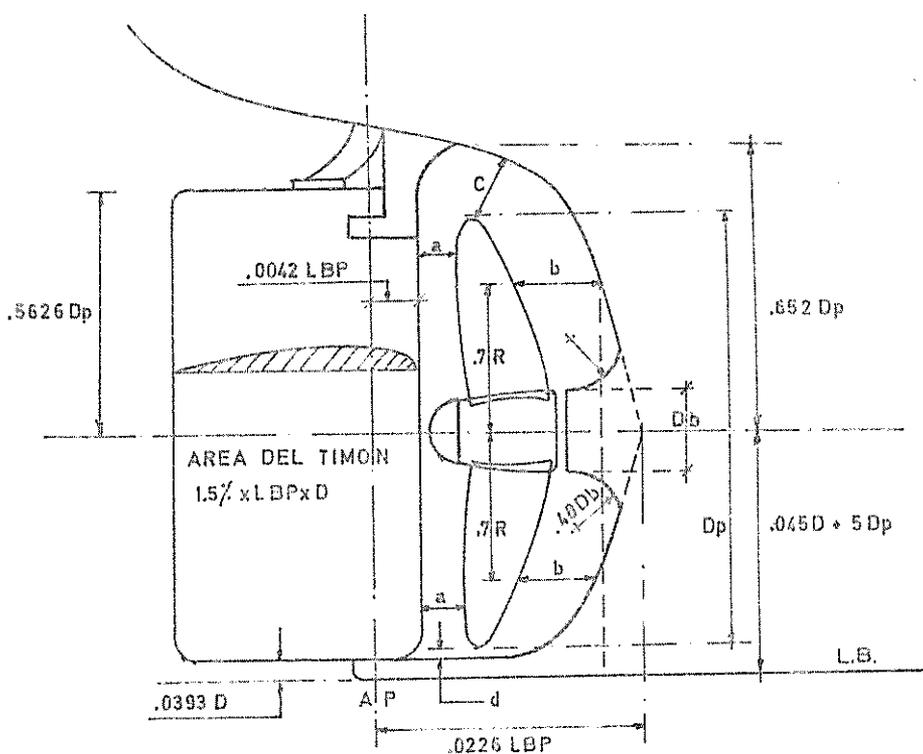


FIG N° 15 DETALLES DE ARREGLO DEL CODASTE

Determinaremos la característica de la hélice para la eficiencia óptima, utilizando los diagramas de las Series B, por lo que, seleccionaremos una hélice tipo - B-4.55 para cada mono-casco, con los siguientes datos:

BHP (continuos) = 73 HP (74.00 hp) a 2.400 RPM c/u

V_s = 11.63 nudos

C_b = 0.80

Se tomará para la selección del propulsor los tres rangos de razón de deducción dado por el fabricante del motor que pueden usarse para el modelo GM-3/53, esto es:

1.5/1 ; 2.1/1 y 3/1

Luego:

$$n = 2.400/1.5 = 1,600,00 \text{ r.p.m.}$$

$$n = 2.400/2.1 = 1,142.85 \text{ r.p.m.}$$

$$n = 2.400/3 = 800.00 \text{ r.p.m.}$$

Para el coeficiente de estela (w) utilizaremos la fórmula dada por Taylor en el caso de buques con una sola hélice, fórmula (4.23):

$$w = 0.5 C_b - 0.05$$

$$w = 0.35$$

Luego la velocidad de avance (V_a) será:

$$V_a = V_s(1 - w) \quad (4.26)$$

$$V_a = 11.63(1 - 0.35) = 7.56 \text{ nudos}$$

Así, la potencia desarrollada (D.H.P.) será:

$$\text{D.H.P.} = 0.96 \text{ BHP}$$

$$\text{D.H.P.} = 0.96 (73) = 70.08 \text{ HP}$$

Donde el coeficiente de potencia está dado por:

$$B_p = \frac{n \text{ BHP}}{V_a^{2.5}} \quad (4.27)$$

Ahora determinaremos (B_p) para cada una de las revoluciones dadas y entrando en los diagramas $B_p - \delta$ para

una hélice B-4.55 tenemos los siguientes resultados para el diámetro de la hélice (D_p), razón p/D_p y eficiencia propulsora (η_p), conforme se muestra en el cuadro siguiente:

n r.p.m.	B_p	δ	$D_p = \frac{\delta \times V_a}{n}$	p/D_p	p	η_p
1,600	85.23	330.	1.56' (18.72")	0.63	0.98' (11.79")	0.427
1,142.85	60.87	297.	1.96' (23.52")	0.67	1.31' (15.76")	0.455
800.	42.61	243.	2.29' (27.48")	0.735	1'68" (20.19")	0.514

Por consiguiente, del cuadro anterior, seleccionamos una hélice para cada mono-casco de las siguientes características:

Tipo	B-4.55
Nº de palas	4.
Razón de area expandida	0.55
Diámetro	30"
Paso	18"
Eficiencia del propulsor	0.514
Reducción	3:1
Revoluciones	800 r.p.m.
Material	bronce

Tomando la práctica universal para buques con dos hélices, ambas tendrán giro hacia afuera.

Determinación del diámetro de la línea del eje.

El diámetro mínimo de la línea de eje y del eje de empuje construido con el acero de grado 2 se determinará según la siguiente fórmula (7).

$$d = c \sqrt[3]{\frac{K H}{R}} \quad (4.28)$$

Donde:

d = diámetro del eje

H = potencia al freno en velocidad de régimen

R = r.p.m. a la velocidad de régimen

$K = 58$

$c = 1,05$ (unidad pulg./lb) en el fondo de los collares de empuje, cuando ellos transmiten el torque

Luego:

$$d = 1,05 \sqrt[3]{\frac{58 \times 74}{800}}$$

$$d = 46,68 \text{ mm.}$$

Seleccionamos:

$$d = 5 \text{ cm. (50 mm.)}$$

d. Pala del Timón

El diseño de la pala del timón será conforme lo indicado por la Serie 60, por lo que su área está dado por:

$$A = 1.5\% \text{ LBP} \times D_p$$

$$A = \frac{1.5}{100} \times 74,88 \times 2,33$$

$$A = 0.24 \text{ m}^2 \text{ (2.60 p}^2\text{)}$$

Dimensiones: 0.80 x 0.30 m. (2.62 x 0.99 pies)

e. Maquinaria Auxiliar

Un grupo electrógeno independiente, de las siguientes características:

Marca:	Honda
Motor:	Honda - GD - 100 ED a Diesel
Nº de ciclos:	Cuatro tiempos
Nº de cilindros:	Dos en V
Enfriamiento:	Por aire
Potencia:	9 HP 3000 r.p.m.
Generador:	Honda E - 4000 S
Potencia:	10 Kw - 65 ciclos/seg.
Consumo:	(7.57 lit/hr)

Este grupo electrógeno, generará la corriente y potencia necesaria tanto para la iluminación como para los servicios requeridos del taller y servicios varios del buque, el mismo que será ubicado en el Departamento de Máquinas del mono-casco a estribor.

En el departamento de máquinas del mono-casco a babor se instalará una bomba hidráulica acoplada al toma fuerza del motor propulsor a fin de otorgar el accionamiento de la grúa hidráulica ubicado a proa del buque, por medio de su sistema de tuberías y conexiones respectivas. Esta bomba conforme a las especificaciones de la grúa hidráulica será de 189.25 lit/min. a 140.6 Kg/cm².

La propulsión y servicios del buque estarán servidos por los siguientes sistemas:

Sistema de Aceite Lubricante

Para el servicio de los motores principales estarán servidas por bombas de lubricación individual incorporadas en cada uno y con alimentación por medio de un tanque ubicado en la parte superior de cada Departamento de máquinas.

Además cuenta cada una con una bomba manual rotativa

de desplazamiento positivo de 55 lit/mín.

Se instalará los indicadores de nivel, tomas de llenado, accesorios, etc. que sean necesarios y preferentemente confeccionados en bronce.

Sistema de combustible

Preparado para cubrir los servicios de llenado, almacenamiento y transferencia de combustible a bordo.

Incluye dos tanques de servicio en cada mono-casco, filtros, tuberías, válvulas, indicadores de nivel, etc., que sean necesarios para realizar dichas funciones entre cada par de tanques de cada mono-casco y entre mono-casco.

Para esto cuenta cada uno con bombas de trasvase de 283.87 lit/min. cada uno, accionadas por un motor eléctrico y equipo purificador con la capacidad adecuada para el consumo del motor principal y el equipo electrógeno.

Las tuberías de conexión serán de acero negro standard sin costura y sus respectivas bridas y válvulas.

Sistema de Escape

Será el tipo "húmedo" esto es por la popa, consistente de tubos de acero negro con bridas standards y silenciadores respectivos, todo ello debidamente aislado con cordón de asbesto y protegido con lona de asbesto.

Los tubos y silenciadores irán instalados en el ducto de escape, el cual irá forrado interiormente con 25mm. de lana de vidrio para evitar transmisión de calor a los compartimentos adyacentes..

Sistema de achique de sentina

Consistente de una red de tubería de 36 mm. con dos tomas de succión en los extremos de proa y popa y en los extremos de la sala de máquinas de cada mono-casco.

Este sistema individual para cada mono-casco, tiene - cada uno una bomba de sentina eléctrica centrífuga autocebante de 36 mm. con 37.85 lit/min.

Toda la tubería será de acero galvanizado exterior e interiormente. Las válvulas del sistema serán de acero fundido con bridas y montajes de bronce.

El sistema cuenta con válvulas de compuerta para mínima restricción al flujo y con canastillas en cada una de las succiones. Se ha provisto una conexión a la toma de fondo de la sala de máquina, con una salida para manguera en la cubierta principal.

Sistema Sanitario

Consiste de una red de tuberías de hierro galvanizado de 36 mm. y 18 mm. SCH 40 con válvulas roscadas de bronce, con una bomba eléctrica de 30.28 lit/min. a 2.81 kg/cm^2 y dos tanques de agua dulce de 6.000 litros cada uno, revestido interiormente con resina poliéster, ambos ubicados en el panel de herramientas. El sistema alimenta directamente a los servicios sanitarios del buque y a la toma de agua dulce para el equipo de chorreado, como para el sistema de agua dulce de enfriamiento de máquinas.

Sistema de agua potable

Consiste de una red de tuberías de hierro galvanizado de 30 mm. y 12 mm. SCH 40 con válvulas de bronce roscadas y una bomba eléctrica de 56.77 lit/min. a 2.81 kg/cm^2 - con dos tanques de agua potable de 2.760 litros ubicados sobre la cubierta del puente de gobierno.

Este sistema alimenta los lavatorios y duchas de los servicios sanitarios, el lavadero de cocina, lavamanos del comedor y tanque de expansión de los motores diesel.

Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico, consiste de un generador principal descrito anteriormente, el mismo que suministra una fuerza eléctrica alterna de 60 ciclos, 3 fases y 440 V, ya sea de fuerza independiente o en paralelo.

La energía eléctrica es canalizada primero por un tablero principal de distribución y control ubicado en el departamento de máquinas donde se encuentra el grupo generador. En el sistema se ha provisto una conexión para suministro de fuerza eléctrica desde el exterior.

Para la alimentación a los equipos y sistemas necesarios en emergencia, se ha provisto un banco de baterías alimentado por su respectivo cargador de baterías conectado al tablero del puente de gobierno.

Tablero Principal:

Situado en el departamento de máquinas, donde se cuenta el grupo generador y contiene los siguientes instrumentos y controles del generador:

- Voltímetro, con llave selectora conectado mediante transformadores de potencia.
- Amperímetro con transformadores de intensidad y llave selectora.
- Frecuencímetro
- Kilowaltímetros
- Control de velocidad
- Regulador automático de voltaje
- Interruptores principales automáticos con protección de cortocircuitos, sobrecarga y corriente inversa.
- Lámparas de señalización y de detección de tierras.
- Interruptores automáticos de distribución y toma de corriente exterior con protección de cortocircuito y sobrecarga.

El tablero será del tipo auto soportado de frente aislado de planchas y perfiles soldados, con paneles removibles para el fácil acceso a los componentes internos y adecuada ventilación.

Alimentación de emergencia:

Consiste de un banco de baterías compuesto por cuatro unidades de 12 voltios cada uno ubicados en cada departamento de máquinas, y alimentadas por un cargador de baterías con protección de sobrecarga y régimen de car

ga de 15 Amp.

El alumbrado de emergencia contará con un sistema de co
nexión y desconexión automática.

4.12. AUTONOMIA

Concepto de autonomía

En el caso de un buque mercante su objetivo es el de -
transportar mercancías por vía marítima, por lo tanto la
navegación para él es una actividad productiva y mien-
tras la desempeña devenga un flete. En estas condiciones
el concepto de autonomía es particularmente claro y re-
presenta la máxima distancia que el buque puede navegar
con el combustible que es capaz de almacenar en sus tan-
ques. En otras palabras permite alcanzar la máxima dis-
tancia durante su navegación sin reponer el combustible
para cumplir su función de transporte y objetivo final,
ya que en el Puerto de destino puede reponer combustible
sin pérdida apreciable de tiempo.

En caso de no ser así, se considera en la explotación del
buque, el radio de acción que es, por término medio la
mitad de la autonomía y representa la distancia máxima
que puede alcanzar sin reponer combustible en el viaje -
redondo, es decir cargándole solamente a la salida.

Por consiguiente, para el buque considerado, la situación es diferente por cuanto su función de navegar no es productiva sino que por el contrario, ocasiona gastos de operación, la misma que justifica por el servicio que presta.

El parámetro más significativo para el catamaran será entonces la economía en el consumo por cuanto su factor limitante será la permanencia en el mar, en tanto que deberá cubrir las zonas más alejadas donde se encuentran las boyas y la duración del viaje redondo dependerá de su capacidad de combustible que pueda almacenar en sus tanques.

Con estas consideraciones hemos de suponer los siguientes criterios referenciales:

1. La base de operación será el Puerto de Guayaquil.
2. Como requerimiento del proyecto en cuanto a su servicio nos plantea cubrir toda la Costa Ecuatoriana, por lo tanto tomando la zona más alejada esto es Esmeraldas tendremos una distancia de 347 millas náuticas, ver figura N^o 6, lo que indica una autonomía de 694 millas náuticas.
3. El buque será capaz de mantener la misma velocidad de servicio durante el viaje de ida y el de regreso

esto es en cualquier condición de carga.

Por consiguiente, como la autonomía está directamente relacionada con la capacidad de combustible que el buque pueda almacenar en sus tanques y para la completa comprensión de la aplicación numérica, hemos de determinar en términos de su autonomía la capacidad de combustible que deberá almacenar en función de la velocidad de servicio a mantener durante su navegación, sabiendo que el buque será propulsado por:

- Dos motores GM-3/53 de 73 HP a 2400 r.p.m. con un consumo específico de 22,71 lit/hr (6 Gls./hr c/u).
- Un grupo electrógeno independiente con motor diesel de cuatro tiempos, dos cilindros en V y enfriados por aire, compuesto por un motor HONDA - GD 100 ED. de 9 HP a 3000 r.p.m. y generador HONDA E-4000 S de 10 Kw, 65 ciclos/seg. con un consumo de 7.57 lit/hr (2 Gls/hr)

La capacidad total de combustible está dado por:

$$K_{\text{comb}} = K_{\text{comb. operación}} + K_{\text{comb. marginal}}$$

Donde:

$$K_{\text{comb. operación}} = K_{\text{comb. maq. principal}} + K_{\text{comb. maq. auxiliar}}$$

$$K_{\text{comb. marginal}} = 30\% K_{\text{comb. operación}}$$

Determinando la capacidad mínima de combustible en el supuesto caso de que en el trayecto de navegación de ida y vuelta funcionará siempre las máquinas principales y auxiliares en término de su autonomía. Esto es, el consumo total de combustible será de 53 litros por hora, para una velocidad constante de 9 millas por hora, tendremos:

$$K_{\text{comb.}} = \frac{53 \text{ lts/hr}}{9 \text{ millas/hr}} \times 694 \text{ millas}$$

$$K_{\text{comb.}} = 4086.1 \text{ lts (1079.55 Gls/hr)}$$

Luego, considerando:

$$K_{\text{comb. marginal}} = 0.30 \times 4086.1 \text{ lit.}$$

$$K_{\text{comb. marginal}} = 1225.8 \text{ lts. (323.86 Gls.)}$$

Por consiguiente su capacidad total será:

$$K_{\text{comb.}} = 4086.1 + 1225.8$$

$$K_{\text{comb.}} = 5311.9 \text{ lit. (1403.4 Gls.)}$$

Por cuanto lo anterior no es tan cierto, trataremos de aproximar a las condiciones reales de operación del buque. En primer lugar determinaremos los días de viaje de ida y vuelta en el límite de su autonomía, esto es:

$$\frac{694 \text{ millas}}{9 \text{ millas/hr}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ hr}} = 3.2 \text{ días}$$

Tomaremos el viaje redondo: 3,5 días

Ahora supondremos que los días de permanencia en el si
tio del fondeadero de la boya sea de 1.5 días.

Por consiguiente, plantearemos la siguiente relación pa
ra determinar la capacidad total de combustible utiliza-
ble.

$$K = D_v C_{vm} + D_p C_{pg}. \quad (4.29)$$

Donde:

K = Capacidad total utilizable de los tanques de combus-
tible en litro, esto es incluyendo el 5% por deduc-
ción del combustible no aspirable por alturas de bo
cas de aspiración sobre el fondo de los tanques,
asiento, escora, etc.

D_v = Días de viaje redondo (3.5 días)

C_{vm} = Consumo diario de combustible de la máquina princi-
pal durante el viaje redondo (45.42 lit/hr)

D_p = Días de permanencia en el fondeadero (1.5 días)

C_{pg} = Consumo diario de combustible del generador durante
la permanencia en el fondeadero de la boya, por cu
anto se supone que los motores propulsores no trabajan
(7.57 lit/hr).

Entonces:

$$K = 3.5 \text{ (días)} 45.42 \frac{\text{lit}}{\text{hr}} \times \frac{24 \text{ hr}}{1 \text{ d.}} + 1.5 \text{ (días)} 7.57 \frac{\text{lit}}{\text{hr}} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ d.}}$$

$$K = 4088 \text{ lit. (1008 Gls.)}$$

Al valor determinado como capacidad utilizable de combustible hemos de agregar lo siguiente:

- 5% por deducción de combustible no aspirable de los tanques.
- 5% por operación periódica de la grúa en el fondeado de la boya correspondiente, debido a la utilización del tomafuerza de uno de los motores propulsores, y
- 30% por combustible marginal.

Entonces:

4088 lit. x 0.05	= 204.4 lit.
4088 lit. x 0.05	= 204.4 lit.
<u>4088 lit. x 0.30</u>	<u>= 1225.4 lit.</u>
Subtotal	= 1635.2 lit.
<u>4088 lit.</u>	<u>= 4088.0 lit.</u>
K TOTAL	= 5723.2 lit. (1.512 Gls.)

Luego con esta capacidad de combustible y considerando un consumo promedio de 45.42 litros por hora, tendría

una autonomía de 5.5 días, lo que le da una amplia autonomía de auto abastecerse en los Puertos intermedios del Litoral Ecuatoriano.

4.13. MANIPULACION DE LA CARGA

Como se ha establecido ya en las secciones anteriores, la carga del buque corresponderá al transporte de dos de las boyas mayores, cuyo peso individual promedio es de 6 Tons. por lo que corresponde describir los medios que utilizará el catamaran para la maniobra o manipulación de las boyas para la izada o bajada en el sitio de su fondeadero. Ver sección 4.7.

Por consiguiente, para tal propósito el buque contará básicamente de una grúa hidráulica con capacidad de levante de 15 Tons. de tipo fijo con pluma telescópica y giratoria, la misma que estará ubicada hacia proa, justamente en el boca de entrada de la boya, para la cual a manera de servicio auxiliar se ha provisto a las bandas internas y en dicho lugar 2 pescantes con capacidad de 5 Tons. de levante para elevar las cadenas de anclaje de la boya y maniobrar el extremo de la boya en el momento de la izada o bajada.

Como servicio opcional para las boyas pequeñas se ha

provisto el montaje de 2 pescantes con capacidad de levantar de 3 Tons. ubicadas a popa.

Procedemos a dar una descripción general de la maniobra para el caso que hemos de izar una boya del sitio de su fondeadero a la cubierta del buque para someterlo al carenamiento respectivo, ver figura N° 16.

1. El buque se anclará muy cercano al sitio donde se encuentra fondeado la boya quedando estacionario y asegurado por sus 4 anclas de proa y popa.
2. Se procederá a asegurar por medio de los argollones - que tiene la boya respecto a las bitas de amarre del buque, con la finalidad de cobrar la boya y meterlo - en la boca de entrada de la proa del buque.
3. Se procederá a quitar el seguro del gancho de la cadena de anclaje de la boya y asegurarlo al pescante de anclaje de la boya para de esta forma dejar libre a la boya, listo para su izada a la cubierta del buque.
4. La grúa hidráulica cogerá uno de los argollones de la boya y se dejará libre el amarre entre el otro argo-llón de la boya y la bita del buque, para de esta forma proceder a la izada de la misma.

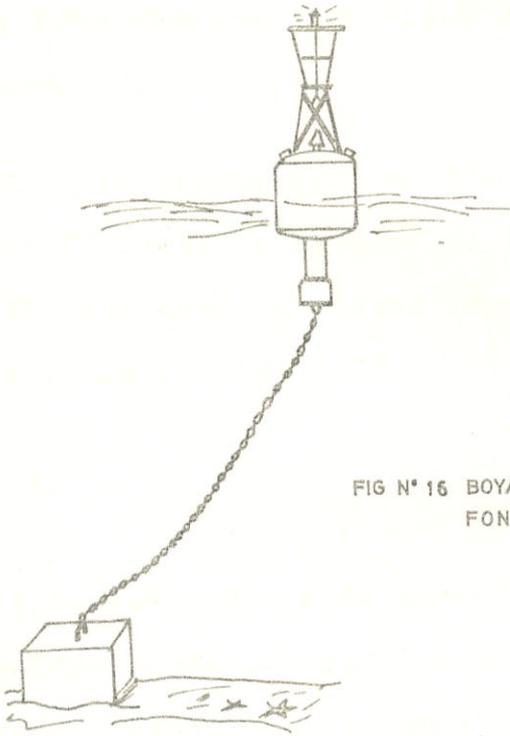


FIG N° 16 BOYA TIPICA EN SU FONDEADERO

5. Una vez que el cuerpo de la boya esté fuera del agua, esta se inclinará, por lo que en ese momento - uno de los pescantes asegurará la boya del extremo inferior del tubo porta-peso, para adrizarla y conjuntamente con el giro de la grúa proceder al levante total de la boya hasta aproximadamente a 1 m. de la cubierta y trasladarlo hasta el área de trabajo sobre cubierta de tal manera que quedará horizontalmente apoyada sobre la cubierta y seguidamente puesto los calzos de soporte para evitar al deslizamiento de la boya.

De manera similar, será para el caso de la bajada de la boya, bien sea por reposición o una vez terminado su carenamiento.

En cuanto a la descripción y características del sistema para la izada de la boya se indicará en la sección 4.15, así como la estabilidad en el proceso de maniobra en la sección 4.17.

4. HABITABILIDAD

Conforme se ha indicado en la sección 4.4, las dependencias para alojamiento y habitabilidad estarán ubicados en la superestructura correspondiente, por lo que hemos de describir a continuación el personal a bordo:

a. Dotación: -

Personal de puente:	1 capitán (Tímonel)
	1 contramaestre (capataz de maniobra)
Personal de máquinas:	2 maquinistas
Personal de taller:	1 mecánico tornero (marinero)
	1 soldador (marinero)
Personal de maniobra:	1 Gruero
	2 Ayudantes de maniobra (obreros)

Personal de fonda: 1 cocinero-salonero
 Total de tripulación: 10

b. *Habilitación General*

Todos los alojamientos tales como: comedor, camarotes, puente de gobierno, pasillos interiores, etc. llevarán pisos de losetas vínclicas de 3.175 mm. aplicada con adhesivos adecuado y en los servicios y cocina se colocarán planchas de asbesto cemento del tipo FIBRO-MARMOL.

En lo concerniente a los costados interiores para los alojamientos de camarotes, puente de gobierno, cocina, serán construídos paneles con enchapados de madera y en los servicios enchapados con fórmica.

Los techos, llevarán cielos razos del tipo suspendido y dispuestos de tal manera que cubren y disimulen todas las tuberías y cables de los diversos sistemas del buque que crucen los espacios habitables.

Los cielos razos llevarán el acabado necesario que se requiere para el aislamiento termo-acústico y ventilación, se dejarán paneles removibles para el fácil acceso aparte de los sistemas que deben ser revisados frecuentemente.

En cuanto a la zona de taller, así como el área de tod



BIBLIOTECA
 FAC. ING.
 MARITIMA

la cubierta, el piso será pintado con pintura anti-deslizante.

c. Ventilación

Todos los compartimentos habitables tendrán ventilación natural por medio de sus ventanas o claraboyas. En la cocina, así como en los servicios se instalará extractores de aire, los cuales descargarán directamente al exterior.

Además se proveerán de ventiladores fijos a la pared en los camarotes, puente de gobierno y comedor.

d. Puertas:

Las puertas a nivel de cubierta principal serán de a cero y construcción estanca. Igualmente la puerta de acceso al departamento de máquinas desde cubierta y la puerta de acceso entre la sala de máquinas y el túnel al compartimento de tanques de combustible, departamento de bombas, generador y baterías.

Las puertas exteriores en el puente de mando serán estancas a la intemperie con sus bisagras, cerraduras y otros accesorios de bronce.

Las puertas interiores de la acomodación y puente de mando serán de madera contrachapada a un espesor de

30 mm. con cerrajería y accesorios de bronce.

e. Mobiliario: de alojamiento

Camarote de Capitán: 1 litera de 90 cm. de ancho
 1 armario con espejo
 1 mesilla de noche
 1 silla tapizada
 1 mesa escritorio
 1 archivador
 1 mueble - librería - bar
 1 reloj de pared
 1 servicio - baño privado
 1 ventilador de pared

Camarote de oficial
 de cubierta:

1 litera de 90 cm. de ancho
 1 armario
 1 mesilla de noche
 1 silla tapizada
 1 mesa - escritorio
 1 archivador
 1 reloj de pared
 1 servicio y baño privado
 1 ventilador de pared

Camarote doble para
personal máquina y
taller:

2 literas de 90 cm. ancho
2 literas de 90 cm. ancho
3 mesillas de noche
2 butacas dobles
1 armario de 4 divisiones
1 reloj de pared
1 servicio y baño
2 ventiladores de pared

Camarote doble para
personal de maniobra
y cocina:

2 literas dobles de 90 cm.
de ancho
2 literas dobles de 90 cm.
de ancho.
2 mesillas de noche
2 butacas dobles
1 armario de 4 divisiones
1 reloj de pared
1 servicio y baño
2 ventiladores de pared

Cocina:

1 lavadero
1 cocina a gas de 4 horni
llas.

- 2 cilindros de gas
 1 mesa armario
 2 anaqueles de servicios
 1 refrigeradora
 1 extractor de aire
- Comedor:
 1 mesa y 6 sillas tapizadas
 1 diván - armario
 1 reloj de pared
 1 ventilador de pared
- Puente de Gobierno:
 1 mesa grande central de operaciones de gobierno.
 1 mesa para radio teléfono con cajones debajo.
 2 sillas tapizadas
 1 silla grande y alta
 1 armario para usos varios
 1 mesa-escritorio
 1 reloj de pared
 Aparatos varios de gobierno y navegación usuales.
- Valler:
 2 acumuladores de gas: acetileno y oxígeno.
 2 baterías de 12 Vol. c/u.
 1 soldadora eléctrica

- 1 equipo de chorreado
- 1 compresor de aire (eléctrico)
- 1 equipo de soldadura autógena.
- 1 banco de trabajo de 2 m. de largo con cajones debajo.
- 1 armario
- 1 juego de herramientas varias de tipo marino.

1.15. ACCESORIOS Y EQUIPOS

El buque contará con el siguiente equipamiento:

a. Equipo de Fondeo

Anclas: estará conforme a los requerimientos por las reglas del A.B.S., compuesto por cuatro anclas de fondeo tipo patente sin cepo con un peso de ancla de - 140 Kg. cada una, instaladas dos a proa y dos a popa con sus respectivas cadenas en su escoben correspondiente y además dos anclas de reservas ubicadas en las cercanías del cabrestante de manera que permita su utilización en el momento oportuno.

Cadenas:

De acuerdo a las reglas del A.B.S. se utilizarán ca-

denas de leva con contrrete grado 1, de 96 mts. y 12.5 mm. de diámetro para cada una de las anclas.

La estiba de la cadena será en su pañol correspondiente tanto a proa como a popa acondicionado bajo la cubierta principal, bajando por un tubo de acero reforzado y soldado a la cubierta.

Cabrestante:

Se utilizarán cuatro cabrestantes ubicados a los costados de proa y popa, compuesto por un tambor para cadena de 12.5 mm. con contrrete y de accionamiento mecánico-manual.

Accesorios de Amarre:

Sobre la cubierta principal a proa van instaladas dos bitas dobles fijas a cubierta con sus respectivas gateras a babor y estibor. Igualmente hacia popa y en el centro del buque.

b. Equipos de Navegación

- Compás magnético tipo periscópico
- Equipo de ecosonda FORUNO con un alcance de 6.37 millas náuticas.
- Se instalará un sistema de gobierno "Wagner" con

servo bombas hidráulicas y accionamiento eléctrico, con acoplamiento directo al servomotor del ti
món de cada uno de los mono-cascos.

- Consola de Navegación: será construido de madera con enchape decorativo en los costados y fórmica mate en el tablero. Tendrá puertas de acceso y paneles removibles para permitir la inspección de los elementos de los diversos sistemas del puente.

Sobre la consola irán instalados los controles de los dos motores propulsores a cada lado de la rue
da del timón y frente a él, el compás magnético y demás controles propios del sistema de gobierno.

- Sirena y Campana: sobre el techo del puente de man
do irán colocados una campana de bronce y una sirena eléctrica marina, con accionamiento dispuestos dentro del puente de mando al alcance del ti
monel.
- Reflector: de 500 w. tipo marino, instalado en el techo del puente de mando y con control desde el interior del puente.
- Mapoteca: instalada en la banda de estibor del

puente de mando, provista de seis cajones para cartas náuticas y recesos para el cronómetro de navetación, sextante, binoculares e instrumentos de navegación.

- Misceláneos: en el puente de mando se instalará un reloj marino, un clinómetro, un barómetro, y un termómetro ubicados adecuadamente.
- Dos limpias parabrisas de brazo en las ventanas - frontales del puente de mando.
- Luces de Navegación: un juego de luces de navegación completo, con cables, enchufes y lámparas incandescentes para navegación y señales, de acuerdo con el reglamento de la IMCO.

El juego está formado por:

1 luz de tope

2 luces de posición

1 luz de coronamiento

1 luz de ancla

1 lámpara para señales morse y

1 lámpara de señales diurnas exigidas por IMCO

- Alarmas: un sistema de alarma de máquinas provisto de señales audibles y visibles en el puente de mando.

c. Equipos de comunicación:

- 1 transmisor - receptor SSB
- 1 radio transmisor VHF
- Radio marino
- 1 radio teléfono furuno NS - 3A de 100 w. alcance 400 millas náuticas y 10 canales.
- 1 radio transmisor - receptor portátil furuno o similar para el bote salvavida, incluyendo un juego normal de piezas de repuesto.
- Sistema anunciador general: este sistema permitirá la transmisión de órdenes y alarmas dentro de todo el buque. Consistirá de un amplificador central maestro instalado en el puente de mando, al amplificador central tiene entrada desde el receptor de radio para difundir a bordo programas de entretenimiento a su personal, el cual estará enlazado a las estaciones de intercomunicación ubicados en:

Comedor

Camarotes

Sala de máquinas

Control de proa en maniobras

Puente de mando

d. Equipo de Salvataje y contra incendios:

- Chalecos salvavidas se dispondrá en un número de 10 para la dotación del buque y ubicados convenientemente con cada una de las literas.
- Boyas circulares: se dispondrá de 4 boyas circulares con sus líneas de vida correspondiente, ubicados dos en los costados del entrepuente y dos en el puente de comando.
- Balsa salvavida inflable: se proveerá de una balsa salvavidas inflable automática, con capacidad para 15 personas e instalada en la cubierta del puente de comando con su dispositivo de lanzamiento de modo que no interfiera en las operaciones normales de maniobra.
- Un lanza cabos del tipo N^o 1, capaz de lanzar una guía de 230 m. como mínimo.
- Doce señales de socorro tipo sonoras y 12 visuales con paracaídas (pistola de señales).

El sistema de contra incendio consistirá de:

- Seis extinguidores de CO₂ de 4.54 Kg. cada uno, ubicados dos en cada departamento de máquinas, y dos en el entrepuente.

e. Equipo de maniobra, taller y pañoles de herramientas y accesorios.

Equipo de maniobra:

- Una grúa hidráulica con capacidad de levante de 15 Tons. y accionada desde uno de los motores propulsores acoplado al toma fuerza por medio de una bomba hidráulica de 189.25 lit/mín. a 140.6 Kg/cm², a limentados por una red de tuberías, mangueras y co nexiones hasta el sitio donde se encuentra la grúa.
- Dos pescantes en proa con capacidad de levante de 5 Tons.
- Dos pescantes opcionales ubicados a popa con capacidad de levante de 3 Tons.

Equipos de Taller:

El taller tal como se lo ha descrito en la sección 4.4, con acceso al pañol de herramientas y de pinturas bajo la cubierta principal dispondrá de los siguientes elementos: ver sección 4.14.

- Un banco de trabajo de 2 m. de largo con cajones de usos varios.

- Un acumulador de gas acetileno y uno del oxígeno
- Una soldadora eléctrica, con sus respectivos cables de extensión.
- Un equipo de soldadura autógena
- Un taladro para broca de hasta 32 mm. con su respectivo juego de brocas
- Una esmeriladora eléctrica
- Un compresor de aire (eléctrico)
- Un equipo de chorreado de tipo manual
- Dos baterías de 12 Volt. y 27 placas, cada uno
- Un armario para guardar herramientas
- Un juego completo de herramientas de mano como: llaves, tenaza, martillo, cinceles, limas, alicates, destornilladores, compás, tijeras, lámparas de mano, cinta métrica, etc.

En los pañoles bajo cubierta, se dispondrá del arreglo necesario para la estiba de pinturas, cabos y almacenaje de los cilindros de gas para intercambio y repuestos para las boyas lumínicas.

4.16. DETERMINACION DE PESO LIGERO Y PESO MUERTO

La determinación del peso muerto (DWT) real del buque, se realizó mediante la comprobación de la diferencia entre el desplazamiento total (Δ total), al

calado correspondiente y el peso del buque en su condición ligera (Δ Lig), esto es el buque completamente listo para el servicio. Por consiguiente el peso muerto real del buque se comprobará únicamente en el momento de ejecutarse la experiencia de estabilidad o inclinación fijándose aproximadamente con el peso muerto calculado a un calado obtenido por medio de las curvas hidrostáticas.

Las ecuaciones del desplazamiento están dadas por las siguientes formulaciones:

$$\Delta \text{ Total} = \Delta \text{ Lig.} + \text{DWT} \quad (4.30)$$

$$\Delta \text{ Lig.} = W_{\text{cero}} + W_{\text{equipos}} + W_{\text{máquina}} \quad (4.31)$$

Donde:

$$\text{DWT} = \text{DWT carga} + \text{DWT otros} \quad (4.32)$$

$$\text{DWT otros} = W_{\text{fuel}} + W_{\text{agua}} + W_{\text{víveres}} + W_{\text{pertrechos}} \quad (4.33)$$

Por consiguiente, de acuerdo a las ecuaciones anotadas calculamos por separado los pesos correspondientes de cada uno de los componentes, los mismos que se han venido describiendo en las secciones anteriores en los siguientes grupos:

Agrupación de Pesos:

1. Casco-completo:

Comprende forro, estructurales y soldadura de:

- Envoltura de casco
- Mamparos y divisiones de casco
- Forro de superestructura
- Mamparos y divisiones de superestructura.

2. Maquinarias principales, auxiliar y sistemas

- 2 Motores propulsores
- Líneas de ejes, hélice y cojinetes
- Tuberías de combustible y aceite
- 1 Generador
- 1 Bomba hidráulica para grúa
- 2 Bombas manual para aceite de máquina
- 2 Bombas eléctricas de 28.38 lit/min. para trasvasije de combustible.
- 2 Bombas eléctricas de setina
- 2 Bombas eléctricas de 30.28 lit/min. para agua dulce de sanitarios, y equipo de chorreado.
- 1 Bomba eléctrica de 56.77 lit/min, para agua potable.
- Tablero y circuitos eléctricos, banco de baterías.

3. Equipos

- Fondeo y amarre
- Navegación y comunicación
- Salvataje y contraincendio
- Maniobra, taller y paños de herramientas.

4. Habitabilidad y mobiliario

5. Consumos

- Combustible
- Aceite de máquina
- Aceite hidráulico
- Agua dulce para sanitario
- Agua potable
- Víveres y vituallas

6. Carga

- Boyas
- Bodega para arena
- Pañoles de pintura, cilindros y baterías
- Tanque de agua dulce para chorreado en porcentaje del consumo sanitario.

7. Márgen de seguridad por apreciación de pesos e items no especificados.

Para el cálculo sobre el peso estructural de escantillones se vio la necesidad sobre este item utilizar medidas y unidades inglesas, por cuanto así están contenidas en los catálogos, pero que con posterioridad, en el resumen final se traduce al sistema métrico.

De acuerdo a la agrupación de pesos antes descrito el desarrollo del desglose de pesos que a continuación se describen, están referidos al conjunto catamaran.

1. CASCO COMPLETO

ITEM	MATERIAL	AREA (pies ²)	PESO UNIT. (lb/pie ²)	PESO TOTAL (lbs)
<u>Casco</u>				
Forro: obra viva y muerta	R 1/4"	3.100	10.20	31.620.
Forro: cubierta	R 1/4"	1.396,3	10.20	14.242.2
Mamparos: (N ^o 5 10, 15, 23, 30, 35, 31).	R 3/16"	930.8	7.65	7.114.5
Divisiones	R 3/16"	215.2	7.65	1.646.3
Subtotal (1)				54.623.0
Estructurales del caso 30% del Subtotal(1)				16.386.9
TOTAL (1)				71.009.9
				32.210.1 Kg.

ITEM	MATERIAL	AREA (pie ²)	PESO UNITARIO (lb/pie)	PESO TOTAL lbs.
<u>Superestructura</u>				
Forro: costados y cubierta (CUB-A)	3/16"	1 354,1	7.65	10 358.8
Forro: costados y cubierta (CUB-B)	3/16"	540.35	7.65	4 133.6
Mamparos:	3/16"	367.00	7.65	2 807.5
Divisiones	3/16"	1 821.20	7.65	13 932.2
SUBTOTAL (2)				31 232.1
Estructurales de superestructura 25% del Sub-total (2)				7 808.0
TOTAL (2)				39 040.1
				17.708,6 Kg

ITEM	MATERIAL	AREA (pies ²)	PESO UNITARIO (lb/pie ²)	PESO TOTAL lbs.
<u>Puente de unión</u>				
Forro: fondo	1/4"	599.33	10.20	6 113.2
Estructurales del puente 30%(Forro fondo + 50% cubierta)				3 970.3
TOTAL (3)				10 083.5
				4 573.8 Kg

Resumen del Peso Estructural

Planchaje:

Casco, Superest. y Puente	41 712.22 Kg.	(91 968.3 lbs.)
---------------------------	---------------	-----------------

Estructurales:

Casco, Superest. y Puente	12 774.32 Kg.	(28 165.2 lbs.)
---------------------------	---------------	-----------------

TOTAL	54 486.54 Kg.	120 165.5 lbs.
-------	---------------	----------------

Soldadura:

4% del Peso Total Estruct.	2 179.46 Kg.	(4 805.3 lbs.)
----------------------------	--------------	----------------

TOTAL CASCO	56 666.00 Kg.	(124 938.8 lbs.)
-------------	---------------	------------------

Margen 10%	5 666.60 Kg.	(12 493.8 lbs.)
------------	--------------	-----------------

CASCO COMPLETO	62 332.60 Kg.	(137.432.6 lbs.)
----------------	---------------	------------------

Maquinaria Principal Auxiliar y Sistema

CANT.	DESCRIPCION	PESO UNITARIO Kg.	PESO TOTAL Kg.
2	Motores GM 3/53-73 HP	535.19	1 070.38
2	Ejes de acero inoxidable de 50.8 mm.	48.44	96.88
2	Hélices de bronce B-4.55 de 762 mm. x 957.2 mm (30" x 18")	40.82	81.64
6	Cojinetes	13.60	81.60
	Tuberías varias de acero negro 25.4 mm. x 19 m. x 2.41 Kg/m		45.72

CANT.	DESCRIPCION	PESO UNITARIO Kg	PESO TOTAL Kg.
1	Generador Honda 10 Kw.	--	181.42
1	Bomba hidráulica de 189.25 lit/min 140.6 Kg/cm ²	--	113.38
2	Bombas manual para aceite	--	--
2	Bombas eléctricas 28.38 lit/min. para trasvasije de combustible	12.25	24.50
2	Bombas eléctricas 37.85 lit/min. para sentina	13.60	27.20
2	Bombas eléctricas de 30.28 lit/min. para agua dulce	11.34	22.68
1	Bomba eléctrica de 56.77 lit/min. para agua potable	--	15.87
4	Baterías de 12V - 24 placas	36.30	145.20
	Tableros, distribución y circuitos eléctricos.	--	226.77
TOTAL			2 133.24

Equipos

CANT.	DESCRIPCION	PESO UNITARIO Kg.	PESO TOTAL Kg.
	<u>Fondeo y Amarre</u>	-	
4	Anclas de fondeo tipo Danforth de 104 Kg. cada uno	104.00	416.00
2	Anclas de reserva tipo Danforth	104.00	308.00
4	Cadenas de 96 m. x 12.5 mm. c/u	--	1 514.85

CANT.	DESCRIPCION	PESO UNITARIO Kg	PESO TOTAL Kg.
4	Cabrestantes con tambor 12,5 mm.	136.00	544.00
6	Bitas dobles de tubo 15 cm.	27.21	163.26
<u>Navegación y comunicación</u>			
1	Compás magnético	--	6.80
1	Equipo ecosonda FURUNO de 6.37 millas náuticas	--	54.42
1	Gobierno hidráulico-manual doble WAGNER de 2.500 lb-pie	--	136.00
1	Consola mapoteca de gobierno	--	113.38
1	Transmisor-receptor SSB	--	4.55
1	Radio transmisor VHF	--	4.55
1	Radio marino	--	4.55
1	Radio teléfono FURUNO	--	4.55
1	Radio transmisor-receptor portátil	--	6.80
<u>Salvataje y contra-incendio</u>			
1	Bote insuflable para motor fuera de borda de 45 Hp	--	22.67
6	Extintidores de CO ₂ de 4,54 Kg. cada uno	45.35	272.10
1	Motor fuera de borda de 45 Hp		45.35
<u>Equipo de maniobra</u>			
1	Grúa hidráulica de 15 Ton. de capacidad.	--	6 122.92
2	Pescantes, Capacidad 5 Ton.	68.00	136.00
2	Pescantes, Capacidad 3 Ton.	54.4	108.80

T.	DESCRIPCION	PESO UNITARIO Kg.	PESO TOTAL Kg.
	<u>Equipo de taller</u>		
	Mesa de trabajo de madera	--	132.30
	Acumuladores de gas acetileno	110.00	220.00
	Acumulador de gas oxígeno		110.00
	Soldadura eléctrica	--	68.00
	Soldadura autógena	--	45.35
	Compresor de aire	--	27.20
	Equipo de chorreado	--	68.00
	Baterías de 12V-24 placas	36.30	72.60
	Armario de madera		36.28
	Herramientas varias		45.35

bitabilidad

NT.	DESCRIPCION	PESO UNITARIO Kg.	PESO TOTAL Kg.
2	Literas individuales, metálicas	18.5	37.00
4	Literas dobles, metálicas	18.5	74.00
7	Armarios	27.2	190.40
6	Mesillas de camarotes	18.5	111.00
6	Sillas	9.0	18.00
4	Butacas dobles	22.6	90.40
3	Escritorios con sillas	58.9	176.70

NT.	DESCRIPCION	PESO UNITARIO Kg.	PESO TOTAL Kg.
4	Servicios con WC-baño	58.9	235.60
	Lavadero	13.6	13.60
	Cocina de gas y 2 cilindros		68.00
	Anaqueles de cocina	--	45.35
	Refrigeradora		68.00
	Mesa comedor y 6 sillas		100.00
	Diván-armario (comedor)		54.40
AL			1.282.45

Consumos Diversos

a) Combustible-Diesel

De acuerdo a la sección 4.12, se determinó que la capacidad total de combustible sería de: 5.723 lit.

(1.512 Gls.)

Por efectos de ubicación de tanques y utilizando un margen de reserva se toma un volumen total de 7 m³ (7.000 lts.) o sea 1.850 Gls., entonces;

Peso del combustible (diesel) 5.957 Kg.

b. Aceite lubricante para máquinas

De acuerdo al catálogo, para un motor GM/3-53-101 - Hp se señala una capacidad para los dos motores propulsores de 1135.5 lts. (300 Gls.)

Peso de aceite lubricante 1061.3 Kg.

c. Aceite hidráulico.

De acuerdo a las especificaciones de la grúa hidráulica se determina la capacidad de 2 271.0 lts. (600 gls.)

Peso del aceite hidráulico 2122.6 Kg.

d. Agua potable de consumo humano

Para este cálculo se ha tomado el siguiente procedimiento (9) mostrados en la tabla que sigue:

AGUA POTABLE

ITEMS	CONSUMO lit/pers./día	Nº de personas	Nº de días	Cap. total (lts)
Lavabos	18	10	6	1080
Baños y duchas	-	-	-	-
Cocina	8	10	6	480
Lavado, vajillas.	20	10	6	1200
Limpiezas	-	-	-	-
Total Agua potable				2760
Peso total de Agua potable				2760 Kg.



BIBLIOTECA
FAC. I G.
MARITIMA

e) Agua dulce para servicios y usos varios

De la misma manera que la anterior tenemos:

AGUA DULCE

ITEMS	CONSUMO Lit/pers x día	Nº de PERSONAS	Nº de DIAS	CAP. TOTAL lts.
Lavabos	-	-	-	-
Baños y duchas	110	10	6	6.600
Cocina	-	-	-	-
Lavado vajillas	-	-	-	-
Limpieza	19	10	6	1.140
TOTAL DE AGUA DULCE				7.740
PESO TOTAL DE AGUA DULCE CONSUMOS VARIOS:				7.740 Kg.

Luego, resumiendo los items para el grupo de consumos diversos, tenemos:

a) Combustible (diesel)	7 000 lit.	5 957 Kg.
b) Aceite lubricante	1 135.5 lit	1 061.3 Kg.
c) Aceite hidráulico	2 271 lit.	2 122.6 Kg.
d) Agua potable	2 760 lit.	2 760 Kg.
e) Agua dulce	7 740 lit.	7 740 Kg.
PESO TOTAL DE CONSUMOS		19 640,9 Kg.

6. Carga:

Este ítem comprende los siguientes grupos:

a) Dos boyas metálicas de 6 T, c/u	12 000 Kg.
b) Bodega de arena para el chorreado con capacidad total de $24.33 \text{ m}^3 \times$ $1850 \text{ Kg/m}^3 \times 0.954$ (aprox.)	42 909,38 Kg
c) Paños de pintura con capacidad de 378.5 lits.	1 269.9 Kg.
d) Pañol de almacenaje de cilindros de gas para las boyas lumínicas, con capacidad de 24 cilindros, con un peso promedio de 110 Kg.	2 640 Kg.
e) Porcentaje adicional de agua dulce para el equipo de chorreado, considerado el 50% de la capaci- dad total para consumos varios (3870 lits.)	3 870.0 Kg.
PESO TOTAL DE CARGA	<u>62 689.28 Kg</u>

A continuación en base del desglose de los pesos por grupos antes descritos, determinaremos el desplazamiento total, desplazamiento ligero y peso muerto, conforme a las ecuaciones establecidas al inicio de esta sección:

GRUPOS	DESCRIPCION GENERAL	PESO TOTAL	
		Kg.	Tm.
1	Casco, completo	62 332.60	62.33
2	Máquinaria principal y auxiliar	2 133.24	2.13
3	Equipos	11 387.83	11.38
4	Habitabilidad	1 282.45	1.28
	Sub-total	77 136.12	77.13
	Margen (10%)	7 713.61	7.72
	Desplazamiento ligero	84 849.73	84.85
	Peso muerto (DWT)		
5	Consumos	19 640.90	19.64
6	Carga	62 689.28	62.69
	SUBTOTAL	82 330,18	82.33
	MARGEN (10%)	8 233.20	8.23
	PESO MUERTO (DWT)	90 563.38	90.56

Luego el desplazamiento total según fórmula (4.30) será:

$$\begin{aligned} \Delta \text{ TOTAL} &= \text{LIG} + \text{DWT} \\ &= 84.85 + 90.56 \\ \Delta \text{ TOTAL} &= 175.41 \text{ Tm.} \end{aligned}$$

4.17. ASIENTO Y ESTABILIDAD (KG-GM)

Los principios que rigen en el estudio de estabilidad longitudinal de un buque, son los mismos que para la estabilidad transversal por lo que su diferencia está en que, los ángulos de inclinación en el sentido longitudinal son relativamente pequeños comparados con los ángulos de escora en el sentido transversal, por esta razón en la estabilidad longitudinal no se considera dicho ángulo sino más bien se determina en términos de la diferencia de calados a proa y popa el mismo que recibe el nombre de asiento o trimado del buque.

Antes de determinar el asiento del buque, primero se calculará la altura aproximada del centro de gravedad (KG) en términos de su disposición general por agrupación de pesos, plano N° B-3, B-4.

El cálculo que se muestra en la Tabla N° VII objetiviza una agrupación de pesos lo más aproximado posible considerando los respectivos centros de gravedad para cada grupo, referido a la quilla.

En la tabla N° VII se indican las alturas del centro de gravedad respecto a la quilla para cada grupo, a fin

de obtener los momentos verticales, así como las respectivas distancias longitudinales del centro de gravedad de cada grupo, referido a la sección media a fin de obtener los momentos longitudinales.

La agrupación de pesos indicados en la tabla antes mencionada está conforme al desglose de pesos descritos en la sección 4.16 y ajustados con el porcentaje de margen respectivo por pesos no especificados.

El cálculo desarrollado en la Tabla N^o VII es para la condición de plena carga, donde se observa que el asiento del buque es cero, esto es, no existe diferencia de calados de proa a popa.

La segunda condición de carga del buque está en función de la carga sobre cubierta, de dos boyas, por lo que, ésta es básicamente variable, por cuanto los demás ítems de pesos considerados como carga se asume como permanentes por efectos necesarios y propios para el servicio que realiza.

A continuación se analizará la segunda condición del buque, esto es sin su "carga variable", para obtener los momentos de asentamiento y el asiento o trimado correspondiente en esta condición, con sus respectivos calados a proa y popa.

a) Condición preliminar:

De las curvas hidrostáticas, Plano B-2, para el ca lado de carga obtenemos:

$$\begin{aligned} d_i &= 1.40 \text{ m.} & \Delta &= 183.12 \text{ t} \\ \text{LCF} &= 0.10 \text{ m(+)} \\ (\text{MTCm})_i &= 2.14 \text{ tm/cm} \end{aligned}$$

b) Primera condición de carga total (incluido boyas)

De la tabla N^o VII tenemos:

$$\begin{aligned} \text{KG carga} &= 1.81 \text{ m.} \\ \text{lcg carga} &= 0.57 \text{ m.} \\ \Delta \text{ carga} &= 183.12 \text{ t} \end{aligned}$$

c) Segunda condición final de carga (excluido boyas)

$$\begin{aligned} P \text{ (peso de dos boyas)} &= 13.29 \text{ t} \\ \Delta_{\text{final}} &= 183.12 - 13.29 = 169.83 \text{ t} \end{aligned}$$

Con este desplazamiento final, de las curvas hidrostáticas se obtienen los siguiente valores:

$$\begin{aligned} d_f &= 1.32 \text{ m.} \\ \text{LCF} &= 0.19 \text{ m.} \\ (\text{MTCm}) &= 2.08 \text{ tm/cm} \end{aligned}$$

Luego asumiendo una variación uniforme de calado será:

$$X = d_f - d_i - 1.32 - 1.40 = -0.08 \text{ m.}$$

el momento de asentamiento producido (M_c):

$$M_c = P \cdot \text{leg } F = 13.29 \times 4.5 = 59.805 \text{ m.}$$

variación de asiento (δt):

$$\delta t = \frac{M_c}{MTC_m} \quad (4.34)$$

donde el (MTC_m) será el promedio entre el inicial y final respectivamente:

$$MTC_m = \frac{(MTC_m)_i + (MTC_m)_f}{2} = 2.11 \text{ tm/cm} \quad (4.35)$$

entonces:

$$\delta t = \frac{59.805 \text{ tm}}{2.11 \text{ tm/cm}} = 28.36 \text{ cm.}$$

en consecuencia, el incremento de calado hacia popa será:

$$x_{\text{popa}} = \delta t \cdot \frac{l}{L} \quad (4.36)$$

donde: l , es la distancia desde la perpendicular de popa al centro de flotación 11.55 m. y L , es la eslora en línea de carga.

$$x_{\text{popa}} = 28.36 \left(\frac{11.55}{23.18} \right) = 14.13 \text{ cm (+)}$$

el incremento a proa será:

$$X_{\text{proa}} = \delta t - X_{\text{popa}} = 28.36 - 14.13 = 14.23 \text{ cm. } (-)$$

RESUMEN DE CALADOS FINALES:

ITEM	CALADO POPA (m)	CALADO PROA (m)
Calado inicial	1.40	1.40
Variación uniforme	- 0.08	-0.08
Variación por asiento	+ 0.141	-0.142
	1.461	1.178

A continuación, se realiza el análisis para la estabilidad transversal y sus efectos para esta condición crítica.

Por consiguiente hemos de suponer los siguientes puntos y términos de referencia para el estudio:

- Tomaremos el valor del desplazamiento actual incluido una boya.
- Se utilizaría el valor de la altura metracéntrica para la condición de carga.
- Se asume que el ángulo de escora está comprendido en tre los 15° .

- Los datos pertinentes de la grua están tomados de acuerdo a lo señalado por el fabricante, ver sección 4.14.
- El análisis, está referido a la boya de dimensiones y peso mayor, ver tabla N° 1.

La descripción general del sistema está mostrado en la figura N° 17.

Características de la boya analizada:

Peso = 6.645 t

Altura total = 11.0 m.

De acuerdo a las características de la boya, y al diagrama de capacidad de carga de la grua seleccionada, se determina que ésta debe trabajar en la siguiente condición:

ángulo de la pluma : 80°

capacidad para este ángulo: 13.6 t

radio de la pluma: 3.05 m.

altura de la pluma desde el pivot: 12,19 m.

altura de la pluma desde la cubierta: 13.79 m.

centro de gravedad aprox, de la grúa

desde su base: 3.66 m.

y desde cubierta: 4.06 m.

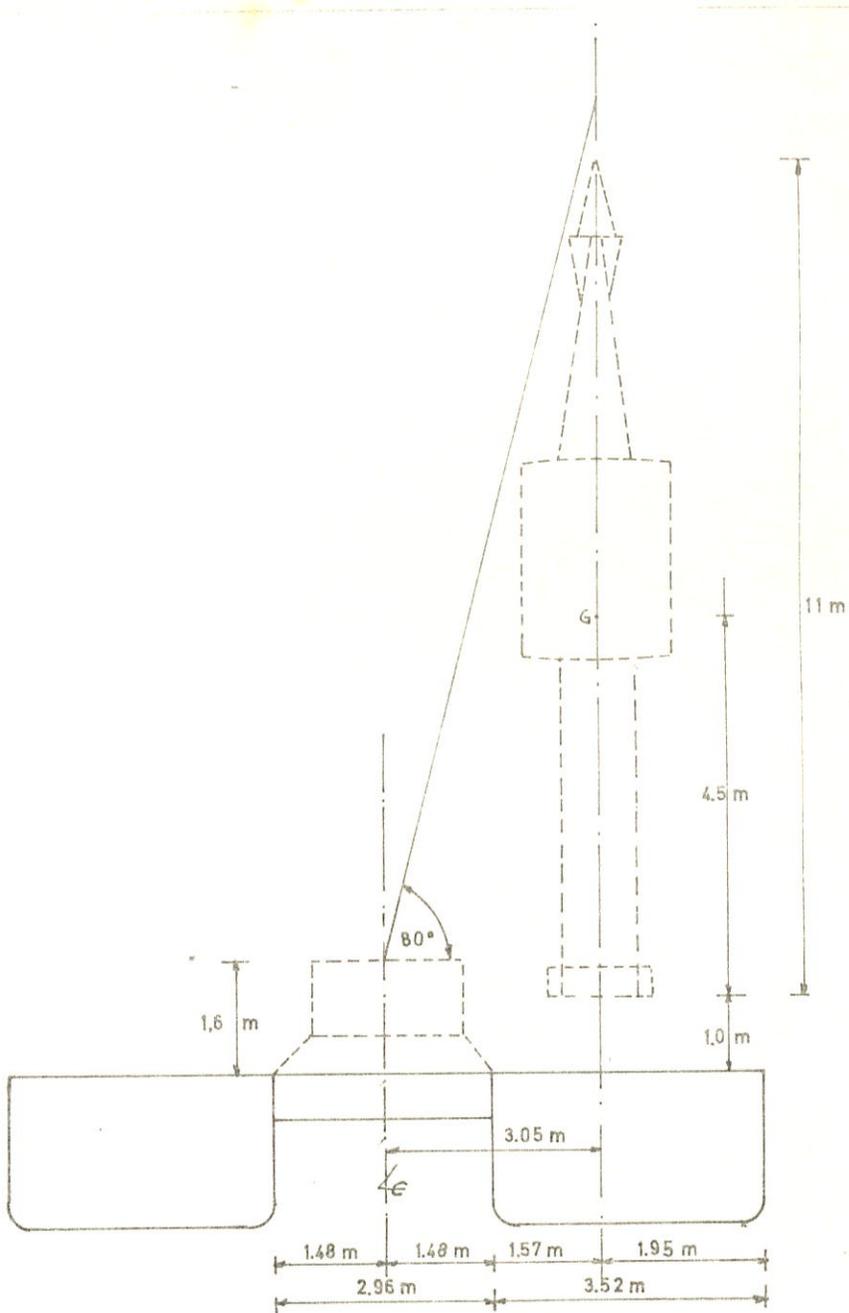


FIG N° 17 VISTA TRANSVERSAL CON LA BOYA IZADA

Se ha considerado como claro desde la base inferior de la boya a cubierta lm. con la finalidad de facilitar la maniobra.

El momento recuperante o de estabilidad (ME) está dado por:

$$ME = \Delta GZ \quad (4.37)$$

o será $ME = \Delta (GM_t \cdot \sin \theta)$ (4.38)

el momento inclinante o escorante es:

$$MI = P (h \cdot \sin \theta) \quad (4.39)$$

Por el estudio preliminar de estabilidad inicial determinado en la sección (4.5), podemos asumir que el ángulo de escora está comprendido dentro del análisis de la estabilidad transversal para pequeños ángulos de escora hasta 15° , en consecuencia se establece la siguiente fórmula (10) para determinar el ángulo de escora debido a esta elevación de peso inclinante.

$$\theta = \arctg \left(\frac{\bar{GG}_1}{GM_t} \right) \quad (4.40)$$

donde, el desplazamiento del centro de gravedad del buque debido a dicho peso (boya) inclinante, desde su posición G a la posición G_1 , está dado por:

$$\bar{GG}_1 = \frac{P \cdot h}{\Delta} \quad (4.41)$$

donde

$$P \text{ (peso de una boga)} = 6.645 \text{ t}$$

$$h \text{ (altura total)} = 13.79 \text{ m.}$$

$$\Delta \text{ (incluido una boga)} = 176,475 \text{ t}$$

$$\text{Luego } \bar{GG}_1 = 0.591 \text{ m.}$$

La altura metacéntrica real del buque en estas condiciones está dado por la siguiente fórmula (9).

$$GM_x \text{ (real)} = \left(GM \text{ carga} - \frac{P \cdot h}{\Delta} \right) \quad (4.42)$$

o sea:

$$GM_x \text{ (real)} = \left(8.033 - \frac{6.645 \times 13.79}{176.475} \right)$$

$$GM_x \text{ (real)} = 7.514 \text{ m.}$$

Por consiguiente el ángulo de escora ocasionado por dicho peso suspendido está dado por la fórmula (4.40).

$$\theta = \text{tg}^{-1} \left(\frac{0.591}{7.514} \right)$$

$$\theta = 3.95^\circ \approx 4^\circ$$

Por último determinaremos los momentos respectivos anotados anteriormente, a fin de obtener el momento final o sea

el momento recuperante o de estabilidad.

$$ME_i = \Delta(GM_T) \text{ real } \sin \theta$$

$$ME_i = 176.475 \times 7.14 \sin 4^\circ$$

$$ME_i = 92.499 \text{ tm (+)}$$

luego

$$MI = P (h \cdot \sin \theta)$$

$$MI = 6,645 \times 13,79 \cdot \sin 4^\circ$$

$$MI = 6,392 \text{ tm (-)}$$

Así, el momento recuperador final será:

$$ME_f = (92,499 - 6,392)$$

$$ME_f = 86,107 \text{ tm (+)}$$

18. PLANIFICACION GENERAL DE CONSTRUCCION

La planificación general de construcción ha de elaborarse en terminos de referencia inmediatamente antes y después de la suscripción del contrato de construcción del buque. Es un plan a largo plazo por lo que deberá tenerse en cuenta para su elaboración los siguientes puntos:

a. Antes de la firma del contrato

a.1. Condiciones impuestas por el armador

a.2. Conocimiento general del buque a construir y sus especificaciones de construcción.

- a.3. Conocimientos de la capacidad de producción actual o proyectada del astillero.
- a.4. Conocimiento general de los recursos disponibles y proyectados (mano de obra, máquinas, equipos y materiales disponible).
- a.5. Conocimiento de la política de financiación de la empresa.
- a.6. Conocimiento de las probables fechas de entrega de los equipos principales tanto nacionales como ímportados.
- a.7. Considerar los eventos claves para el buque en cuanto a: firma del contrato, puesta de quilla, lanzamiento y entrega.
- a.8. Tener en cuenta la política de la empresa durante este período.

La planificación general antes de la firma del contrato debe realizarse para fijar una fecha de entrega del buque que beneficie al armador y al astillero.

b. Después de la firma del contrato:

- b.1. Tiempo de construcción y/o fecha de entrega de acuerdo al contrato.
- b.2. Conocimientos de las fechas de llegada de los equipos principales, tanto nacionales e ímportados.

- b.3. Fechas de ejecución de los eventos claves, tales como: puesta de quilla, erección, equipos principales, lanzamiento, pruebas de mar y entrega.
- b.4. Reajustes de los puntos considerados anteriormente.
- c. Documentos generados en la planificación general:
 - c.1. Cronograma general y preliminar, conteniendo los puntos del ITEM N° 1
 - c.2. Cronograma de adquisición y recepción de materiales y equipos principales, en éste se indicarán las fechas de adquisición y llegada al astillero.
 - c.3. Cronograma general de construcción, considerando los puntos del ITEM N° 2.
 - c.4. Cronograma general del astillero, en el que se considerará todos los cronogramas generales que los diferentes programas que construye el astillero, incluyéndose el cronograma del nuevo contrato.

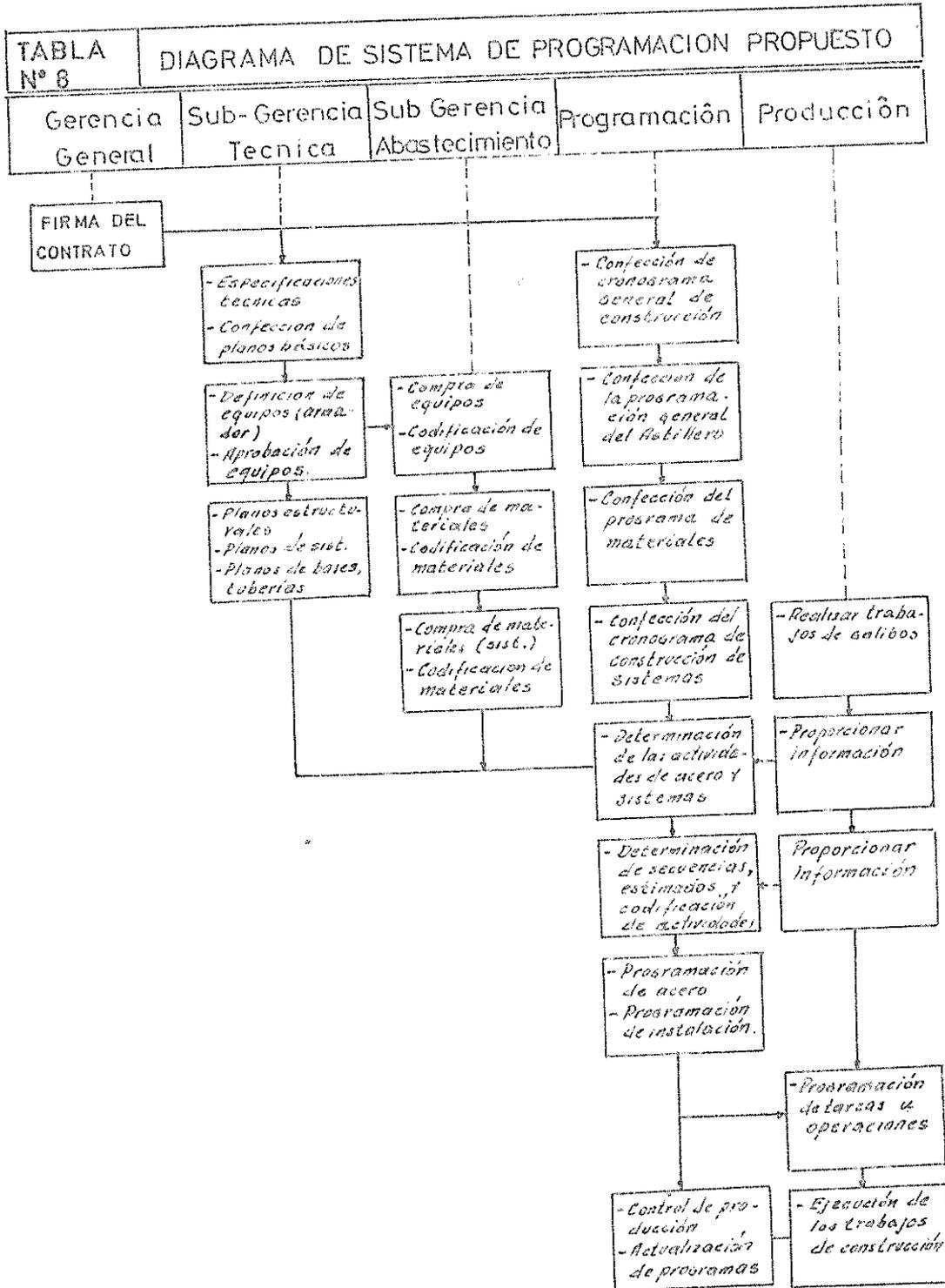
Tomando en cuenta las consideraciones antes anotadas, conviene tomar un modelo de Astillero de nuestro medio y aplicando un esquema general y técnico de un diagna-

ma de flujo de actividades, directamente seleccionadas en la secuencia de eventos en la consecución de la planificación general de la construcción desde la firma del contrato a la ejecución de los trabajos para la construcción; se presenta el siguiente sistema de programación propuesto conforme se muestra en la tabla N^o VIII.

El cuanto al comportamiento sobre el avance de la construcción se presenta la curva "S", conocida generalmente como la curva de avance de la mano de obra, en términos de porcentaje (%) de avance de la obra, versus - tiempo de construcción (figura N^o 18).

Luego, tomando como modelo los Astilleros Navales Ecuatorianos "ASTINAVE" y por experiencia del autor adquirido en ella, se considera aplicable el sistema propuesto (tabla N^o VIII) como sus instalaciones y disponibilidad de la mano de obra técnica.

Por consiguiente, en términos de experiencia del autor en ASTINAVE, en cuanto a la disponibilidad de personal técnico, instalaciones, materiales y programa de actividad de este Astillero, se considera en términos medios que la duración total para el proceso de -



CATAMARAN PARA EL SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE FAROS Y

BOYAS

CONSTRUCCION N°

FECHA DE ENTRADA EN VIGO CONTRACTUAL
 FECHA COMIEZO DE OBRA

PREVISTA
 REAL

CURVA "S" AVANCE DE MANO DE OBRA

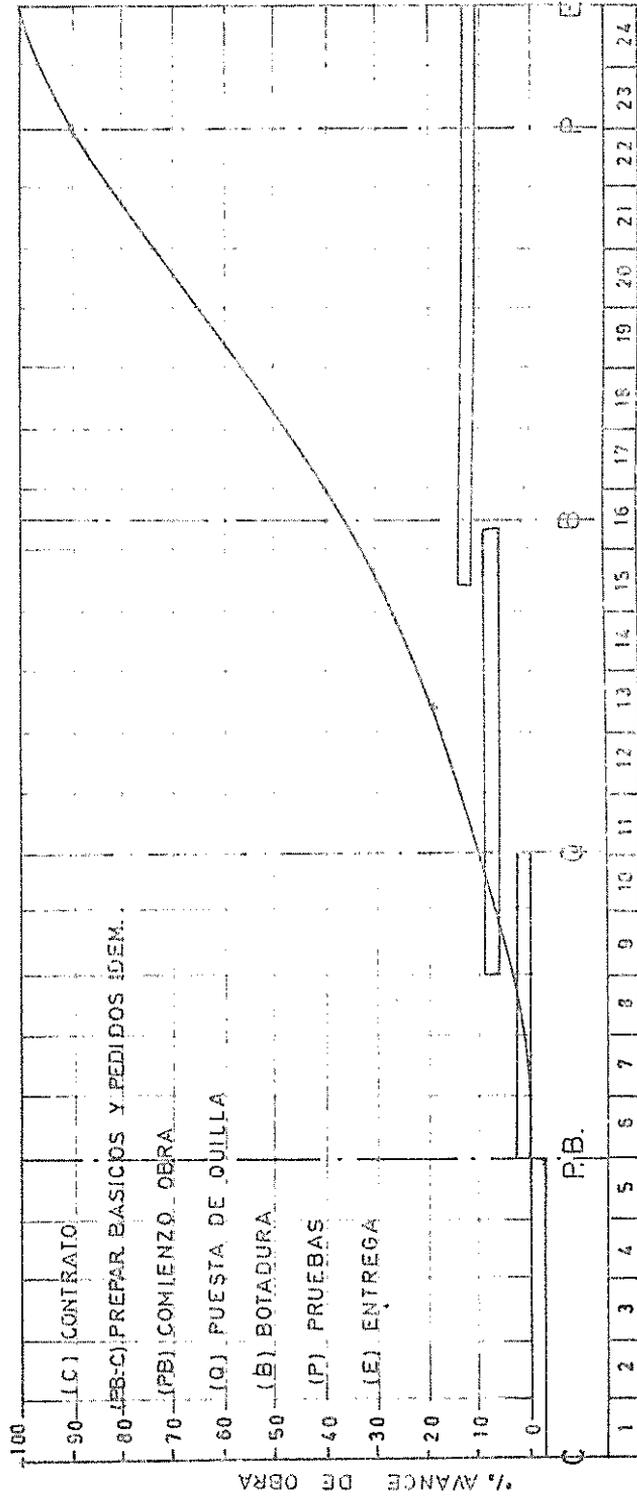


Fig. N° 18

construcción de este proyecto desde la suposición de la firma del contrato hasta el evento final de pruebas y entrega del buque será de 24 meses calendario. Por lo que, a continuación se presenta la secuencia del montaje como la planificación general de la construcción de este proyecto (tabla N^o IX), utilizando el método de barras para mostrar el tiempo de duración de cada evento en esta secuencia, indicándose el tiempo previsto como la holgura permisible para cada una de ellas.

V. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Conforme a lo descrito en las secciones correspondientes - del Cap. IV en cuanto a estructura, maquinaria, equipos, sistemas y habitabilidad para el equipamiento del buque "Catamaran" y de acuerdo a la planificación general de su construcción hemos de proceder a determinar el costo total de este proyecto, basados en los siguientes criterios referenciales:

1. Costo del material: se ha tomado referencia respecto a cotizaciones obtenidas en el mercado de Guayaquil.
2. Costos de equipos en general, en algunos casos de acuerdo a cotización local, otros obtenidos por medio de catálogos como el "Manhattan Marine - 1981" y en el caso especial de la grúa hidráulica, obtenida por cotización directa del exterior por el autor.
3. Habitabilidad y mano de obra: en lo que respecta a trabajos como, prefabricación, montaje y trabajos sobre materiales de carpintería, se ha tomado referencia a costos promedios de la mano de obra local.

Al final del presente capítulo se presenta el cuadro del resumen final de costos de acuerdo a los grupos aquí esta-

blecidos con los siguientes rubros parciales:

- Costos por material directo
- Costos misceláneos, ocasionados por los materiales
- Costos de la mano de obra, y
- Costos misceláneos, ocasionados por la mano de obra.

5.1. MATERIALES: CASCO Y SUPERESTRUCTURA

Casco completo:

Materiales: acero	62 332.6 Kg x 22.05 x Kg	S/.1'374 326.00
Mano de obra:	62 332.6 Kg 33.07 x Kg.	" 2'061 489.00
	TOTAL:	<u>S/ 3'435 815.00</u>

5.2. MAQUINARIA Y EQUIPOS

Los costos que a continuación se describen están basados a cotizaciones obtenidas en el mercado de Guayaquil y catálogos del MANHATTAN MARINE - 1.981.

5.4. MANO DE OBRA

Como se dijo al inicio de este capítulo, el costo de la mano de obra para cada grupo descrito en este capítulo, se ha tomado valores promedios obtenidos de la mano de obra local, por lo que, al final de este capítulo se presentará los rubros correspondientes a este ítem, en el resumen final de costos de construcción del proyecto.

5.5. MISCELANEOS

Esta sección se refiere a diversos grupos de materiales no considerados dentro del desglose presupuestario del costo final a obtenerse para el equipamiento total del buque aquí considerado.

Los materiales misceláneos se refieren a aquellos tales como: residuos, herramientas y equipos utilizados, materiales fungibles y planeamiento técnico.

Por consiguiente, este rubro ha de ser introducido para cada grupo dentro del resumen final de costos del proyecto.

Así, este rubro sobre costos misceláneos para cada grupo aquí considerado ha sido tomado en los siguientes

tes porcentajes (11):

- a) Costos misceláneos ocasionados por los materiales el 10% sobre el costo del material.
- b) Costos misceláneos ocasionados por la mano de obra el 33% sobre el costo de la mano de obra.

Así también, se ha creído conveniente introducir los siguientes grupos no considerados en el presente análisis:

- Acabado final
- Lanzamiento y pruebas previo a la entrega.

Por lo que, para la estimación de costos para los grupos antes indicados, se ha tomado en términos comparativos sobre trabajos similares, desarrollados en nuestros astilleros y varaderos locales.

Acabado final, este grupo se refiere a:

- Preservación del casco
- Pintada, casco y superestructura, habitabilidad
- Protección catódica

Lanzamiento y pruebas, estas se refieren a las pruebas previstas a la entrega y recepción del buque aquí proyectado.

1. Pruebas en tierra:

- Inspección ocular de todo el buque
- Verificación del estado de la pintura
- Pruebas de estanqueidad de tanques y compartimentos.
- Pruebas del sistema CO₂ fijos.

2. Pruebas a flote:

- Verificación de los circuitos eléctricos
- Verificación del sistema de carga: grúa - boya
- Verificación de los circuitos de combustible
- Verificación de los circuitos de agua
- Verificación de los circuitos sanitarios
- Verificación de los circuitos de achique
- Verificación de los circuitos de enfriamiento de motores propulsores.
- Verificación de los sistemas de ventilación
- Puesta en marcha de motores y generador
- Inspección de tableros de instrumentos y tableros de distribución eléctrica.
- Pruebas del sistema de fondeo
- Pruebas de pescantes y bote

3. Pruebas de mar

- Pruebas de funcionamiento del motor propulsor y

sus elementos con una hora de recorrido.

- Pruebas de funcionamiento de los elementos de go
bierno y rango de giro.
- Pruebas de marcha delante y atrás
- Pruebas de velocidad
- Determinación del consumo de combustible y acei-
te
- Prueba de cambio de gobierno.

A continuación se presenta el resumen final de cos
tos para el proyecto de construcción del catamaran
para el servicio de mantenimiento de faros y bo-
yas, el cual en el subtotal obtenido se le ha agreg
ado los siguientes rubros por concepto de:

- Costos generales (overhead-cost) el 70% del sub-
total de la mano de obra (11).
- Margen de utilidad para el astillero constructor,
el 15% del total.

Nº	GRUPOS	COSTOS PARCIALES EN MILES DE SUCRES				EN MILES DE SUCRES
		MATERIAL DIRECTO	MISCELANEOS POR MATERIAL	MANO DE OBRA	MISC. POR M.do.	
1	Caseo y super estructura.	157 432.	13743.	206 149.	68 029.	425 354.
2	Miq. principal y aux.	187 000.	18 700.	125 000	41 250.	371 950.
3	Equipos y sistemas	371 531	57 153	150 000	49 500.	608 184.
4	Acomodación y habitabilidad	21 355.	2 135.	65 000	21 450.	109 940.
5	Acabado	60 000.	6 000.	45 000	14 850.	125 850.
6	Lanzamiento y pruebas	12 000.	1 200.	30 000.	9 900.	53 100.
SUBTOTALES		78 931	78 931	621 149.	204 979.	1'694 378.
		Costos generales (over head)				
		70% del Subtotal de mano de obra				434 804.
		TOTAL				2'129 182.
		UTILIDAD MARGINAL 15%				319 377.
		COSTO TOTAL DEL PROYECTO				S/.24'485 590.

VI. ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS OPERATIVOS ENTRE EL SISTEMA ACTUAL Y EL PROPUESTO

En el capítulo I, se dejó indicado los organismos del estado que les compete el balizamiento y mantenimiento de las boyas en sus respectivas zonas a su responsabilidad. Por lo que, para el presente análisis de costo operativos entre el sistema actual de mantenimiento de boyas y el propuesto por este proyecto, por razones de facilidades, hemos de considerar el sistema actual de operación desarrollado por la Autoridad Portuaria de Guayaquil.

La Autoridad Portuaria de Guayaquil, tiene en la actualidad el balizamiento y mantenimiento de aproximadamente 96 boyas, de las más diversas y variados tipos, la que para efectos de estudio de este trabajo se ha seleccionado de dicha gama, 4 tipos de boyas Tabla N^o 1, principales por su mayor existencia, las cuales se encuentran distribuidas en los sectores de: Canal del Morro, Canal de Jambelí, Río Guayas, y Terminal Marítimo.

Así también conviene recordar que, la unidad de operación que tiene este organismo, es mediante una Gabarra denominada "Punta de Diamantes", cuyo diseño de formas del casco, es para servicio fluvial.

A continuación daremos las características generales de esta embarcación, la misma que será objeto de estudio dentro del presente análisis:

a. Características Generales de la Barcaza "Puente de Diamantes":

Nave-Tipo	:	Barcaza tipo fluvial
Nombre	:	Punta de Diamantes
Armador	:	Autoridad Portuaria de Guayaquil
Material-Casco	:	Acero Naval (soldado)
Año de construcción:		Guayaquil - 1959
Eslora total	:	24.50 mts. (80' - 0")
Manga	:	7.00 mts. (23' - 0")
Puntal	:	1.50 mts. (5' - 0")
Calado medio	:	0.52 mts. (1.70')
Calado a proa	:	0.45 mts. (1.47')
Calado a Popa	:	0.60 mts. (1.96')
Franco bordo mínimo :		0.60 mts. (1.96')
Desplazamiento total:		135.83 Tons.
Motor propulsor	:	UN GM-4V/71 - 140 HP
Generador	:	Un MW - 5Kw - 110 V.
Capacidad de combustible:		4.800 litros (1.268 Gls.)
Capacidad de agua dulce:		3.600 litros (951. Gls)
Dotación	:	10 tripulantes

Habitabilidad : dos niveles
 Equipo de maniobra : Una grúa móvil autopropulsada,
 acoplada a cubierta, con capa-
 cidad de 15 Tons.

Avalúo de la Barcaza
 sin la grúa (DIMERC/
 1974) : S/. 752.000.00

Capacidad de transpor
te de boyas sobre la
 cubierta : 1 Boya grande o dos pequeñas

Talleres : No tiene

Bodegas : No tiene

b) Análisis de costos de operación de la Gabarra "Punta de
 Diamante".

Para el presente análisis se ha considerado los siguien
tes datos como punto de partida:

- Selección de la zona más alejada desde el puerto, al sitio donde se encuentra la boya, distancia aproxima
da y tiempo de navegación.
- Tiempo de operación en la izada y bajada de la boya
- Tripulación y gastos derivados
- Costos de consumos originados por la unidad durante
 el tiempo de operación.



BIBLIOTECA
 FAC. ING.
 MARITIMA

- Costos de mantenimiento de la boya y tiempo de trabajo en el puerto.
- Costos de mantenimiento anual de la unidad
- Período mensual de operación de la unidad

DATOS DE LA ZONA TEORICA SELECCIONADA

Distancia aproximada desde el puerto al punto técnico de ubicación de la boya 45 millas

Tiempo de ida desde el puerto al punto indicado (suponiendo que la gabarra no lleva carga). 6 horas

Tiempo de maniobra en el punto indicado (esto es izada y puesta de la boya sobre cubierta) 2 horas

Tiempo de regreso desde el punto indicado al puerto (indicándose que la gabarra trae la boya) 8 horas

TIEMPO TOTAL DE OPERACION, ESTIMADO 16 horas

La operación entre ida y regreso de la Gabarra con respecto al punto indicado para traer una boya (suponiendo de las mayores) y someterlo a su mantenimiento respectivo en el puer-

to, la tripulación físicamente la realiza en un día, entendiéndose que laboran con sobretiempo.

TRIPULACION Y COSTOS:

Los costos para el personal a bordo, han sido obtenidos por datos de la Autoridad Portuaria de Guayaquil, en términos - medios:

PERSONAL	COSTO BASICO S/.	BENEFICIOS Y CARGAS SOCIAL.	COSTO DIARIO TOTAL S/.	COSTO H-H BASICO TOTAL S/.
Patron-tímonel	202.40	809.60	1 012.00	126.50
Maquinista	192.40	769.60	962.00	120.25
Marineros	186.40	745.60	932.00	116.50
Gruero	202.40	809.60	1 012.00	126.50
Cocinero	173.40	693.60	867.00	108.37
Caparaz/maniob.	183.40	733.60	917.00	114.62
Obreros/Maniob.	173.40	693.60	867.00	108.37

A continuación, en base del costo de H-H obtenido, determinamos el costo total de la tripulación durante el tiempo de operación unitario, incluido el 1.5 H-H básico por horas extras.

TRIPULACION REQUERIDA	COSTO H-H	TOTAL HORAS	COSTO DE NORMAL	DE H-H EXTRAS	COSTO TOTAL
1 patron-timonel	126.50	16	1 012.00	1 518.00	2 530.00
1 maquinista	120.25	16	926.00	1 443.00	2 369.00
2 marineros	116.50	16	1 864.00	2 796.00	4 660.00
1 gruero	126.50	16	1 012.00	1 518.00	2 530.00
1 cocinero	108.37	16	866.96	1 300.4	2 167.40
1 capataz de maniobra	114.62	16	916.96	1 375.40	2 292.40
3 Obreros de maniobra	108.37	16	2 600.88	3 901.30	6 502.20
Costo de tripulación por operación					S/. 23 051.00
Costo por alimentación (1 día)					S/. 1 000.00
TOTAL					S/. 24 051.00

COSTO DE OPERACION EN EL PUERTO

La operación en el puerto se entiende que, una vez bajada la boya desde la cubierta de la gabarra al muelle, se inicia el traslado al patio del taller y trabajos respectivos para su carenamiento.

Las actividades y tiempo utilizado en esta fase de operación, hasta el punto de colocarla nuevamente en la cubierta de la gabarra, lista para ser trasladada a su punto de origen, se basan en datos estimados por la División de Man

tenimiento de la Autoridad Portuaria de Guayaquil, conforme a continuación se describe, y en cuanto al costo del H-H se ha tomado un valor promedio.

ACTIVIDAD	TIEMPO UTILIZADO	PERSONAL	COSTO H-H PROMEDIO	COSTO TOTAL
Maniobra y traslado de la boya al patio.	8 H	2 hombres	115	1 840,00
Limpieza (desbromar)	8 H	2 hombres	115	1 840,00
Samblasting	8 H	3 hombres	115	2 760,00
Pintada	32 H	2 hombres	115	7 360,00
Maniobra y traslado de la boya a gabarra	8 H	2 hombres	115	1 840,00
COSTO DE OPERACION EN EL PUERTO			S/. 15 640,00	

Adicionalmente, cabe señalar que la gabarra en consideración es utilizada solo para la operación de traslado de la boya; por lo que, para complementar su servicio de mantenimiento a las boyas utiliza una unidad auxiliar para los cambios de cilindros de gas que posean las boyas lumínicas. Esta unidad utilizada es un remolcador que atiende, según las necesidades de servicio que es el recambio de cilindros, o re-encen-

dido de luces de una boya que se ha apagado.

El costo de operación del remolcador, incluyendo tripulación y consumos es de S/. 2.500 x hora, luego el tiempo de operación unitaria promedio que emplea el remolcador es de 10 horas. Por consiguiente el costo de operación del remolcador será:

$$\text{S/. } 2\,500 \times h \times 10 \text{ h} \qquad \text{S/. } 25\,000.00$$

Los costos de mantenimiento anual de las unidades consideradas en la operación son:

Gabarra	S/. 400 000.00
Grúa	" 100 000.00
Remolcador	" 200 000.00

El costo de consumo de combustible de la Gabarra en su operación unitaria será:

Consumo de motor por hora x horas de trabajo x costo por litro.

$$37.85 \frac{\text{lit}}{\text{h}} \times 16 \text{ h} \times \text{S/. } 1.98 \times \text{lit.} \qquad \text{S/. } 1\,200.00$$

Los períodos mensuales de las unidades utilizadas en las operaciones para el mantenimiento de las boyas, son:

- Gabarra (operación, traslado de boyas) 5 operaciones x mes

- Remolcador (re-encendido de luces a boyas - 3 operaciones
x mes.

Resumiendo toda la información descrita y costos operacionales unitarios individuales, se muestra a continuación el resumen de costos operacionales anual:

ACTIVIDAD	COSTO DE OPERACION UNITARIA	PERIODO MENSUAL	COSTOS OPERACIONALES	
			MENSUAL	ANUAL
Costo de tripulación (Gabarra)	24 651,00	5.00	120 255.0	1'443 060.00
Costo de operación en puerto	15 640,00	5.00	78 200.0	938 400.00
Costo de operación del remolcador	25 000.00	3.00	75 000.0	900 000.00
Consumo de gabarra (combustible)	1 200.00	5.00	6 000.0	72 000.00
Consumo de combustible estimado	500.00	5.00	2 500.00	30 000.00
Mantenimiento de gabarra	---	--	---	400 000.00
Mantenimiento de grua	---	--	---	100 000.00
Mantenimiento de remolcador	---	--	---	200 000.00
COSTO TOTAL DE OPERACION ANUAL			S/. 4'083 460.00	

De acuerdo al análisis descrito se tiene que:

- Mantenimiento mensual de boyas	5 Unidades
- Mantenimiento anual de boyas	60 Unidades

Lo que significa en promedios anuales que, el costo por mantenimiento de cada boya será S/. 68 057.66

c. Análisis de costos operacionales del buque "Catamarán"

En el siguiente análisis y por efectos de costos comparativos entre el sistema actual y el propuesto por este proyecto, por medio de sus unidades correspondientes, se han considerado los mismos datos generales, utilizados en el análisis para la Gabarra "Punta de Diamantes", variando en ciertos casos el tiempo de operación y consumos diversos.

En este caso se considera que el Catamaran sale de Puerto con destino al sitio indicado (a 45 millas) y que, fondeado en dicho sitio realizará el carenamiento respectivo de la boya hasta ubicarlo nuevamente en su sitio.

Además, por efectos de poder realizar su trabajo continuo en el mar, se ha considerado que el tiempo de trabajo de operación de la tripulación durante su faena será de 12 horas laborables, debidamente distribuidos conforme se presenta el Programa General de actividades, Tabla N° X, lo que

Tabla# 10		PROGRAMACION GENERAL DE OPERACION DEL CATAMARAN (MANTENIMIENTO DE DOS BOYAS POR VIAJE)													TIEMPO DE OPERACION EN DIAS	
ACTIVIDADES		HORARIO Y NUMERO DE HORAS (A.M.-P.M.)														
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NAVEGACION AL SITIO (A)																
IZADA DE BOYA (1)																
LIMPIEZA																
SANDBLASTING																
PINTADA																
PINTADA																
PINTADA																
BAJADA DE BOYA (1)																
NAVEGACION AL SITIO (B)																
IZADA DE BOYA (2)																
LIMPIEZA																
SANDBLASTING																
PINTADA																
PINTADA																
PINTADA																
BAJADA DE BOYA (2)																
NAVEGACION AL PUERTO																
TIEMPO TOTAL DE OPERACION PARA MANTENIMIENTO DE DOS BOYAS POR VIAJE																
		PERIODO MENSUAL DE MANTENIMIENTO : 4 viajes														
		Nº DE BOYAS MENSUAL : 8 unds.														
		Nº DE BOYAS ANUAL : 96 unds.														
		7.5 días														

PERSONAL PROGRAMADO PARA CADA ACTIVIDAD

timonel- 2 mag. - 1 marinero
 grueo - 2 marinero - 3 maniobra
 2 marineros
 2 marineros
 2 de maniobra
 2 de maniobra
 2 de maniobra
 2 de maniobra
 grueo - 3 maniobra - 2 marineros
 timonel - 2 mag. - 1 marinero
 grueo - 3 maniobra - 2 marineros
 2 marineros
 2 marineros
 2 de maniobra
 2 de maniobra
 2 de maniobra
 grueo - 3 maniobra - 2 marineros
 timonel - 2 mag. - 1 marinero

necesariamente, los costos de la tripulación estarán referidos al costo diario total indicados en el análisis para la gabarra.

Así también, para efectos de comparación y por cuanto esta unidad puede proseguir el mantenimiento de otra boya, localizada en otro sitio, se determina que el Catamaran realizará el mantenimiento de dos boyas por viaje, el mismo que funcionará de acuerdo al programa general de mantenimiento anual que se disponga.

Tiempos de Operación: Catamaran y tripulación

Distancia aproximada desde el puerto de sitio (A)	45 millas
Velocidad del crucero del catamaran	11 nudos
Tiempo de ida, desde el puerto al sitio (A)	4 horas
Tiempo de maniobra en el sitio (A) (izada y puesta de la boya en cubierta)	1 hora
Tiempo de navegación al sitio (B) para un recorrido promedio de 10 millas.	1 hora
Tiempo de navegación de regreso del sitio (B) al puerto (supuesto)	4 horas

A continuación se determinará el tiempo utilizado en las actividades de trabajos de mantenimiento de la boya a bordo del catamarán:

Limpieza general	3 horas
Chorroado	4 horas
Pintada y arreglos generales	30 horas
Botadura de la boya	1 hora

Por consiguiente, de acuerdo al programa de actividades a bordo del catamaran, ver tabla N° X, el tiempo total utilizado para realizar su operación de mantenimiento - de dos boyas por viaje redondo es de 5.5 días.

Costos de operación y tripulación

Los costos de la tripulación están basados en los mismos que se utilizaron para la Gabarra "Punta de Diamantes", expresados en costos diarios totales por el número de días del viaje redondo.

TRIPULACION REQUERIDA	COSTO DIARIO TOTAL S/.	TIEMPO DE OPERACION (días)	COSTO TOTAL DE OPERACION
1 patron timonel	1012.00	7.5	7 590.00
2 Maquinistas	962.00	7.5	14 430.00
2 marineros-taller	932.00	7.5	13 980.00
1 gruero	1 012.00	7.5	7 590.00
1 capataz de maniobra	917.00	7.5	6 877.50
2 obreros de maniobra	867.00	7.5	13 005.00
1 cocinero	867.00	7.5	6 502.50
Costo de alimentación	100.00	7.5	7 500.00
COSTO TOTAL DE OPERACION			S/.77 475.00

El costo de consumo de combustible durante su operación, será:

$$60.56 \frac{\text{lit}}{\text{h}} \times 11 \text{ h} \times \text{S/} . 1.98 \times \text{lit.} \qquad \text{S/} . 1\ 320.00$$

Costo de mantenimiento anual a la unidad (estimado):

Catamaran	600 000.00
Grúa	150 000.00

El período mensual del catamaran, utilizado en las operaciones del mantenimiento de las boyas, de acuerdo al programa presentado realizará cuatro operaciones por mes, dando lugar al mantenimiento de 8 boyas mensuales, o sea, 96 boyas anualmente.

Por consiguiente, resumiendo los costos operacionales, tendremos el costo anual conforme se indica a continuación:

ACTIVIDAD	COSTO DE OPERACION UNITARIA	PERIODO MENSUAL	COSTOS OPERACIONALES MENSUAL	COSTOS OPERACIONALES ANUAL
Costo de tripulación y operación	77 475	4	309 900.00	3'718 800.00
Consumo de combustible.	1 320	4	5 280.00	63 360.00
Mantenimiento del <u>ca</u> tamaran	---	-	---	600 000.00
Mantenimiento de grúa	---	-	---	150 000.00
COSTO TOTAL DE OPERACION ANUAL				S/ .4'532 160.00

Del análisis descrito se tiene que, el promedio anual del costo de mantenimiento por boya será de S/. 47 210.00 con un mantenimiento de 96 boyas por año.

4. Resumen comparativo de costos

De acuerdo al estudio analítico de costos de operación del sistema actual y propuesto, toca esquematizar el cuadro - comparativo de costos de ambos sistemas.

	RESULTADO DEL ANALISIS ECONOMICO Y OPERAC. SISTEMA ACTUAL	SISTEMA PROPUESTO
Costo total de operación	S/. 4'083 460.00	S/. 4'532 160,00
Periodo mensual de operación.	5	4
Número de boyas carenadas mensualmente.	5 Unidades	8 Unidades
Número de boyas carenadas anualmente	60 "	96 "
Costo promedio del mantenimiento por boya	S/. 68 057.66	S/. 47 210.00
Diferencia de costos por boya entre sistema actual y propuesto		S/. 20 847.00

Por consiguiente, mediante el sistema propuesto, en términos generales existirá un ahorro anual por las 96 boyas de S/. 2'001 312.00, lo que implica que el financiamiento del proyecto es factible en base de dicho excedente anual, al término de 12 años, 3 meses, esto es sin considerar los gastos -

por materiales originados en el mantenimiento de la boya, tal como, chorreado, pinturas, ánodos de zinc, cambio de materiales y accesorios propios de la boya, así como equipos utilizados para los trabajos de mantenimiento y/o reparaciones.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo aquí desarrollado, cuyo análisis abarca desde las consideraciones iniciales del diseño, los costos del proyecto para su construcción y el estudio económico operacional comparativo entre el sistema actual y el propuesto, conduce a establecer las siguientes conclusiones:

1. Amplia capacidad operativa para su objetivo principal. (poco calado y gran estabilidad).
2. Facilidad de maniobra y alto rendimiento operacional.
3. Costos operacionales razonables, con significativo margen económico respecto al sistema actual.
4. Amortización del costo de la construcción del catamarán a corto plazo, en términos únicamente de la utilidad anual, producto de la economía en tiempo y reducción de costos operacionales del sistema propuesto con respecto al actual.
5. Posibilidad que el buque proyectado, pueda utilizarse en servicios que, por las características del diseño, podría ser: contra-incendios, martinete paraincar pilotos, carga sobre cubierta, embarcación de apoyo para los tra-

bajos del Golfo de Guayaquil, entre otros.

Por consiguiente, luego del estudio realizado en términos de los requerimientos presentados, para cumplir tan importante servicio como es, el mantenimiento y balizamiento - de boyas en canales, ríos y puertos de la Costa Ecuatoriana, que contribuyen a la seguridad de la navegación tanto en el tráfico marítimo, como en cabotaje y servicio fluvial, se recomienda la utilización de este proyecto, por su bajo costo inicial, operación económica, diseño apropiado para el servicio requerido y grandes posibilidades de construcción en nuestro país, utilizando infraestructura, mano de obra, tecnología y profesionales ecuatorianos.

VIII. APENDICE

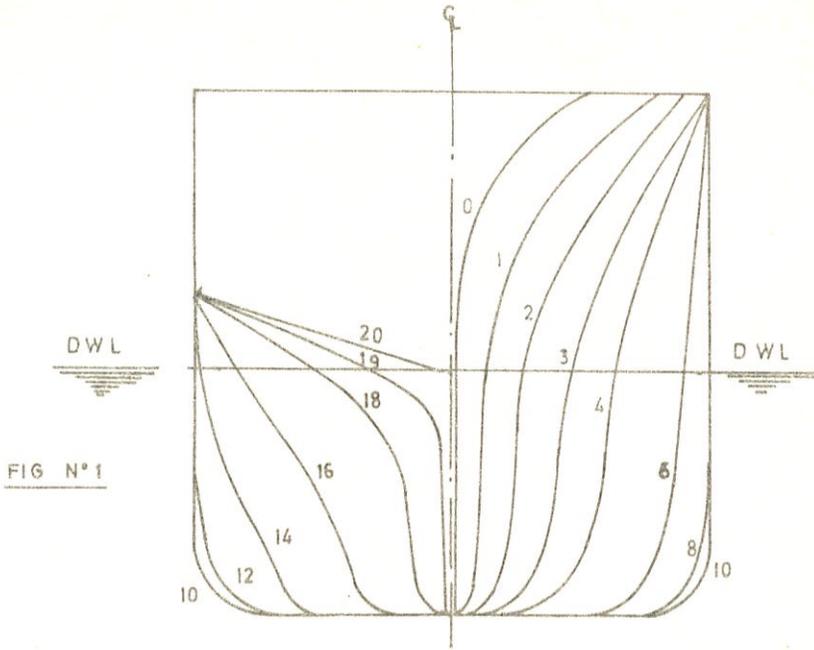


FIG N° 1

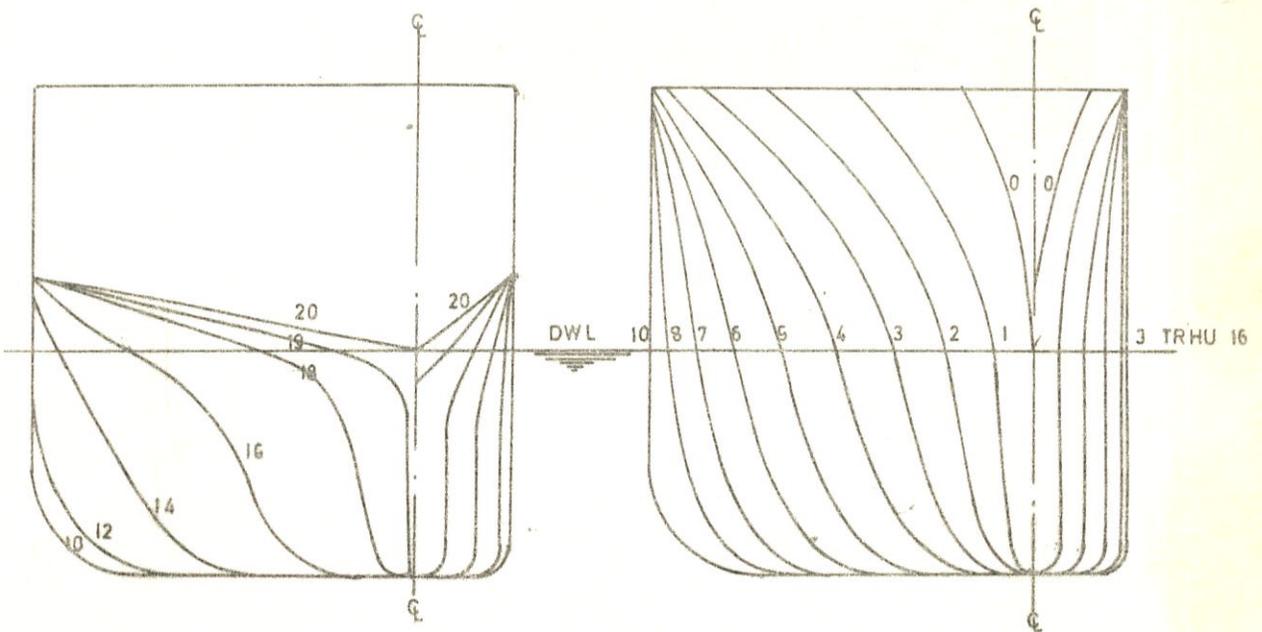


FIG N° 2

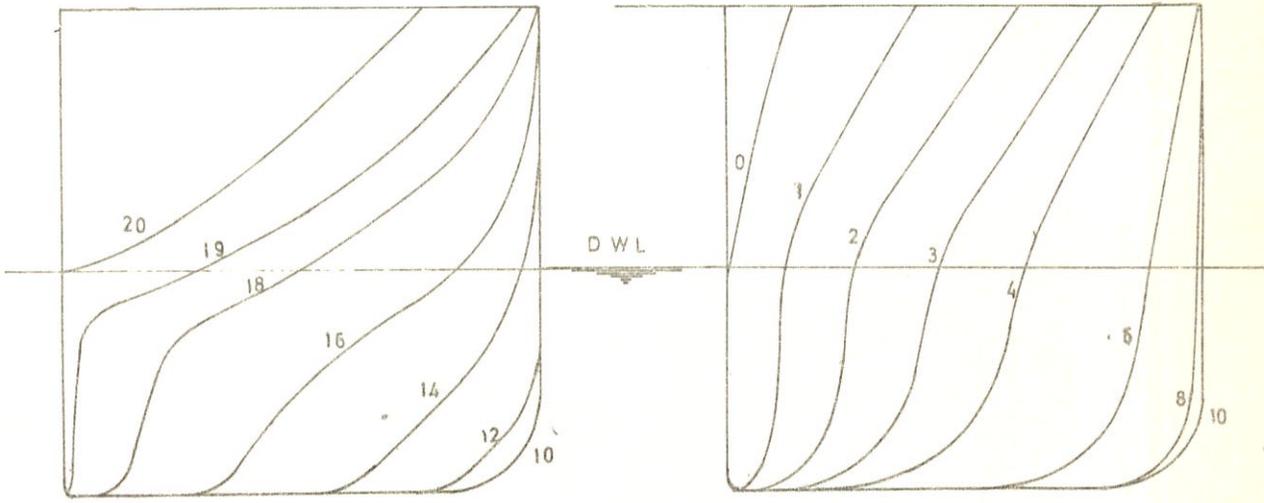
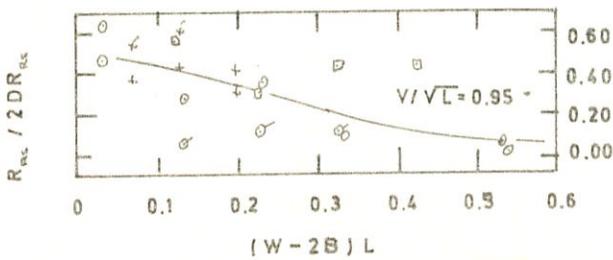
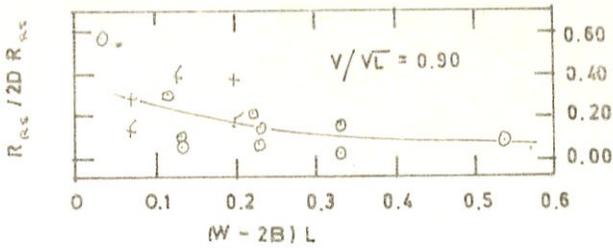
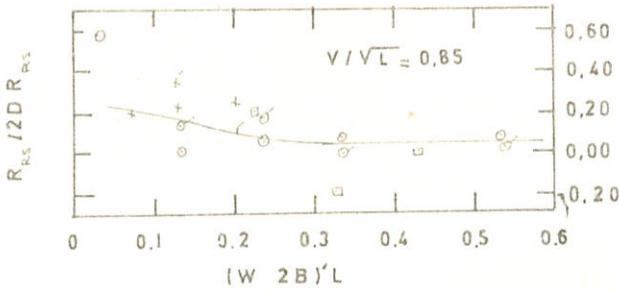
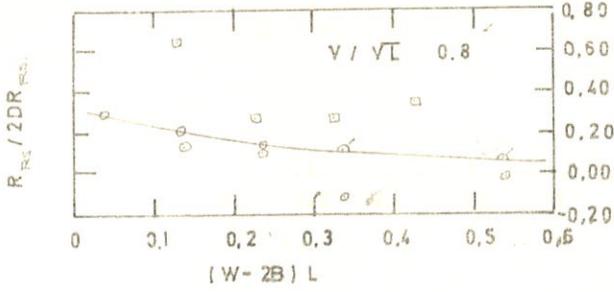
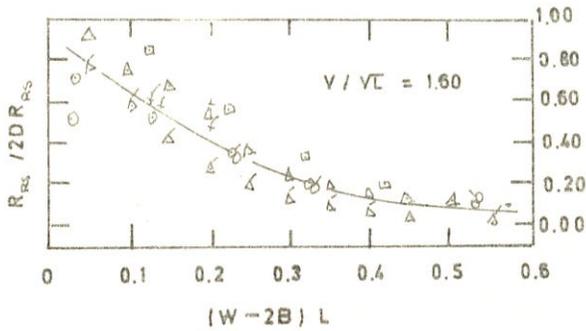
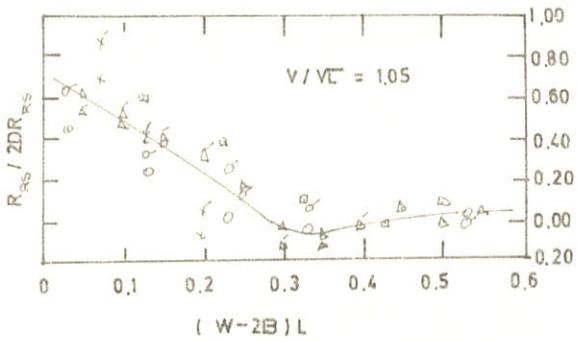
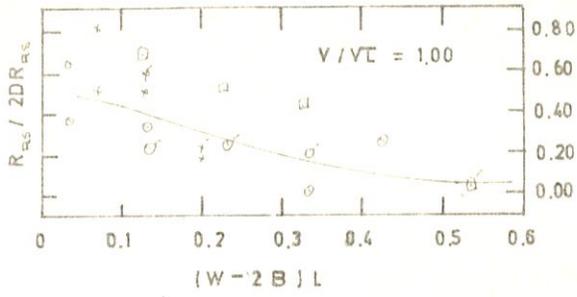


FIG N° 3

FIG N° 4a CURVAS PARA FACTORES DE INTERFERENCIA (v_s)
 RAZON $(W-2B)/L$ PARA VARIAS RAZONES (V/\sqrt{L})



CONT. FIG N° 4 b



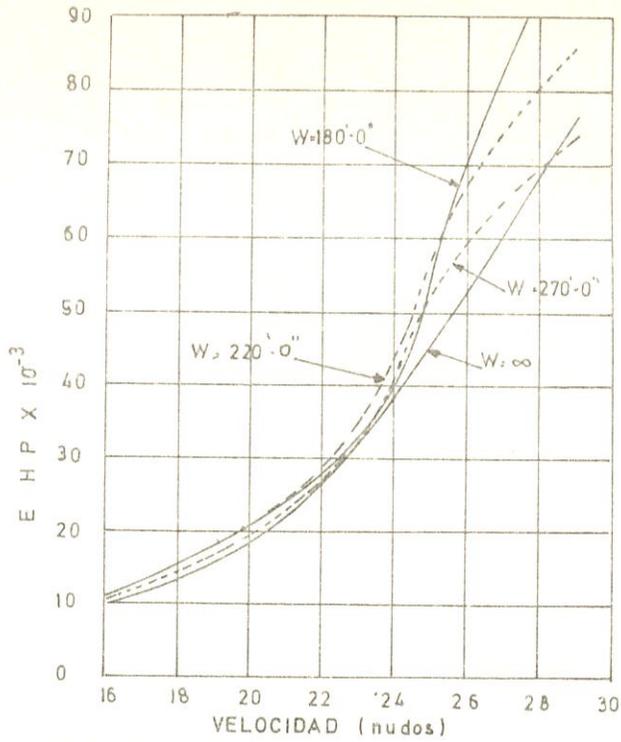


FIG N° 5 CURVAS DE EHP (vs) VELOCIDAD PARA UN CATAMARAN MODELO (1A) DE 700pies DE ESLORA Y 25 pies DE CALADO

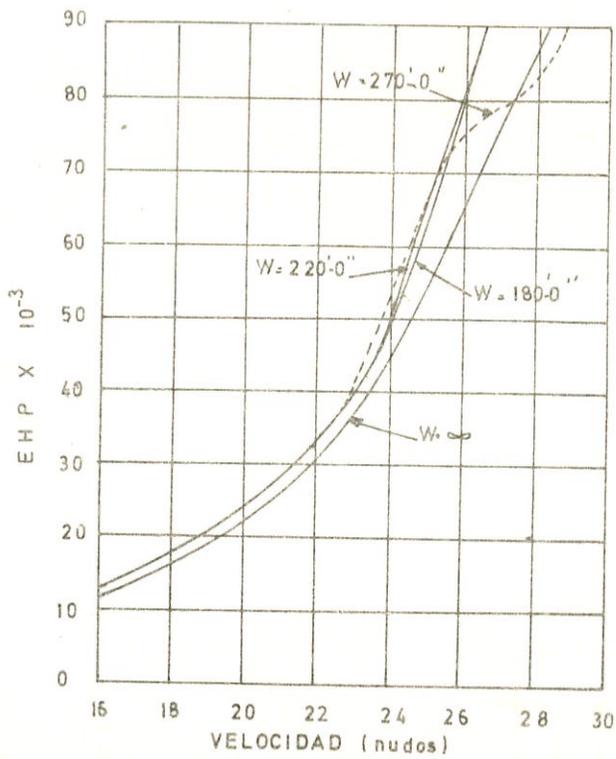


FIG N° 6 CURVAS DE EHP (vs) VELOCIDAD PARA UN CATAMARAN MODELO (1A) DE 700pies DE ESLORA Y 30pies DE CALADO

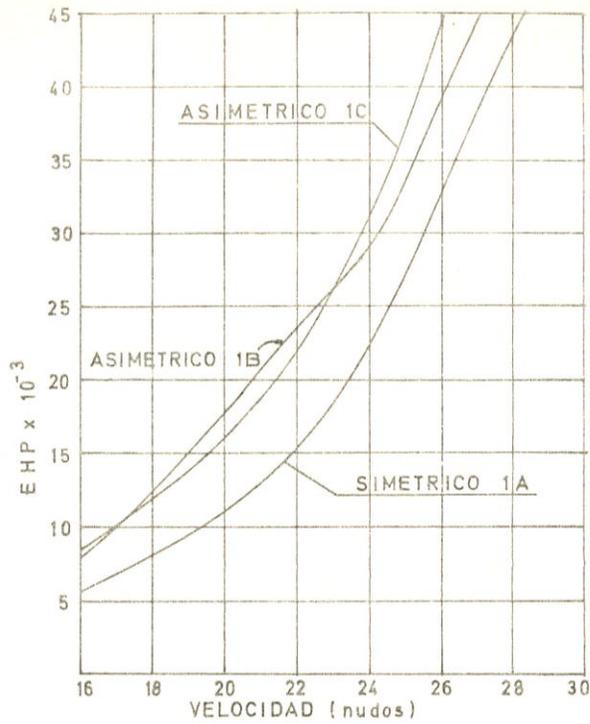


FIG N° 7 CURVAS DE EHP (vs) VELOCIDAD PARA LOS TRES MODELOS DE CATAMARAN 1A 1B 1C

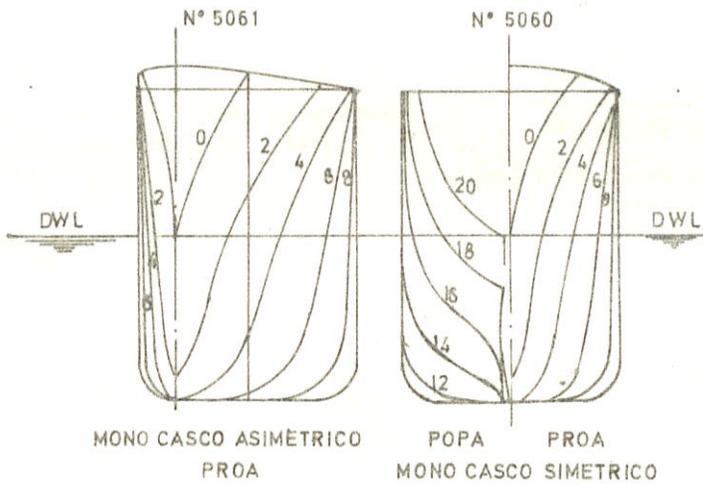


FIG N° 8 MODELOS ASR N° 5060 Y 5061 TIPO SIMÉTRICO Y ASIMÉTRICO

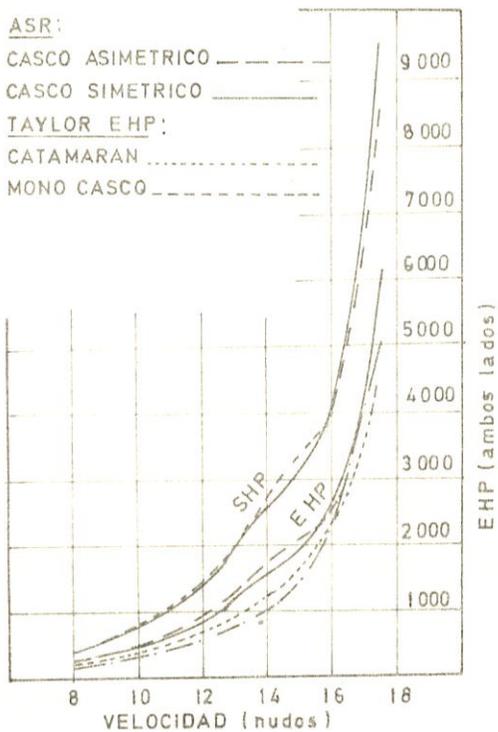


FIG N° 9 COMPARACION DE EHP PARA CATAMARAN MODELO N°5060 SIMETRICO Y 5061 ASIMETRICO

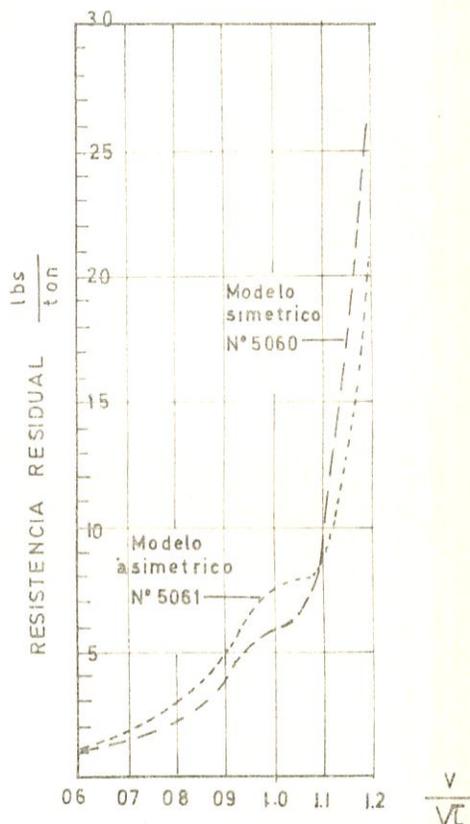


FIG N° 10 CURVA COMPARATIVA DE RESISTENCIA RESIDUAL (vs) RAZON VELOCIDAD-ESLORA PARA MODELOS 5060 y 5061

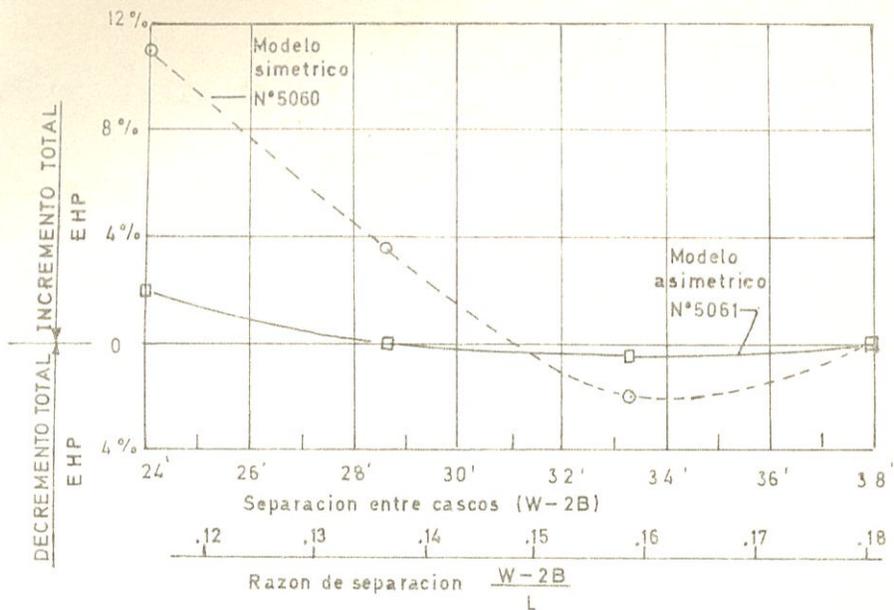


FIG N°11 EFECTOS DE SEPARACION ENTRE CASCOS PARA UN EHP TOTAL A 16 nudos EN LOS MODELOS ASR 5060 y 5061

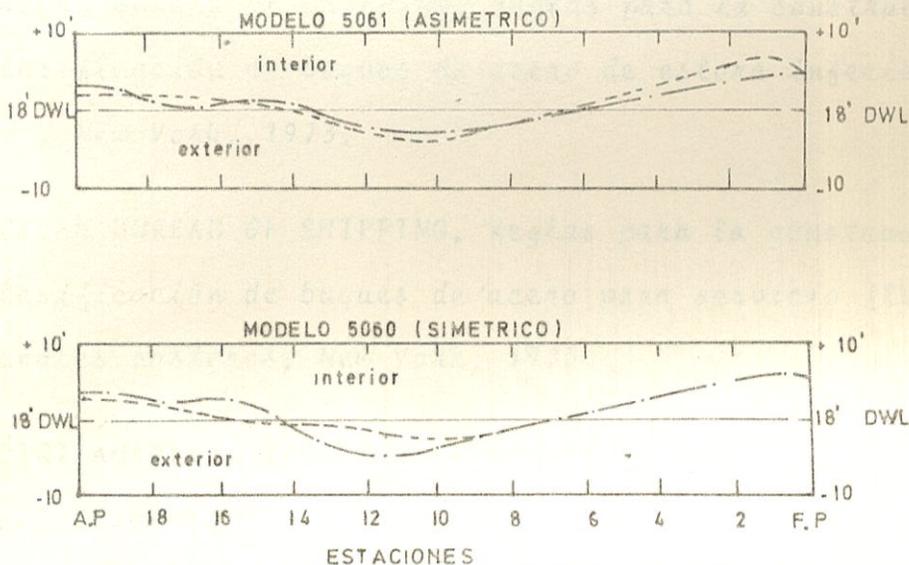


FIG N°12 PERFILES DE OLAS A 16 nudos PARA MODELOS ASR 5060 y 5061

IX. BIBLIOGRAFIA

1. INOCAR, *Lista de faros de la República del Ecuador*, 1976.
2. H. TURNER y A. TAPLIN, *The resistance of larged powered catamarans*.
3. ANDRES I. TORO, *Datos prácticos de diseño para una barcaza oceánica de doble arista y cuadernas rectas*.
4. F.H. TODD, *Series 60 - Methodical experiments with models of single - screw Merchant Ships*, Julio 1963.
5. THE SOCIETY OF NAVAL ARCHITETS AND MARINE ENGINEERS, *Principles of naval architecture*, New York, 1967, 133 p.
6. AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, *Reglas para la construcción y clasificación de buques de acero de eslora inferior a 61 m.*, New York, 1973.
7. AMERICAN BUREAU OF SHIPPING, *Reglas para la construcción y clasificación de buques de acero para servicio fluvial y canales costeros*, New York, 1975.
8. DIMITRI ANANIEV, *Teoría y selección de propulsores*, Guayaquil-Ecuador, 1975.
9. CARLOS MOYA BLANCO, *Equipo y Servicios*, España, 1977, VI-40 p.

10. JOSE PAULO y G.S. CABRAL, *Arquitectura naval*.

11. HARRY BENFORD, *The practical application of economics to merchant ship blesing*, Marine Technology, 1967.