

AGRADECIMIENTO

Al ING. CRISTOBAL MARISCAL D., por el invaluable apoyo en la dirección de este trabajo.

Al trabajo tesorero de la Srta. CATALINA HERRERA S., en la transcripción y acabado de la tesis.

A los personeros del Dique "RIO AMAZONAS", porque con su buena voluntad ha sido posible la culminación de mis estudios.

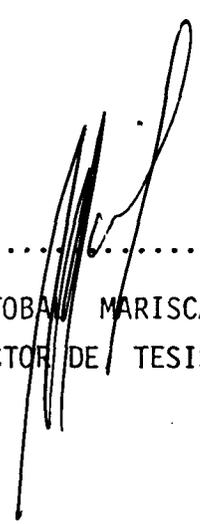
A todos mis amigos que por sus inquietudes y observaciones contribuyeron a salir adelante.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI ABUELO DOCITEO



.....

ING. CRISTOBAN MARISCAL DIAZ
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 SUPE
RIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ES
POL).

.....*J. Domínguez R.*.....
FRANKLIN JOHNNY DOMINGUEZ RUIZ

R E S U M E N

En este trabajo inicialmente se establecen las formulaciones matemáticas de las características principales de las embarcaciones pesqueras de nuestro medio, con el objeto de proponer un procedimiento de diseño con el uso de métodos polinómicos y la generación de familias de curvas, llegando a plasmar la creación de las líneas de forma. El diseñador deberá disponer de un ordenador para la utilización del método, sin requerir para ésto, ser un experto en computadoras, lo cual se demuestra con el ejemplo que se desarrolla. Pero de no ser esto posible, se presentan los resultados de 228 diseños diferentes en forma de parámetros adimensionales, generalizando así a cualquier embarcación pesquera de formas redondas. El trabajo - tradicional de 3 meses del proyectista naval, se lo hace en 5 minutos.

La metodología del procedimiento de diseño, está estructurada para extender su aplicación a otros tipos de barcos, tales como embarcaciones de apoyo, remolcadores, etc.

...

INDICE GENERAL

	<u>PAGS.</u>
RESUMEN -----	II
INDICE GENERAL -----	III
SIMBOLOGIA -----	IV
INTRODUCCION -----	1
I. PARTE I.	
INTRODUCCION-----	1
SELECCION DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES	
1.1. Consideraciones sobre los métodos tradicionales-----	3
1.2. Análisis estadístico de las características de la Flota Pesquera Nacional -----	6
1.3. Influencia de la eslora en la selección de las dimensiones -----	8
1.4. Gráficas -----	11
II. PARTE II.	
INTRODUCCION-----	13
METODOLOGIA PARA LA GENERACION DE LINEAS DE FORMA	
2.1. Estudios realizados sobre la presentación de <u>su</u> perfiles-----	15
2.2. Procedimiento de Diseño -----	23

2.3. Requerimientos matemáticos para generar las formas del casco -----	30
2.4. Formulación de las entradas -----	32
2.5. Generación de los contornos -----	34
2.6. Generación de las secciones -----	45
III. PROCEDIMIENTO PARA LA CREACION DE LAS LINEAS DE FORMA	
3.1. Algoritmo de solución -----	48
3.2. Esquema matemático -----	49
3.3. Diagrama de Flujo -----	50
3.4. Creación Iterativa -----	64
3.5. Diagramas resultantes -----	66
IV. CREACION DE LAS CURVAS DE ESTABILIDAD DE LOS DISEÑOS GENERADOS	
4.1. Uso de las series para el diseño-----	68
4.2. Cálculo de la estabilidad de los modelos-----	69
4.3. Diagrama resultante -----	77
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES-----	80

APENDICES ----- 82

- Ejemplo de la aplicación de las series originadas

- Programas utilizados

BIBLIOGRAFIA ----- 88

CREACION ITERATIVA DE SERIES PARA EL DISEÑO DE PESQUEROS

SIMBOLOGIA

B	Manga
BM	Radio metacéntrico transversal
C_B	Coefficiente block
C_P	Coefficiente prismático
C_X	Coefficiente de sección
C_W	Coefficiente de plano de flotación
D	Puntal
f	Francobordo
H	Calado
KB	Centro de boyantez vertical
KG	Centro de gravedad vertical
L	Eslora
LBP	Eslora entre perpendiculares
LCB	Centro de boyantez longitudinal medido de la sección media.
LCF	Centro de flotación
N4	Factor de variación de la manga -100% a 100%
N5	Factor de variación del puntal de -100% a 100%
V1	Volumen bodega + combustible + agua

V_3	Volumen a desplazar
V_2	Velocidad
Δ	Desplazamiento
Δ_0	Desplazamiento ligero

PARTE I

INTRODUCCION

La necesidad de la explotación de los recursos marinos, hace que cada día se investigue más en el mejoramiento de las embarcaciones dedicadas a las faenas de la pesca. En nuestro país, se cuenta con una gran riqueza ictiológica, la que no ha sido posible aprovecharla en una manera suficiente, por lo que en la actualidad, el gobierno no se ha empeñado en la organización de empresas, cooperativas pesqueras, y construcción de facilidades de embarque, para así constituir una infraestructura de explotación que supla las demandas de consumo interno; principalmente, con miras a conquistar un mercado externo teniendo entonces presente estos objetivos, deberíamos de prepararnos para un auge de construcciones de barcos pesqueros en los que sin descuidar la optimización de su aprovechamiento, no debemos olvidar la comodidad y seguridad del personal, por lo que entonces el estudio del comportamiento en el mar llega a ser de primordial importancia. Esto para el proyectista significaría un incremento a los requerimientos en la espiral de diseño, lo que hace que su trabajo sea aún más tedioso. Aprovechando la innovación de computadoras de gran capacidad de almacenamiento, se ha intentado -

de múltiples maneras aligerar esta tarea y uno de esos es la de generar las formas de casco que reúnan las características deseadas - para establecer un buen punto de partida en la búsqueda del diseño definitivo.

De aquí, que entre los objetivos de este trabajo se presentarán las etapas llevadas a efecto para poder obtener diferentes formas de casco de barcos pesqueros que sean útiles para los tipos de faena a la que se destine. Inicialmente analizaremos los métodos y relaciones encontradas para seleccionar las dimensiones principales, tanto los propuestos por la FAO, otros autores y los determinados a partir de la Flota Nacional.

SELECCION DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES

1.1. CONSIDERACIONES SOBRE LOS METODOS TRADICIONALES

Numerosos estudios se han realizado para seleccionar las dimensio nes principales de una embarcación pesquera, aunque muchos coinci den en que la determinación no se debe realizar solo en las dimen siones como eslora, manga, puntal, sino en combinación con los coeficientes del barco, para de esta manera asociar la forma espe cífica de un casco con los requerimientos del proyectista.

Analizando cada uno de los reportes de investigación realizados, acerca de la selección de las dimensiones principales, se aprecia el énfasis que cada autor dedica al considerar uno u otro paráme tro como inicial del proyecto, y también se observa la familiari dad con determinada relación empírica. Esto se justifica si tene mos presente que el desarrollo de las diferentes formas de embar caciones en los distintos medios han sido fruto de experimentacio nes, pruebas y fracasos, lo que en la mayoría tienden a que los estudios que se realicen se circunscriban a un medio determinado.

Al escoger las dimensiones principales de una embarcación lo ideal sería relacionar los parámetros de tal manera que en conjunto de-

terminen las formas óptimas. Llevar a efecto esto, significaría relacionar de la mejor manera condiciones como las de ganancia - por viaje, días de faena, velocidad, capacidad de bodega, etc. Todo esto conduce a que el diseñador deba contar en la etapa preliminar con gráficos de comportamiento optimizados de un parámetro en función de los demás, lo que hace, que un estudio así llevado se haga casi imposible. Sin embargo existe otra posibilidad, la cual consiste en subdividir el prediseño en la búsqueda de las dimensiones principales basados en datos tomados en embarcaciones con mejor aprovechamiento de su capacidad y una aceptable comodidad y seguridad del personal. Como segunda parte, estas formas de cascos así determinadas son ajustados mediante un análisis - tecno-económico, con el cual se decide la factibilidad del desarrollo del diseño final.

Muchas son las secuencias para conseguir lo mencionado anteriormente, pero en la actualidad organismos como la FAO entre otros, han dedicado sus estudios para buscar relaciones matemáticas - que faciliten la selección de las dimensiones principales, los cuales han sido clasificados en función del tipo de pesca que se realicen. A continuación anotamos varias de ellas y sus referencias para que sirvan de base de comparación con las que posteriormente, se presentan:

TABLA I

DIMENSIONES PRINCIPALES	
RELACIONES	TIPO DE PESCA
LBP \leq 164 (ft) (50 mts.)	Palangre
B (ft) = 0.11 LBP + (10.17 a 9.51)	
D (ft) = 0.068 LBP + (3.61 a 2.95)	
LBP > 164 (ft)(50 mts)	Palangre
B(ft)= 0.2 LBP - 3.61	
D(ft) = 0.08 LBP + (1.64 a 1.31)	
H = 0.85 D	
<u>PORTE, PESO, BODEGA</u>	
TRN = 0.0085 x CN (ft ³)	
300 < TRN < 600	
LBP (ft) = (18.37 a 19.03) $\sqrt[3]{}$ TRN	
600 < TRN < 2000	
LBP (ft) = (19.36 a 19.52) $\sqrt[3]{}$ TRN	
TRN < 300	Combinados
LBP (ft)=(17.39 a 18.37) $\sqrt[3]{}$ TRN	
CN \leq 63000 (ft ³)	
$\Delta\sigma$ (ton) = (0.0102 a 0.0093) CN	Palangre
CN > 63000 (ft ³)	

$$\Delta o \text{ (ton)} = (0.0093 \text{ a } 0.0076) \text{ CN}$$

$$V_1 \text{ (ft}^3\text{)} = 0.5 \text{ CN} - 1.766$$

COEFICIENTES Y OTROS PARAMETROS

$$KB = (0.55 \text{ a } 0.56) H$$

$$KG/D = 0.87 \text{ a } 0.89$$

$$BM \text{ (condición ligera)} = (0.085 \text{ a } 0.09) B^2/H$$

$$BM \text{ (máxima carga)} = (0.09 \text{ a } 0.095) B^2/H$$

$$C_B = 0.66 \text{ a } 0.7$$

1.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA FLOTA PESQUERA NACIONAL

En el intento de buscar relaciones matemáticas entre las dimensiones principales de embarcaciones pesqueras de nuestro medio, se ha reunido información tomándola de los inventarios de la Flota Pesquera, proporcionados por la Marina Mercante (DIMERC) y el Instituto Nacional de Pesca (INP) clasificándolos en base al tipo de faena que realizan.

Dentro del análisis estadístico, se han determinado las comparaciones entre expresiones dadas por regresión lineal y en la forma exponencial para los que se han tenido presente el factor de correla-

ción con punto de aceptación. De los resultados obtenidos se han encontrado que las relaciones que más se ajustan es la exponencial de la forma:

$y = ax^b$; en la que para las expresiones de interés el factor de correlación ha sido de un valor superior al del 0.87, que lo podemos calificar de gran aceptación si tenemos presente que los datos son de embarcaciones realizadas con conocimientos empíricos, pero de buenos resultados.

Así:

TABLA II

DIMENSIONES PRINCIPALES:

RELACION	FACTOR DE CORRELACION	NUMERO EMBARC.	TIPO DE PESQUEROS
$B = 0.95 L^{0.718}$	0.93	120	Arrastreros
$D = 0.212 B^{1.268}$	0.88		
$B = 5.288 H^{0.633}$	0.87		
$B = 0.793 L^{0.665}$	0.91	35	Atuneros
$D = 0.448 B^{1.01}$	0.87		
$B = 0.479 L^{0.831}$	0.87	40	Pesca blanca
$D = 0.183 L^{0.896}$	0.8		
$B = 0.583 L^{0.757}$	0.73	20	Pinchahueros
$D = 0.115 L^{1.028}$	0.87		

PORTE, DESPLAZAMIENTO, NUMERO CUBICO:

TRN = $3.2 \times 10^{-3} L^{2.119}$	0.86	120	Arrastreros
TRN = $0.181 \Delta^{1.025}$	0.92		
TRN = $0.01815 CN^{0.7643}$	0.85		
$\Delta_0 = 0.03066 CN^{0.8169}$	0.96		
TRN = $0.171 \Delta^{1.063}$	0.87	35	Atuneros
$\Delta_0 = 3.785 \times 10^{-3} L^{2.32}$	0.98		
TRN = $0.282 \Delta^{0.929}$	0.85	40	Pesca blanca
TRN = $0.075 \Delta^{1.238}$	0.91	20	Pichahueros

1.3. INFLUENCIA DE LA ESLORA EN LA SELECCION DE LAS DIMENSIONES

En el análisis efectuado anteriormente, se ha introducido un nuevo término como parámetro de aceptación de una expresión matemática determinada, y este es el factor de correlación, el cual viene expresado entre los límites de -1 a 1, indicándonos la mayor o menor aproximación de los puntos que se analizan dependiendo del acercamiento a (± 1), así diremos que en un determinado análisis donde se tiene puntos, y se trata de ajustarlos mediante regresión lineal, si el factor da un valor unitario significa entonces que los puntos coinciden con la recta, de otra manera un valor inferior

indica el grado de acercamiento de estos a la recta ajustada. En tal virtud podemos establecer el factor de correlación como un porcentaje de aproximación de los puntos a su medida, por lo tanto, en el caso cuando el F.C. sea menor de la unidad hablaríamos de una franja de trabajo, donde el límite superior corresponde a la ordenada al 100 % y el límite inferior a la ordenada evaluada en la expresión menos el porcentaje correspondiente a la diferencia de la unidad y el F.C. utilizando esta aproximación podemos citar el caso de la manga:

$$B = 0.95 L^{0.718} \qquad \text{F.C.} = 0.933 \qquad (1)$$

Esto nos indica que para cualquier valor de L el valor obtenido de B representa el 93.3 % del acercamiento a la curva ajustada. Hablar entonces de una franja de trabajo sería de considerar:

$$0.95 L^{0.718} \qquad 93.3 \% \qquad (2)$$

$$1.01789 L^{0.718} \qquad 100 \% \text{ Curva límite superior} \qquad (3)$$

$$0.88211 L^{0.718} \qquad 86.6 \% \text{ Curva límite inferior} \qquad (4)$$

Lo que en forma simplificada se puede escribir:

$$B = (0.95 + 0.06789 N_4 (\%)/100)L^{0.718} \text{ (ft)} \quad (5)$$

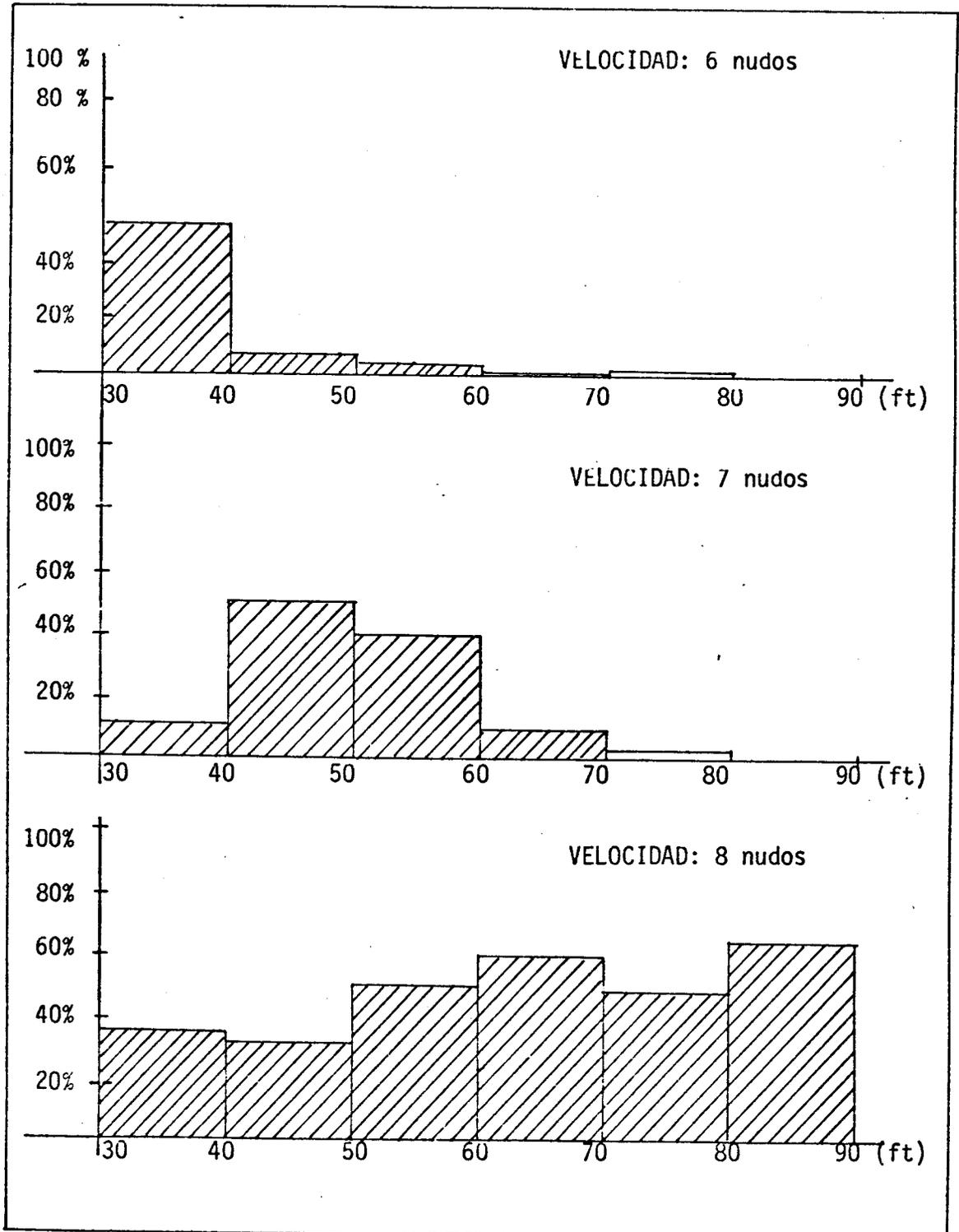
$$D = (0.283 + 0.043 N_5 (\%)/100)L^{0.829} \text{ (ft)} \quad (6)$$

Otro aspecto de interés al considerar la influencia de la eslora en la selección de las dimensiones principales se deduce del gráfico # 1 (frecuencia de las velocidades para distintas esloras). A partir de este análisis estadístico se aprecia que para un determinado rango de eslora existe una campana o un polígono de frecuencias de velocidades. De esta tabla se puede entonces visualizar la franja de velocidades, como también las más frecuentes utilizados en los barcos pesqueros para un determinado rango de esloras, concluyendo entonces de que estos dos parámetros son factores limitantes de las formas del barco como veremos más adelante.

GRAFICO # 1

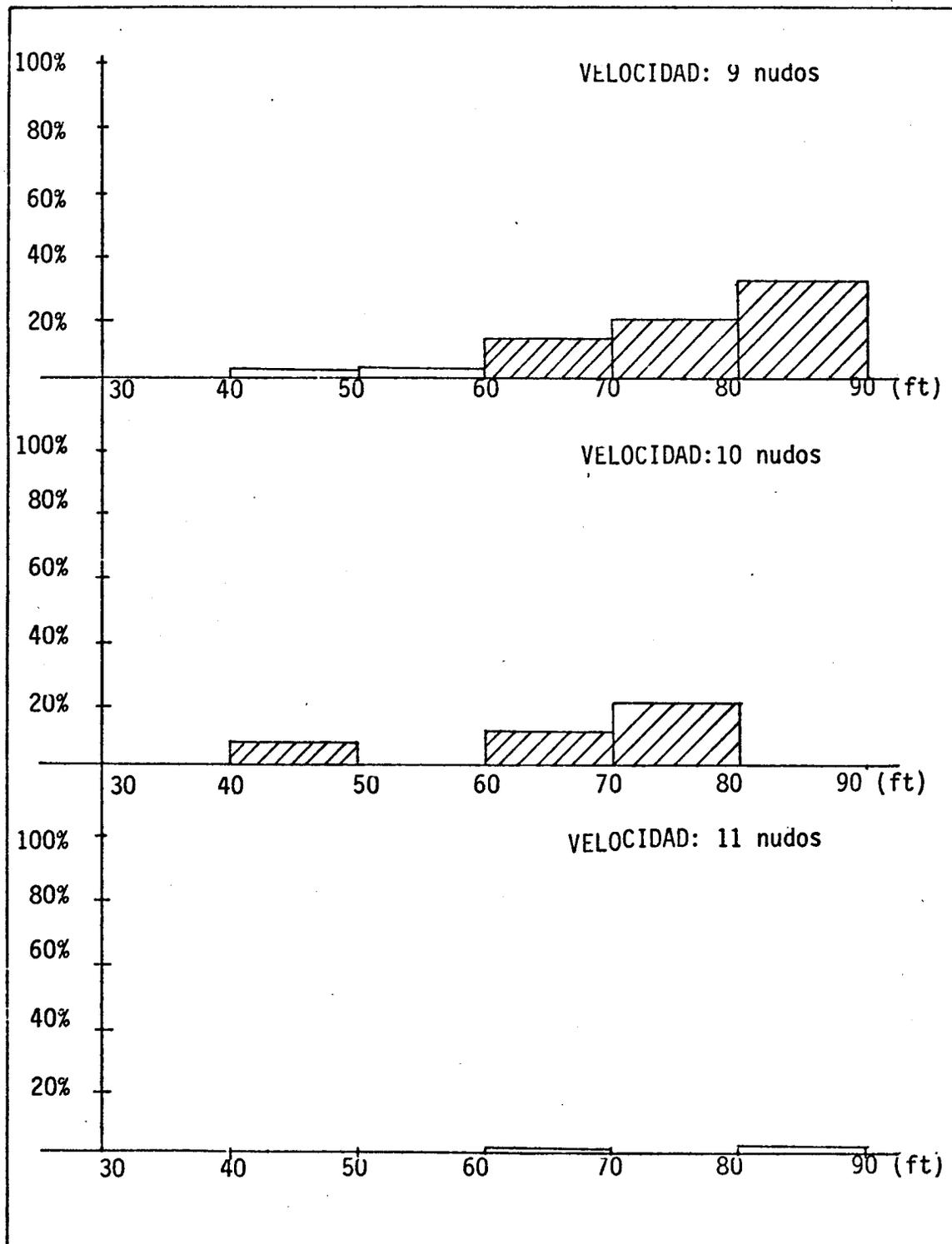
FRECUENCIAS DE VELOCIDADES PARA DISTINTAS ESLORAS

a)



FRECUENCIAS DE VELOCIDADES PARA DISTINTAS
ESLORAS

b)



PARTE II

INTRODUCCION

Los fundamentos matemáticos son tan amplios, que para representar - las superficies de los cascos de las embarcaciones existen técnicas - diversas, por lo que en la actualidad se piensa que generar las formas de un barco no es sino un problema de adaptabilidad a uno u otro método.

Mucho se ha estudiado acerca de la posibilidad de considerar las superficies como parches cúbicos o utilizando el método del mapeo conforme como lo explica NOWACKI & REED, o sino representarlo en base una familia de curvas basadas ya sea en polinómios, cerchas B, cerchas cúbicas, etc.

Ante esta variedad de métodos, el factor de decisión será la disponibilidad de un computador, cuya capacidad sea más o menos amplia, la velocidad del procesado y algo más importante la sensibilidad de la superficie a generarse, entendiéndose por esto, la posibilidad de poder alcanzar las formas deseadas con el método escogido.

Al tratar de representar matematicamente las formas de un barco pes

quero delineado tradicionalmente, sin objetar ningún método nos decidimos por configurar una familia de curvas polinómicas las que nos permitirían a más de cumplir con los requerimientos de diseño, evaluar con facilidad la superficie del casco para determinar la tabla de puntos como un conjunto fundamental para la representación gráfica, pudiendo además, establecer los atributos de carena, de tal manera de poder conocer los parámetros hidrostáticos, las características de estabilidad y resistencia al avance.

2.1. METODOLOGIA PARA LA GENERACION DE LINEAS DE FORMA

ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE LA REPRESENTACION DE SUPERFICIES:

Dentro de los estudios realizados sobre la formulación matemática de los cascos se pueden citar:

- a. METODO DE LAS FUNCIONES DE INFLUENCIA POLINOMICA: El método fue primero aplicado a la creación de las líneas de formas por D.W. Taylor. Después, sistemáticamente desarrollado por THIEME y otros investigadores como LAWWEBER, GERTHER, PIEN, VON KERCZEK.

Consiste básicamente en la generación de funciones polinómicas $y = f(x)$ que satisface ciertas restricciones paramétricas especificadas, como la tabla de puntos de las líneas de agua y contornos, pendientes, curvaturas, área, momentos y parámetros integrales similares. Obteniendo así, la curva deseada, por la superposición de los polinomios individuales, cada una responsable para cumplir con una de las restricciones sin afectar a las otras. Estos polinomios son computados y entonces multiplicados correspondientemente por la restricción y sobrepuestos.

El número de restricciones, en principio, puede ser indefinido. En la práctica, el grado del polinomio está en relación directa con el número total de restricciones. Introducción de restricciones en la curva a medida que el orden va siendo mayor. La experiencia ha demostrado que resultados satisfactorios se alcanzados con polinómios sobre el octavo grado. El grado siguiente dificultoso alcanzarlo.

La ventaja de generación de las líneas de forma por este método es la simplicidad y flexibilidad, pero su limitación es el rango de la variación de los parámetros de la curva.

- b. CERCOS. Uno de los procedimientos matemáticos muy útiles para interpolación y búsqueda de curvas suaves son las curvas paramétricas y cartesianas.

Sin embargo, al pasar a la generación de líneas de formas paramétricas presentan serias dificultades a causa de la relación entre los coeficientes de la cercha y los puntos de la curva. Es difícil establecer correspondencia alguna; situación que en ciertas circunstancias llega a no ser de tanta im-

portancia si consideramos que con los polinomios tenemos fluctuaciones indeseables que son evitadas con las cerchas. Además, tienen la propiedad de ofrecer al diseñador un fácil control sobre la superficie y/o curva, simplificándole procedimientos y su manipulación.

- c. CURVAS BEZIER: En este método las curvas son diseñadas en base a un polígono de puntos definidos, los que nos da una flexibilidad y ajuste por medio del control de los vértices.

Esta propiedad a hecho que se estudie la posibilidad de utilizarlos para la creación de líneas. Pero nos encontramos con la dificultad de satisfacer los requerimientos de los parámetros integrales como son áreas, momentos, centroides, etc. - Además, de esto se presenta la complejidad de relacionar los coeficientes de la curva con los parámetros de forma.

- d. CERCHA B: Comparando las cerchas B con la resolución de las otras ya mencionadas y los polinomios, con este método es permitido:

1. Control local sobre cualquier sección de la línea, manteniendo los cambios locales separados del resto de las sec-

ciones.

2. Acepta un gran número de restricciones geométricas.
3. Asegura de la existencia de una sola equivalencia entre la variable dependiente a independiente.
4. Permite el cálculo de la componente del vector coordenada - de las curvas.

Desde el punto de vista práctico tiene la ventaja:

5. De ser un método sencillo de operación mediante el control de vértices por lo que no requiere complejidades matemáticas.
6. Facilidad de unión de curvas con condiciones de continuidad especificadas por las derivadas.
7. Provee una base para la definición de las superficies.

Las dificultades de este método aparece cuando se tiene restricciones de carácter integral: áreas, centroides, etc., complejidad - que limita su aplicación en todos los casos.

ciones.

2. Acepta un gran número de restricciones geométricas.
3. Asegura de la existencia de una sola equivalencia entre la variable dependiente a independiente.
4. Permite el cálculo de la componente del vector coordenada - de las curvas.

Desde el punto de vista práctico tiene la ventaja:

5. De ser un método sencillo de operación mediante el control de vértices por lo que no requiere complejidades matemáticas.
6. Facilidad de unión de curvas con condiciones de continuidad especificadas por las derivadas.
7. Provee una base para la definición de las superficies.

Las dificultades de este método aparece cuando se tiene restricciones de carácter integral: áreas, centroides, etc., complejidad - que limita su aplicación en todos los casos.

e. MAPEO CONFORME: Las técnicas de representación de secciones - bajo el agua), fueron establecidas por LEWIS al introducir el cálculo de la masa añadida en la hidrodinámica de los buques. Lewis usa las funciones de mapeo y correspondientemente tres parámetros libres, los cuales le permiten el control del área de sección, manga, calado.

Utilizando las funciones así definidas, se ha encontrado muy buenas aproximaciones en los resultados de los cálculos hidrodinámicos, pero a esto se suma la limitación de las formas cuando se tiene secciones finas y con bulbo.

Con un intento de generalizar la utilidad de este método THEODORSEN, introduce funciones de mapeo definidas con un número mayor de parámetros, reemplazando así las transformadas de Lewis.

Este método se basa en la correspondencia uno a uno entre los puntos de dos planos distintos expresados por una función - analítica simple, permitiendo resolver problemas, cuando las formas cuyas propiedades y ecuaciones no son conocidas pueden ser mapeadas dentro de formas cuyas ecuaciones y propiedades son conocidas en otro plano.

- f. CURVATURA MINIMA: Un nuevo método para la generación de líneas de forma ha sido introducido por Pramila. Está desarrollado según el criterio geométrico de la curvatura mínima. El problema variacional resultante es calculado através del método de los elementos finitos.
- g. REPRESENTACION DE SUPERFICIES: Hay basicamente dos métodos derivados a partir de la ecuación general para la representación de las superficies de las regiones principales de un casco. El primero, llamado también el método de los dos pasos, genera inicialmente las ecuaciones de las líneas de agua y entonces, fija cada uno de los coeficientes de la ecuación y los altos del perfil diametral para derivar la ecuación de la superficie, permitiendo de esta manera dada una altura conocer la ecuación de la línea de agua correspondiente.

El segundo método, conocido como el de paso simple, expresa - al conjunto de puntos, como una función de tanto la distancia longitudinal, altos y entonces procede a evaluar los coeficientes de la ecuación de la superficie, satisfaciendo las condiciones de contorno, dados como parámetros de diseño.

La ventaja de como se estructura esta metodología es que per

mite modificar las formas de la superficie, dependiendo del tipo de buque que se analice.

- h. METODO EXPONENCIAL: Es un método para generar líneas de forma, el cual toma la geometría del casco como el desarrollo de una familia de curvas, cuya ecuación es:

$$Y = a + bx^n \quad (7)$$

El procedimiento de este método sería:

- a. Determinar las condiciones de contornos como parámetros de diseño.
- b. Establecer los coeficientes del plano de agua y perfil diametral, generados a partir de polinómios, cuyos grados están en correspondencia del número de contornos.
- c. Determinar la familia de exponentes (n), basados en las ecuaciones dadas en (b).

La ventaja de este método, radica en la facilidad de los cálculos, sensibilidad de las superficies generadas, y al llevar el

goritmo a un ordenador, requiere muy poca capacidad de memoria lo que permitiría aplicarlos inclusive en las mini-computadoras.

2.2. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

El proyecto de diseño de una embarcación se compone de varias etapas, las que en conjunto forman la llamada "Espiral del Diseño", la primera de ellas podemos distinguirla como la selección de las dimensiones principales, la cual consiste en agrupar embarcaciones de características y naturaleza similares, para establecer la ley de variación de sus formas.

En el diseño en mención, la naturaleza de los barcos son pesqueros (arrastreros, atuneros, pesca blanca, pinchahueros, palangre, etc.). Del análisis efectuado en el capítulo anterior se había determinado que la franja de los arrastreros en nuestro medio incluían también a las embarcaciones destinadas a las otras faenas de pesca, razón que se justificaba, puesto que las construcciones han sido realizadas en base a conocimientos empíricos.

Como punto de partida del proyecto, consideremos las necesidades del armador como son:

La capacidad de la embarcación (V_1), entendiéndose por esta el volumen de bodega + agua + combustible. Pero no sólo debemos de pensar en cuanto llevará la embarcación, sino también en que

tiempo se movilizará al caladero. De aquí que otro dato como pa
rámetro inicial será la velocidad (V_2).

Teniendo presente el tipo de embarcación pesquera deseada, podemos tener un criterio de sus necesidades al momento de operación. Estas condiciones en forma resumida las establecemos como:

- a. Capacidad de la embarcación (V_1).
- b. Velocidad requerida (V_2).
- c. Condiciones específicas sobre la manga, puntal, que determinen el tipo de pesquero deseado (N_4 , N_5).

En tal virtud, en base a la relación propuesta por la FAO, se puede determinar el volumen a desplazar, correspondiente a V_1 .

Así:

$$V_3 = 1.93 \cdot V_1 - 0.0000184 \cdot (V_1)^2 \quad (\text{ft}^3) \quad (8)$$

De las estadísticas sobre los coeficientes de los buques pesque
ros se ha establecido, que aquellos tienen un rango de coeficien
te block:

$$0.4 \leq C_B \leq 0.55 \quad (9)$$

Entonces dentro de este rango y teniendo presente la fórmula bien conocida del volumen de desplazamiento tenemos que:

$$V_3 = C_B * L * B * H \quad (10)$$

$$\therefore C_B = V_3 / L / B / H \quad (11)$$

$$0.4 \leq V_3 / L / B / H \leq 0.55 \quad (12)$$

Si consideramos que:

$$H = D - f \quad (13)$$

$$\therefore 0.4 \leq V_3 / L / B / (D-f) \leq 0.55 \quad (14)$$

Nos faltaría por determinar una expresión para f ; recordando las relaciones (5) y (6).

Para esto, se va a tomar de la reglamentación de los japoneses - dada para buques de madera, la fórmula del franco bordo propuesta en función del puntal:

$$f = D / 15 + 0.656 \quad (\text{ft}) \quad (15)$$

$$0.4 \leq \frac{V^3}{\{L^{1.718}(0.95+0.6789 \cdot 10^{-3} \cdot N^4)(14/15(0.283+0.43 \cdot 10^{-3} \cdot N^5)L^{0.829} - 0.656)\}} \leq 0.55 \quad (16)$$

Evaluando (16), se puede establecer el rango L, permitido para los pesqueros, esto nos da la facilidad de variación de la velocidad.

El siguiente paso será:

Determinar la función del coeficiente block en términos de la velocidad, relativa. Para esto, haremos referencia de la relación propuesta por C. Ridgely para arrastreros:

$$C_B = 0.21378 + 0.1937 \cdot V^2 / (L)^{0.5} \quad (17)$$

Aceptando (17), con la ayuda de (11), se tiene dos ecuaciones y dos incógnitas (L, V₂), pero como V₂ se la propone como dato, nos queda una sola relación exponencial para L.

Con este valor conocido, se conoce el resto de las dimensiones principales (B, D, f).

La función para el C_W , C_p , son tomadas de las que propone la -
FAO para embarcaciones pesqueras.

El C_X será dependiente de C_B y C_p .

En un diseño, el proyectista debe tener la libertad de poder de
cidir sobre la forma de la sección media, por tanto si el C_B ya
se estableció, una variación del C_X se produce si cambiamos C_p
por lo que deberíamos de hablar de un rango para este coeficient
e.

En el mismo artículo C. RIDGELY, busca establecer casco patro-
nes para arrastreros, considerando valores de C_p óptimos para -
las distintas condiciones de velocidad. Luego el rango queda
establecido entre:

$$C_p = 0.55 + (C_B - 0.4166)/0.756 \quad (\text{C.R.}) \quad (18)$$

$$C_p = 0.623 - 0.069 \{1 - ((C_B - 0.4)/0.2)^{2.65}\} \quad (\text{FAO}) \quad (19)$$

Para este valor de C_p , se determina C_W , propuesto por NPL (arrast
treros).

$$C_w = 0.68 + 1.16 (C_p - 0.55) \quad (20)$$

Como un parámetro adicional al inicio del proyecto, debemos establecer el valor de los centroides principales tales como:

El centro de flotación (LCF) y el centro de boyantez longitudinal (LCB).

La importancia del último término mencionado, radica en la ventaja aparente para disponer la bodega evitando así que en las condiciones críticas como las salidas y el retorno a los caladeros, la navegabilidad sea dificultosa, ya sea por las vibraciones excesivas, por la falta de inmersión del propulsor o por encabuzamiento a gran escala que incremente la resistencia al avance. No obtante, la posición LCF nos da el carácter de la mayor o menor formación de olas, que contribuyen a la resistencia, influyendo específicamente en los ángulos de entrada y salida del plano de flotación.

Conociendo entonces la naturaleza de cada uno, se puede pensar en determinar uno de ellos como condición inicial o asociarlos mediante una expresión. En verdad, este último criterio conduciría a establecer una relación que involucre todas las circunstancias po

sibles que serían factibles en una etapa preliminar del diseño. Sin embargo, esta complejidad, puede evitarse si evaluamos uno de ellos y proponemos como otra condición el vínculo entre ca da uno. De acuerdo a lo propuesto anteriormente, tomaremos co mo término de evaluación en LCF en base a:

$$N8 = 0.5333 + (2/3)C_p \quad (21)$$

$$LCF\% = N8 (-82.04699 + 442.3433 * C_p - 730.8 * C_p^2 + 390.6666 * C_p^3) \quad (22)$$

Las expresiones (21) y (22) han sido estudiadas para permitir generalizar a todos los tipos de pesqueros que se proyecten.

2.3. REQUERIMIENTOS MATEMATICOS PARA GENERAR LAS FORMAS DEL CASCO

Para formular matematicamente formas de un casco, lo dividiremos en dos bloques a saber:

El de proa y el de popa, subdividiendo a su vez de adelante hacia atrás, en estaciones numeradas desde el 0 al 10.

Al tratar las líneas del casco como un conjunto infinito de puntos, debemos establecer para esto un sistema de referencia orientado como se indica (Ver figura # 1), de tal manera que el plano $z - y$ y este a una distancia $H/3$ sobre la flotación.

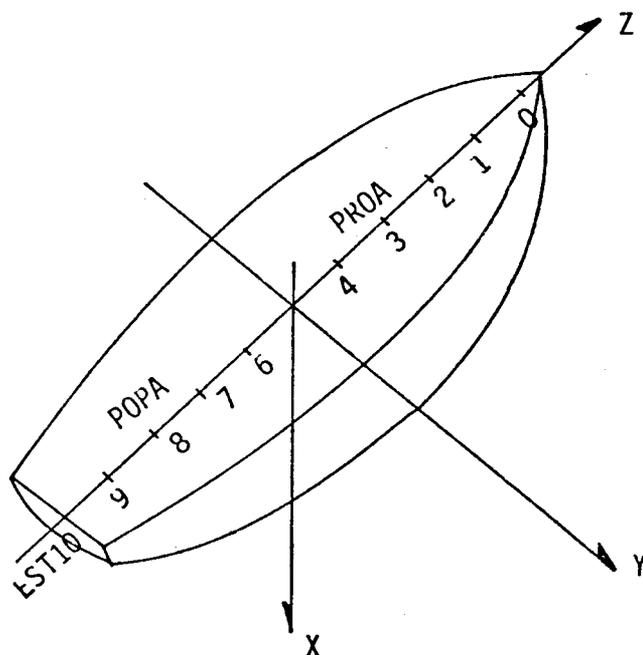


Figura # 1 SISTEMA DE EJES COORDENADOS

Para el análisis matemático del casco lo dividiremos en:

a. Contornos: Plano de flotación y perfil diametral.

b. Condición Integral: Curva de Semi-area.

c. Secciones

Las literales a) y b) se fundamentan en una curva polinómica de la forma:

$$y = a_0 + a_1 * Z + a_2 * Z^2 + a_3 * Z^3 + a_4 * Z^4 \quad (\text{B. proa}) \quad (23)$$

$$y = b_0 + b_1 * Z + b_2 * Z^2 + b_3 * Z^3 + b_4 * Z^4 \quad (\text{B. popa}) \quad (24)$$

Siendo los coeficientes determinados para cada caso.

El tercer literal (c) se basa en la generación de una familia de curvas de la forma:

$$y = a + b * x^n \quad (25)$$

Utilizando para esto, los contornos establecidos en (a) y (b). La evaluación de los coeficientes en este caso, será teniendo presnete que la sección incluye la obra muerta, de tal manera que el "puntual" sea de:

4* H/3

2.4. FORMULACION DE LAS ENTRADAS

Tal como se describió en el procedimiento de diseño, los cálculos podemos iniciarlos si conocieramos:

- El volumen de bodega (V_1)
- La velocidad (V_2)
- El factor de variación de la manga -100% a 100% (N_4)
- El factor de variación del puntal - 100% a 100% (N_5)

Ya que las fórmulas anteriores expresadas están dadas en unidades inglesas, el volumen estará dado en pies cúbicos (ft^3); la velocidad en nudos y los otros factores (N_4) y (N_5), están da

dos en porcentajes cuyo criterio de la utilización está basado en que tanto la manga como el puntaí están formulados en términos de la eslora. Pero como habíamos visto en II.3) estas expresiones son resultados de un análisis estadístico en que no se tenía un factor de correlación de ± 1 , por lo que deberíamos de hablar de una franja de valores dependientes para cada eslora tomada como absisa. Esto permite, que exista una variada - flexibilidad entre las dimensiones principales.

Para poder utilizar en una forma ordenada esta franja de valores, distinguiremos inicialmente dos límites: El uno superior y el otro inferior, tal que numericamente los representamos como 100% y -100% respectivamente.

Así por ejemplo, podemos empezar un pre-diseño para una embarcación pesquera cuya capacidad de bodega sea de 5000 pies³ (141.8m³) para que se movílice a 12 nudos; el armador está interesado que su barco sea un atunero, pero por impedimentos de calado del varadero, desearía que este sea lo más pequeño posible. Estas condiciones las podríamos plantear como:

$$V1 = 5000$$

$$V2 = 12$$

$$N4 = 0\% \text{ o } N4 = 100\%$$

$$N5 = -100\%$$

De esta manera las condiciones de entrada quedan establecidas, permitiendo determinar los parámetros restantes en base al procedimiento de diseño mencionado anteriormente.

2.5. GENERACION DE LOS CONTORNOS

La generación de contornos iniciamos con el perfil diametral.

BLOQUE DE PROA:

Este sector del casco es generado en base a tres segmentos que los distinguiremos como: la roda (línea recta), el pie de la roda (arco de circunsferencia) y la quilla (línea recta).

Para poder entender el esquema matemático que a continuación se detalla, definiremos varios términos como son:

R	Radio de la circunsferencia
m_2	Pendiente de la roda
m_1	Pendiente de la quilla

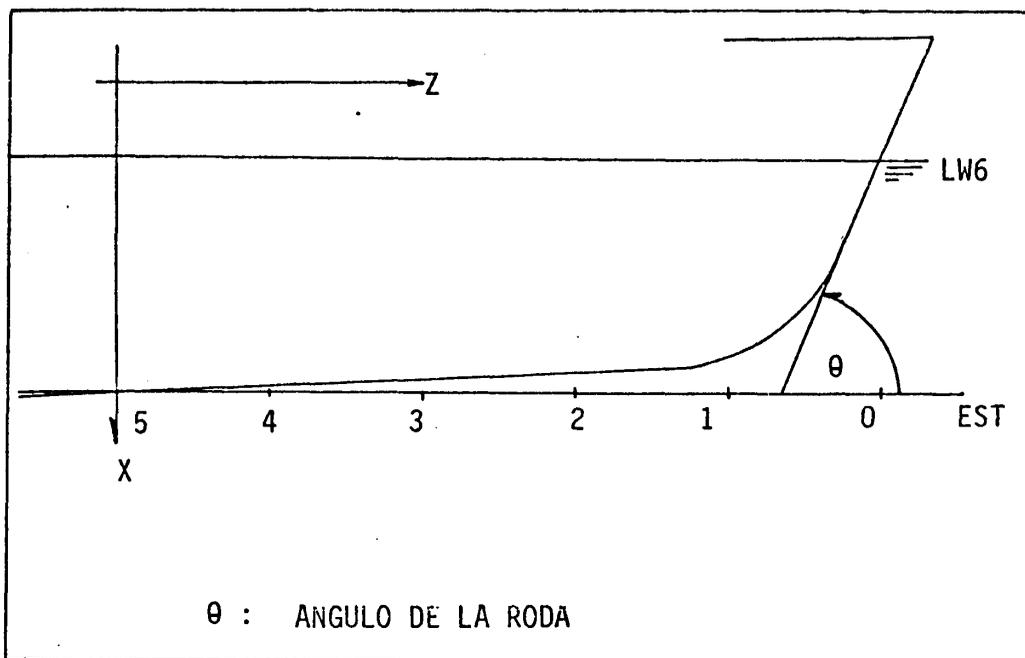


Fig. #2

- b_1 Intersección de la línea de quilla
con la recta $x = H/3$
- b_2 Intersección de la línea de roda
con la recta $x = H/3$
- (x, z) Ordenadas de la intersección de las líneas
de quilla y roda.
- (h, k) Ordenadas del centro de la circunferencia

Por tanto:

$$\underline{x} = (b_1 - b_2)/(m_2 - m_1) \quad (26)$$

$$\underline{z} = m_1 \underline{x} + b_1 \quad (27)$$

$$\theta_2 = \text{tg}^{-1} (-m_2) \quad (28)$$

$$\theta_1 = \text{tg}^{-1} (-m_1) \quad (29)$$

$$\theta^1 = (\theta_1 - \theta_2)/2 \quad (30)$$

$$\bar{\theta} = (\theta_1 + \theta_2)/2 \quad (31)$$

$$h = \underline{x} - R^* \text{sen} (\bar{\theta})/\text{COS}(\theta^1) \quad (32)$$

$$k = \underline{z} - R^* \text{COS} (\bar{\theta})/\text{COS} (\theta^1) \quad (33)$$

Utilizando las fórmulas mencionadas, podemos determinar los intervalos de los segmentos como sigue:

QUILLA:

$$0 \leq z \leq R \text{COS} (\theta_1) + k \quad (34)$$

$$x = (z - b_1)/m_1 \quad (35)$$

PIE DE LA RODA:

$$R \cos(\theta_1) + k \leq z \leq R \cos(\theta_2) + k \quad (36)$$

$$x = h + (R^2 - (z - k)^2)^{0.5} \quad (37)$$

RODA:

$$R \cos(\theta_2) + k \leq z \leq L/2 - H*m_2/3 \quad (38)$$

$$x = (z - b_2)/m_2 \quad (39)$$

Quedando con estas tres expresiones definido el perfil de proa - diametral.

BLOQUE DE POPA:

Este sector es definido utilizando un polinomio, cuyo grado está en relación con las condiciones de borde necesarios, tal que cum plan con las siguientes restricciones:

Para: $z = 0$

$$y(0) = H$$

$$y^1(0) = m_1$$

Para: $z = -L/2$

$$y(-L/2) = 0.192578 * H$$

$$y^1(-L/2) = m_2$$

Donde: $m_1 = \text{tg}(3.1415 - \text{tg}^{-1}(0.03))$

$$m_2 = \text{tg}(23 * 3.1415/180)$$

Para: $z = -L/10$

$$y^1(-L/10) = 0$$

Con 5 restricciones, el polinomio será de cuarto grado, esto es:

$$y = b_0 + b_1z + b_2z^2 + b_3z^3 + b_4z^4 \quad (40)$$

Efectuando la evaluación de los coeficientes se concluye que:

$$b_0 = H \quad (41)$$

$$b_1 = -m_1 \quad (42)$$

Haciendo que $c = L/10$, $d = L/2$, se tiene los otros expresados en las siguientes ecuaciones:

$$- 2c b_2 + 3 c^2 b_3 - 4c^3 b_4 = - m_1 \quad (43)$$

$$- 2d b_2 + 3d^2 b_3 - 4d^3 b_4 = m_2 - m_1 \quad (44)$$

$$d^2 b_2 - d^3 b_3 + d^4 b_4 = -0.8074 H + m_1 d \quad (45)$$

Con los cuales se determina el polinomio (40) para el caso particular asignado.

CURVA DEL PLANO DE FLOTACION:

La curva del plano de flotación la describiremos utilizando dos polinomios en cuyas uniones tanto la ordenada como su pendiente coinciden. Otra condición de vínculo que liga las dos curvas es que entre los límites de $-L/2$ y $L/2$, tanto el área del plano de flotación y su centroíde, deben satisfacer los requerimientos como se los había determinado en el procedimiento de diseño.

BLOQUE DE PROA:

La curva del plano de flotación correspondiente al bloque de proa, es determinada utilizando un polinomio de tercer grado como se indica:

$$y = a_0 + a_1z + a_2z^2 + a_3z^3 \quad (46)$$

Donde los coeficientes son calculados; de tal manera que satisfagan las condiciones de borde que a continuación se indican:

$$\begin{aligned} \text{Para :} \quad & z = 0 \\ & y(0) = B/2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Para:} \quad & z = -L/2 \\ & y(-L/2) = B/2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Para:} \quad & z = L/2 \\ & y(L/2) = 0 \end{aligned}$$

BLOQUE DE POPA:

La curva de popa es descrita mediante un polinomio de segundo -

grado, como sigue:

$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2 \quad (47)$$

Donde las condiciones de borde son:

$$\begin{aligned} \text{Para:} \quad z &= 0 \\ y(-L/2) &= B/2 \end{aligned}$$

Utilizando estas condiciones, se obtiene un sistema de ecuaciones con las que resulta determinada la curva del plano de flotación.

$$\text{Haciendo:} \quad f = L/2$$

Tenemos:

$$- c^2/2b_1 + c^3/3b_2 + c^2/2a_1 + c^3/3a_2 + c^4/4a_3 = Aw/2 - Bc \quad (48)$$

$$c^3/3b_1 - c^4/4b_2 + c^3/3a_1 + c^4/4a_2 + c^5/5a_3 = B_2 Aw/2 \quad (49)$$

$$- cb_1 + c^2/5 b_2 = 0 \quad (50)$$

$$-ca_1 + c^2a_2/2 - c^3a_3/25 = 0 \quad (51)$$

$$ca_1 + c^2a_2 + c^3a_3 = -B/2 \quad (52)$$

Donde $B_2 = LCF * L/100$

CURVA DE SEMI-AREAS:

En forma similar a la curva mencionada anteriormente, la función que representa la semi-área, debe cumplir con los parámetros integrales de volumen y centroíde (LCB) determinados mediante el procedimiento de diseño.

BLOQUES DE PROA:

El polinomio del sector de proa de la curva de semi-áreas está -
definido en base a las siguientes condiciones de borde:

Para: $z = 0$
 $y(0) = Ax/2$
 $y'(0) = 0$

Para: $z = 2L/5$
 $y(2L/5) = C_B + 0.1$

Para: $Z = L/2$
 $y(L/2) = 0$

De donde se propone una función de tercer grado, con lo cual se satisfacen los requisitos propuestos.

Así:

$$y = a_0 + a_1z + a_2z^2 + a_3z^3 \quad (53)$$

Y luego de evaluar los coeficientes, resulta el siguiente sistema de ecuaciones, cuya solución particulariza el polinomio.

Haciendo: $c = L/2$ $d = 2L/5$

$$c^2a_2 + c^3a_3 = -Ax/2 \quad (54)$$

$$d^2a_2 + d^3a_3 = C_B + 0.1 - Ax/2 \quad (55)$$

$$a_1 = 0 \quad a_0 = Ax/2$$

BLOQUE DE POPA:

Tal como el polinomio del bloque de proa es declarado, no involucra las condiciones de los parámetros integrales, por lo que

deberán ser satisfechos en este otro sector. Así tenemos que:

$$\begin{aligned} \text{Para: } \quad z &= 0 \\ y(0) &= Ax/2 \\ y^1(0) &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Para: } \quad z &= -L/2 \\ y(-L/2) &= a/2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Para: } \quad z &= -L/N1 \\ y(-L/N1) &= \emptyset \end{aligned}$$

Donde los términos siguientes se definen como:

$a/2$ = semiárea del espejo

$L/N1$ = factor de elongación del espejo.

Reuniendo las condiciones de borde que determinen la función, -
concluimos que el grado del polinomio debe ser de cuarto grado.

$$y = b_0 + b_1z + b_2z^2 + b_3z^3 + b_4z^4 \quad (56)$$

Y los coeficientes los calculamos a partir de las siguientes -

ecuaciones simultáneas.

$$c = L/2 \quad f = L/N1$$

$$c^2/3b_2 - c^4/4b_3 + c^5/5b_4 = V_3/2 - Ax/2 \quad L - a_2c^3/3 - a_3c^4/4 \quad (57)$$

$$c^2b_2 - c^3b_3 + c^4b_4 = a/2 - Ax/2 \quad (58)$$

$$f^2b_2 - f^3b_3 + f^4b_4 = -Ax/2 \quad (59)$$

$$y \quad b_0 = Ax/2 \quad (60)$$

$$b_1 = 0 \quad (61)$$

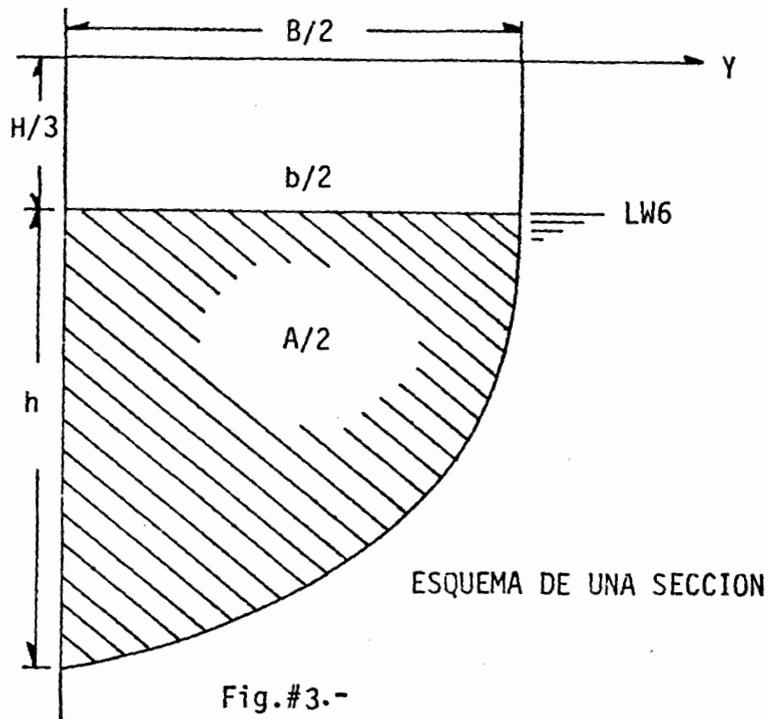
2.6. GENERACION DE LAS SECCIONES

Las secciones del casco son generadas utilizando una familia de curvas, para lo cual distinguiremos tres parámetros de interés que son:

Un plano superior ($y - z$), que constituye la línea de agua ubicada a $H/3$ sobre la flotación, con lo cual tenemos: $(B/2)$.

El otro parámetro es el plano de flotación propiamente dicho, con

la absisa ($b/2$). Por último, se tiene la curva de semi-áreas cu ya ordenada nos indica el integral de la sección que se esté especificando comprendida bajo la línea de agua de diseño (LW 6).



Como se propuso, la familia de curvas está dada en base a la fórmula siguiente:

$$y = a + bx^n \quad (62)$$

$$y = B/2 (1 - (x/(H/3 + h))^n) \quad (63)$$

Pero tal como se ha desarrollado la formulación matemática pa

ra generar las formas del casco, las ordenadas conocidas son $A/2$, $b/2$, $H/3$, h , entonces significa que, como se ha propuesto (63) no sería de utilidad, ya que aún no se conoce $B/2$. Efectuando la respectiva evaluación de (61) con los términos conocidos se tiene que:

$$b/2 \cdot 1/(a^n - (a+h)^n) \{ (a+h)^{n+1} - a^{n+1} \} / (n+1) - (a+h)^n h = A/2 \quad (64)$$

Siendo:

$$a = H/3$$

De donde la única incógnita de esta expresión exponencial sería (n) .

Con este valor conocido, se nos facilita encontrar $B/2$, para poder utilizar la expresión (63).

$$B/2 = -b/2 (a + h)^n / (a^n - (a + h)^n) \quad (65)$$

Con esta expresión completamos el conjunto de fórmulas para la creación de las líneas de forma de una embarcación.

PARTE III

PROCEDIMIENTO PARA LA CREACION DE LAS LINEAS DE FORMA3.1. ALGORITMO DE SOLUCION

Teniendo completadas las bases de los requerimientos matemáticos para la generación de las líneas de forma, estamos listos para - organizar una secuencia de etapas que nos permita realizar programas de computadoras, con lo que simplificaríamos el trabajo, de la creación de las líneas.

Así:

Podemos establecer como algoritmo de solución lo siguiente:

- a. Separación de memorias
- b. Definición de funciones
- c. Entrada de datos
- d. Cálculo de: dimensiones principales, coeficientes, centroides.
- e. Definición del perfil diametral: proa y popa.
- f. Definición de la curva del plano de flotación.
- g. Definición de la curva de áreas.

- h. Definición de secciones
- i. Definición de obra muerta
- j. Definición de secciones de la obra muerta: pendientes de la curva de secciones en $x = H/3$ y determinación de la estación \emptyset .
- k. Generación de archivos
- l. Cálculo de las variables resultantes
- m. Impresión de resultados
- n. Salida en pantalla del diseño.
- o. Subrutinas

3.2. ESQUEMA MATEMATICO

Sería redundante, repetir las expresiones matemáticas, que van a ser utilizadas en la programación del ordenador. Por lo que a continuación se va a explicar los detalles adicionales de cálculo, introducidos con el objeto de obtener las formas de superficie requerida. Así por ejemplo, hablando de la generación de las secciones, hubo la necesidad de dividir verticalmente el cas

co en dos secciones los que por familiaridad los llamaremos: obra viva (bajo la flotación) y la obra muerta (sobre la flotación). Esto nos permite tener una mayor flexibilidad y libertad para diseñar la línea de "cubierta" ($x = 0$) como se requiera. Para lo cual, la división del casco longitudinal es mantenida, por lo que la curva es definida por dos polinomios también.

Otro aspecto de interés en la creación de las líneas de forma, se presenta al establecer las estaciones extremas de proa y popa (0 y 10 respectivamente). Esta situación fue solucionada, proponiendo el principio de la continuidad de los coeficientes de sección a partir del "plano de cubierta" ($x = 0$), así por ejemplo: se calculaba el coeficiente para la estación 5 que incluía las secciones de obra viva y obra muerta; luego se asignaba un valor para el coeficiente de la estación 1 de igual forma, permitiéndonos extrapolar el valor del coeficiente de la estación 0, con la ayuda de un polinomio de segundo grado.

3.3. DIAGRAMA DE FLUJO

Antes de pasar a efectuar la diagramación del programa, definiremos la simbología a utilizarse:

DIMENSIONES PRINCIPALES, COEFICIENTES Y CENTROIDES

<u>UTILIZACION</u>	<u>SIMBOLO</u>
Capacidad de la embarcación	V1
Velocidad	V2
Volumen de desplazamiento	V3
Eslora (flotación)	L
Manga (flotación)	L1
Calado	L2
Puntal	L3
Francobordo	L4
Velocidad relativa	V4
Coefficiente block	C1
Coefficiente del plano de agua	C2
Coefficiente prismático	C3

Coefficiente de sección C4

Posición longitudinal del centro de carena B1

Posición longitudinal del centro de flotación B2

AREAS

Semi-área de flotación A1

Semi-área de sección media A2

ANGULOS PRINCIPALES (REF. AL SIST.COORDENADAS)

Astilla muerta T1

Medio ángulo de entrada T2

FACTORES

Factor de incremento de la manga N4

Factor de incremento del puntal N5

PERFIL DIAMETRAL DE POPA

m_1 Pendiente en la estación 5	X1
----------------------------------	----

m_2 Pendiente en la estación 10	X2
-----------------------------------	----

SUBROUTINA NEWTON - RAPHSON

ϵ Aproximación	E
-------------------------	---

X0 Solución asumida	E1
---------------------	----

X1 Solución encontrada	E2
------------------------	----

Y0 Ordenada en X0	H1
-------------------	----

m Pendiente en el punto (X0, Y0)	H2
----------------------------------	----

PARAMETROS

Centro Vertical de carena	K1
---------------------------	----

Radio metacéntrico	K2
--------------------	----

KM	K3
----	----

$L/(V1)^{1/3}$	K4
----------------	----

$L/V3)^{1/3}$	K5
L/B	K7
B/H	K8
B/D	K9

ARREGLOS

*Arreglos para las ordenadas de las curvas	F1 (10,8)
S/áreas	F1 (I,1)
S. Manga de flotación	F1 (I,2)
Altos del perfil diámetro	F1 (I,3)
Semi-manga de "cubierta"	F1 (I,4)
Exponente de la sección	F1 (I,5)
Centroide de las secciones bajo la flota ción	F1 (I,6)
Pendiente de las secciones en $x=H/3$	F1 (I,7)
S. manga de "cubierta" modificada	F1 (I,8)

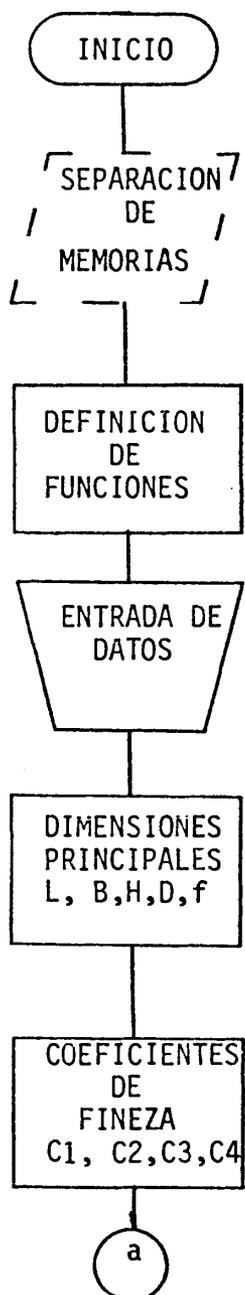
* Arreglo para los coeficientes de las curvas:

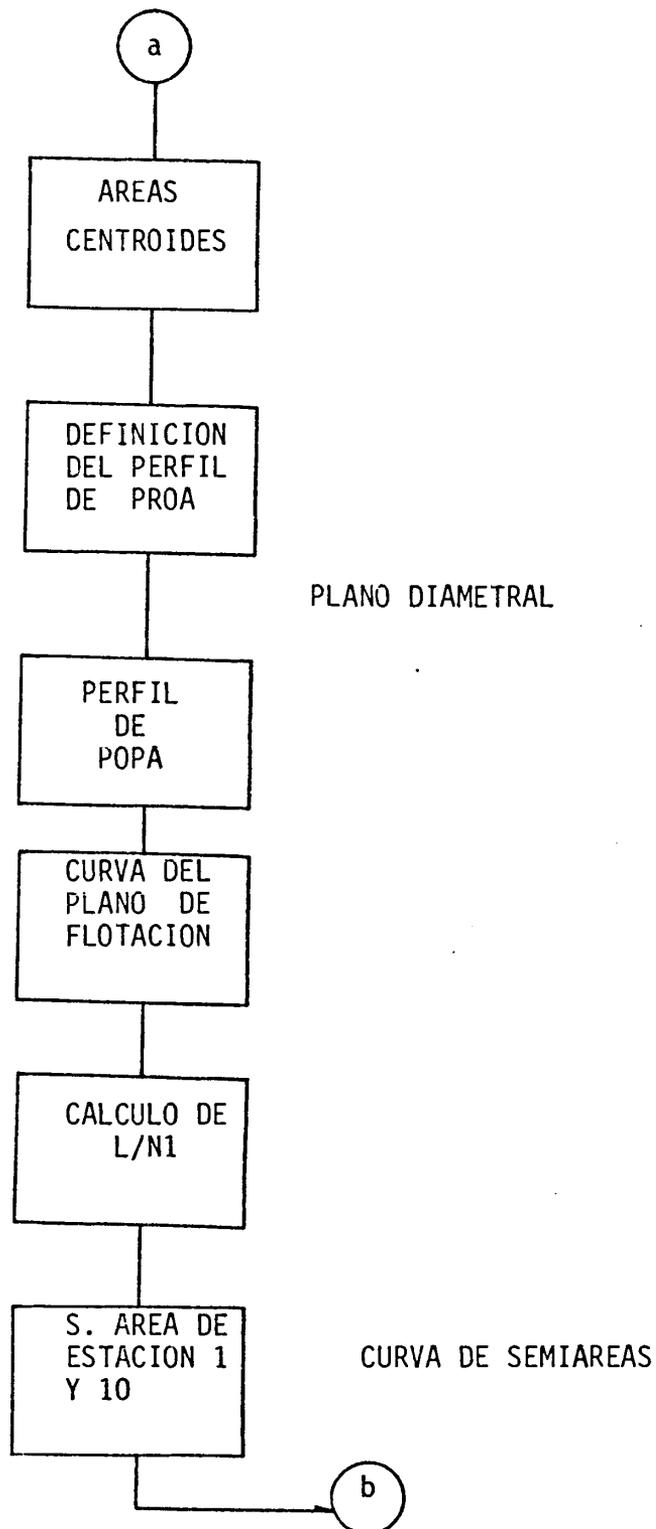
Perfil diametral de proa	P1 (9)
Perfil diametral de popa	P2 (5)
Plano de agua	P3 (2,5)
Curva de S. áreas	P4 (2,3)

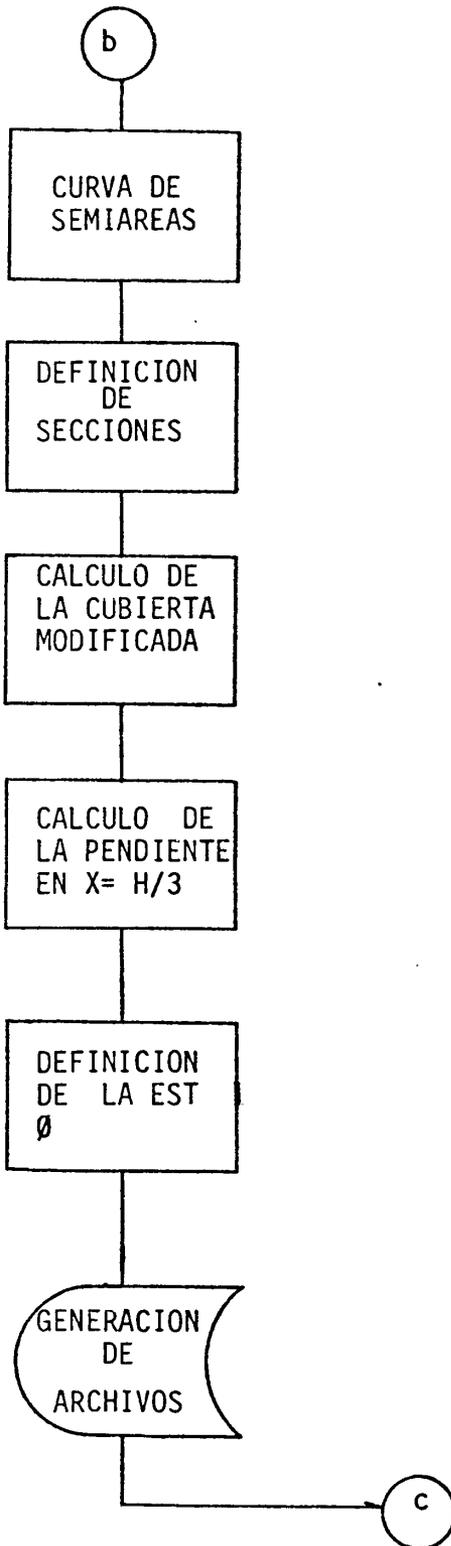
Conocida la simbología que se va a utilizar en el programa, esquemáticamente el algoritmo con el que se desarrolla la generación de las líneas de forma es el siguiente:

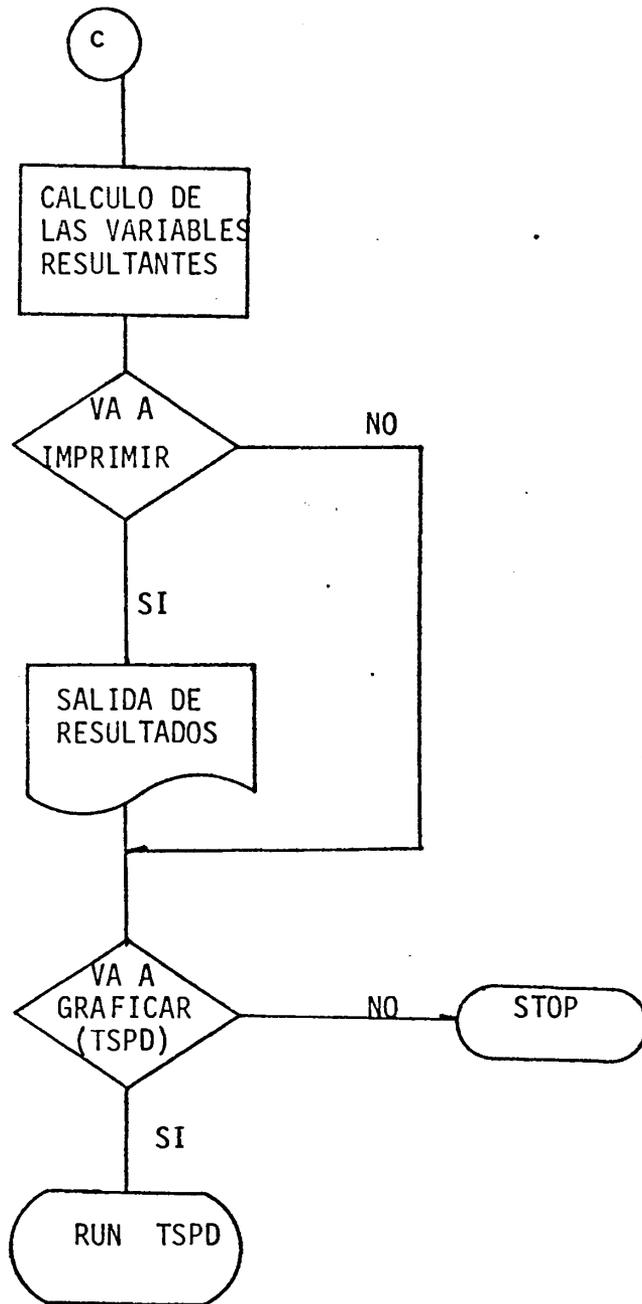
DIAGRAMA DE FLUJO

PROGRAMA PTSPQ:









PROGRAMA PTSPQ:

El programa PTSPQ, ha sido proyectado para la creación de las líneas de forma de embarcaciones pesqueras, utilizando el procedimiento - de diseño , definición de curvas y secciones tal como se ha mencionado en el análisis efectuado anteriormente. Hablando algo del - computador, el ordenador utilizado es un mini-computador APPLE II plus de 48 K; la codificación se ha realizado en base al lenguaje - APPLESOFT BASIC disponible. El sistema se encuentra ubicado en la oficina de PROYECTOS ESPECIALES DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MARIITIMA Y CIENCIAS DEL MAR DE LA ESPOL.

De acuerdo a la configuración analógica, la carga del programa se realiza de la siguiente manera:

PR # 6

LOAD PTSPQ

La ejecución será:

RUN

Inmediatamente comienza a compilarse y procesarse simultáneamente, dono

de aparecerán preguntas acerca de los requerimientos del nuevo diseño.

Así tal como se propone en el ejemplo; (ver diagramas resultantes), aparecerá:

NUMERO DE EJECUCION

?

Se refiere, al número identificador del proyecto, el cual se irá incrementando cuando se trata de la generación iterativa de la serie.

A continuación se tiene:

CAPACIDAD DE LA EMBARCACION - PIES CUBICOS

?

FACTOR DE VARIACION DE LA MANGA - 100 % A 100 %

?

FACTOR DE VARIACION DEL PUNTAL - 100 % A 100 %

?

RANGO DE VELOCIDAD $V_1 < V < V_2$

RANGO DE ESLORA $L_1 < L < L_2$

VELOCIDAD DE DISEÑO

?

COEFICIENTE PRISMATICO PARA LA VELOCIDAD DE DISEÑO C_p

VA A MODIFICARSE SI O NO

?

Y por último al completarse la ejecución pregunta:

VA A IMPRIMIR LOS RESULTADOS SI O NO

?

Dependiendo si la respuesta es si, y siempre que la unidad de im presión este en línea, se escribirá la tabla de resultados programados en forma de números adimensionales.

Y para terminar:

VA A GRAFICAR SI O NO

?

De esta manera da la oportunidad al usuario de visualizar el diseño en la pantalla del monitor.

PROGRAMA TSPD:

El programa es de naturaleza similar al anterior, el cual nos permite visualizar tanto en vista de secciones como en el plano del perfil diámetro los rasgos del diseño que se ha ejecutado.

En tal virtud, ha sido necesario utilizar archivos para el almacenamiento común de los datos generados a partir del programa PTSPQ, pudiendo citar entre ellos:

TF1, TP1, TP2.

3.4. CREACION ITERATIVA

Analizando la formulación de la entrada de datos del programa - PTSPQ, se encuentra que a más de los parámetros dados como con diciones iniciales de diseño, es decir:

- Capacidad de la embarcación
- Factor de variación de la manga
- Factor de variación del puntal

Se debe tener en cuenta que la velocidad de diseño un rango de - valores, que limitan a esta condición, cumpliendo de esta manera con los requisitos del coeficiente block, dentro de las caracterís ticas de las embarcaciones pesqueras.

Además se tiene la flexibilidad para variar el coeficiente prismá tico. Con este último, se completan los cinco parámetros necesarios para el proyecto.

Entonces sí se piensa en generar iterativamente las líneas de for ma de barcos pesqueros, deberíamos de comenzar con elegir una ca pacidad de bodega, en cuyas embarcaciones, su eslora, sea la más frecuente de encontrarse. Utilizando el análisis estadístico, se

establece a partir de los datos de las dimensiones de los barcos - ya conocidos, que el rango de mayor frecuencia de eslora es de 65 a 75 pies, esto equivaldría a elegir una capacidad promedio de 5000 pies cúbicos, por lo que se utilizará en los diseños posteriores.

En cuanto a los factores de variación de la manga y el puntal, ya que el rango permisible es entre -100% a 100%, se va a tomar en dos intervalos con lo que se consigue tres iteraciones: -100, 0, 100 %.

Con el rango de velocidad se considerará, cinco intervalos, de esta manera, ya que está en correspondencia directa con el coeficiente block, se obtendrán resultados cuya variación sea de 0.03, hasta completar el límite máximo de $C_b = 0.55$.

Para el coeficiente prismático, la situación es un poco diferente, puesto que no se tiene un rango fijo, para cada iteración. Por tanto, se necesita introducir otro criterio de variación que es el siguiente: se analiza el rango para encontrar el número entero de intervalos de 0.02 de longitud que existen. En caso de que sea tan pequeño que nos de un valor de 0, le asignaremos la unidad, para evitar el riesgo de una división por cero. Conocido así (w_2) -

iniciamos el lazo que empiece en un límite, P.E., el inferior, el cual irá incrementándose en una razón equivalente al rango dividido para el número de veces (w_2), así hasta encontrar el límite.

De esta forma, se está en la posibilidad de generar una serie completa, ya que se ha considerado todos los intervalos disponibles - en el diseño. Esta modificación en el programa PTSPQ, se encuentra almacenado en otro, llamado PTSPS, en la misma unidad de diskette.

3.5. DIAGRAMAS RESULTANTES

Los cálculos de las iteraciones están disponibles en el Apéndice A., lo que a continuación se presenta es un ejemplo de diseño, junto con los resultados. Los datos utilizados han sido proporcionados a manera de explicación.

PROGRAMA PTSPS:

La impresión de la salida, tanto en el programa PTSPQ como en el PTSPS, es la misma, por lo que los comentarios de interpretación - son útiles en ambos casos.

Los datos propuestos como resultados están dados en forma adimensional para permitir la versatilidad del usuario en la utilización en una u otras unidades de medida.

La simbología que aparece en las características principales es la siguiente:

L	Eslora
V3	Volumen a desplazar
V1	Capacidad de bodega
B	Manga (flotación)
D	Puntal
H	Calado
LCB	Centro de boyantez longitudinal
LCF	Centro de flotación longitudinal
KB	Centro de boyantez vertical

La tabla de puntos está dada en porcentaje con respecto a la manga (flotación).

NT""

PTSPQ

E PTSPQ

RO DE EJECUCION

CIDAD DE LA EMBARCACION-PIES CUBICOS

OR DE VARIACION DE LA MANGA -100% A 100%

OR DE VARIACION DEL PUNTAL -100% A 100%

DE VELOCIDAD 9.32525289 < V < 15.8366916

DE ESLORA 94.0866128 > L > 83.2417253

OCIDAD DEL DISENO

ICIENTE PRISMATICO PARA LA VELOCIDAD DE DISENO

.63780208

MODIFICARSE SI O NO

IMPRIMIR LOS RESULTADOS SI O NO

*****CARACTERISTICAS PRINCIPALES*****

L/V3^(1/3)	4.05303244
L/V1^(1/3)	4.95730664
L/B	3.71425127
B/H	2.33522218
B/D	2.04348507
ANGULO MEDIO DE ENTRADA	33.3126393
ASITIA MUERTA	14.2648151
ANGULO DE LA RODA	62.5
% LCB/L	1.32687125
% LCF/L	3.98431637
KB/V3^(1/3)	.298282748
KM/V3^(1/3)	.559531423
COEF. BLOCC	.482978374
COEF. PRISMATICO	.637802083
COEF. DE FLOTACION	.781850416
COEF. DE SECCION	.757254307

*****TABLA DE PUNIOS(%)*****

ACION	LW 1	LW 2	LW 3	LW 4
0	0	0	0	0
1	2.09439526	13.004412	22.4339599	30.3480536
2	12.3176178	31.7930505	46.8216798	57.8314395
3	25.1016735	51.7847727	69.1499039	79.5239026
4	38.6676288	67.6517105	83.9132991	92.049604
5	45.1245081	72.599789	88.0093805	95.7161261
6	41.4597043	66.3465978	82.6683313	92.5094894
7	28.6304095	53.876148	71.9989829	81.1740961
8	0	30.3040631	54.3497861	70.7233105
9	0	0	12.7981504	46.37757
10	0	0	0	0

ACION	LW 5	LW 6	LW 7	LW 8
0	0	-1.1045468E-07	4.71766822	10.7287549
1	36.7026024	41.43846	46.2964134	53.0687815
2	65.2910073	69.7261521	73.7003673	79.387194
3	84.9765449	87.2946141	89.4760076	93.4827905
4	95.4817964	96.575384	97.4579728	99.154364
5	98.9654045	100	100.275065	100.200711
6	97.7417658	100	100.200677	100.200711
7	91.5793224	95.3958421	96.3624145	96.3977731
8	80.850798	86.1875264	88.3736226	88.7918954
9	64.4493869	72.3750527	75.9191458	77.3830781
10	13.0145726	53.9584211	61.6966498	62.1713231

*****ALTOS DEL ALEFRIZ SOBRE LA LINEA BASE(ZH)*****

1	2	3	4	5
13.7007397	7.79522672	5.19681783	2.59840989	0
6	7	8	9	10
-2.227520922	18492661	17.9110872	45.3982376	80.7123889

PARTE IV

CREACION DE LAS CURVAS DE ESTABILIDAD DE LOS DISEÑOS GENERADOS

4.1. USO DE LAS SERIES

Dada la generalidad con que se ha desarrollado la creación de las líneas de formas de las embarcaciones pesqueras, su aplicación no se restringirá para ningún caso en que se trate de proyectar barcos cuyas superficies sean continuas.

Desde el punto de vista del diseñador, él complementaría las formas, trazando las cubiertas, cumpliendo con los requerimientos del armador y la seguridad de la embarcación.

Mirando la utilización de las series, desde el punto de vista de los materiales para la construcción, citando el caso de la madera, se tendría que considerar la inclusión de la estructura de la quilla, roda, codaste, gambotas de codaste, de tal manera que en conjunto se mantenga la misma línea del alefriz. Esto sin duda traerá alteraciones del conjunto de líneas de forma, pero con un poco de experiencia se puede llevar adelante.

En el caso de los otros materiales, los espesores de los es tructurales centrales no son de tanta magnitud, lo que faci lita la rápida modificación.

4.2. CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD DE LOS MODELOS

Siendo de completa libertad para el proyectista, diseñar la cubierta principal, con el fin de completar las formas del casco, hablar del cálculo de la estabilidad de los modelos se circunscribirá a determinar la posición del metacentro trans versal hasta una condición en la que la línea de flotación to que el punto más bajo de la cubierta. Esto no es sino un es tudio de la estabilidad inicial, en el cual el criterio de mérito se basa en la altura metacéntrica (GM) o si mantenemos el mismo centro de gravedad (KG), el radio metacéntrico (BM). Este puede ser un parámetro para seleccionar uno u otro dise ño, dependiendo de los requerimientos establecidos por el pro yectista.

Como una guía para escoger los diseños más apropiados de la serie, se propone una codificación de la siguiente manera:

DISEÑO: $a_1 / a_2 / N$

Donde:

a_1 es el porcentaje de variación de la manga

a_2 es el porcentaje de variación del puntal

N es el identificador del diseño

De esta manera se puede determinar, los diseños de características similares y utilizar los parámetros.

$$KB / (V3)^{1/3}$$

$$KM / (V3)^{1/3}$$

Para conocer BM, siempre que se conozca el volumen de desplazamiento (V3).

CRITERIOS DE ESTABILIDAD

La estabilidad de las embarcaciones ha sido un tema que por mucho tiempo ha preocupado a los investigadores y diseñadores. El

efecto de la pérdida de estabilidad que se produce cuando el barco es sometido a un mar de popa, al corrimiento de las cargas de bodega, por la presencia de las superficies libres, etc. ha motivado para que se establezcan criterios tales como el que propone O'DOGHERTHY u organismos como la IMCO, etc.

CRITERIO DE ESTABILIDAD DE O'DOGHERTHY

Define la estabilidad de los barcos pesqueros de altura en base a un parámetro CE, el cual lo considera como satisfactorio si se verifica:

$$CE = E_1 + E_2 \geq CE \text{ mínimo} \quad (66)$$

Donde CE mínimo está definido en la figura 4 (de la siguiente sección) en función de la eslora y los valores de E_1 , E_2 , como se indica a continuación:

a. El término E_1 se refiere a las características de la estabilidad inicial de la embarcación y está dado:

$$E_1 = 50 \text{ GM/B} \quad (67)$$

$$Y \quad E_1 = E_1 \text{ límite} = 8 - 0.12 L + 0.0006 L^2 \quad (68)$$

Para:

L (m)

o

$$E_1 = E_1 \text{ límite} = 8 - 0.03658 L + 0.0000557L^2 \quad (69)$$

Para:

L(ft)

Al evaluar la estabilidad tomando como referencia el término E_1 se pueden dar dos casos:

a.1) Cuando E_1 dado por (67) es menor que E_1 límite.

En este caso la estabilidad inicial del buque no es excesiva. La estabilidad dinámica exigida por el criterio - será tanto mayor cuanto menor sea GM, lo que resultará - en una estabilidad suficiente y dará lugar a movimientos

normales de balance, según KEMPF ($8 < CK < 14$) en todos los casos.

a.2) Cuando E_1 es igual o mayor que E_1 límite.

Aquí la estabilidad inicial del buque puede llegar a ser excesiva para la estabilidad dinámica requerida por el criterio. De todas maneras para utilizar (66) se considerará el valor de E_1 límite, por lo que la estabilidad dinámica que el criterio exige será siempre la misma para una eslora dada, garantizando un mínimo suficiente para la seguridad del buque.

b. El término E_2 está dado por la fórmula:

$$E_2 = 1000 e_k/L \quad (70)$$

Para:

$L(m)$

$$E_2 = 3285 e_k/L \quad (71)$$

Para:

$L(ft)$.

Donde e_k , se refiere a la estabilidad dinámica hasta el ángulo de estabilidad nula. Este valor de e_k a ser utilizado en ningún caso será dado por el menor de los dos valores siguientes:

$$e_k = \int_0^{\theta_k} GZd\theta \quad (72)$$

$$e_k = \int_0^{60^\circ} GZd\theta \quad (73)$$

CRITERIO DE LA ESTABILIDAD INICIAL EN BASE AL PERIODO DE ROLIDO
PROPUESTO POR LA IMCO

Con el objeto de simplificar los cálculos de la estabilidad inicial, se ha tomado el criterio de las pruebas del período de rolido.

El estudio que se presenta a continuación se considera de mucha utilidad para determinar la estabilidad inicial de pequeños barcos cuando no es practicable demostrar las condiciones de carga

u otra información sobre estabilidad.

En base a un gran número de pruebas de inclinación y períodos - de rolo se ha llegado a formular de una manera sencilla lo siguiente:

$$GM_0 = (fB/T_b)^2 \quad (74)$$

Siendo: f: factor de rolo cuyo valor depende de las unidades que se utilizan.

B: Manga

T_b : Período de balance en segundo, considerado el movimiento de banda a banda.

A continuación se propone valores de f para buques pesqueros.

TABLA III

BUQUE	ESTADO DE CARGA	U.METRICAS	U.INGLESAS
Pesqueros	Salida de caladero	0.76	0.423
P. de Altura	Salida de Puerto	0.802	0.4469
P. de Altura	A medio viaje de ida	0.792	0.44137
P. de Altura	En el caladero	0.782	0.4358
P. de Altura	En el viaje de regreso	0.776	0.4324
P. de Altura	Llegada al puerto	0.772	0.43
Atunero	En lastre	0.738	0.411
Atunero	Media carga	0.726	0.4045
Atunero	Plena carga	0.706	0.3934
P. de Madera	Rosca	0.814	0.4536
Arrastreros	Plena carga(llegada)	0.72	0.4
Arrastreros	Media carga	0.84	0.4681
Pesquero	Salida puerto	0.76	0.423
Camaroneros	Sin carga	0.95	0.555

Los gráficos están disponibles en las figuras 5 y 6.-

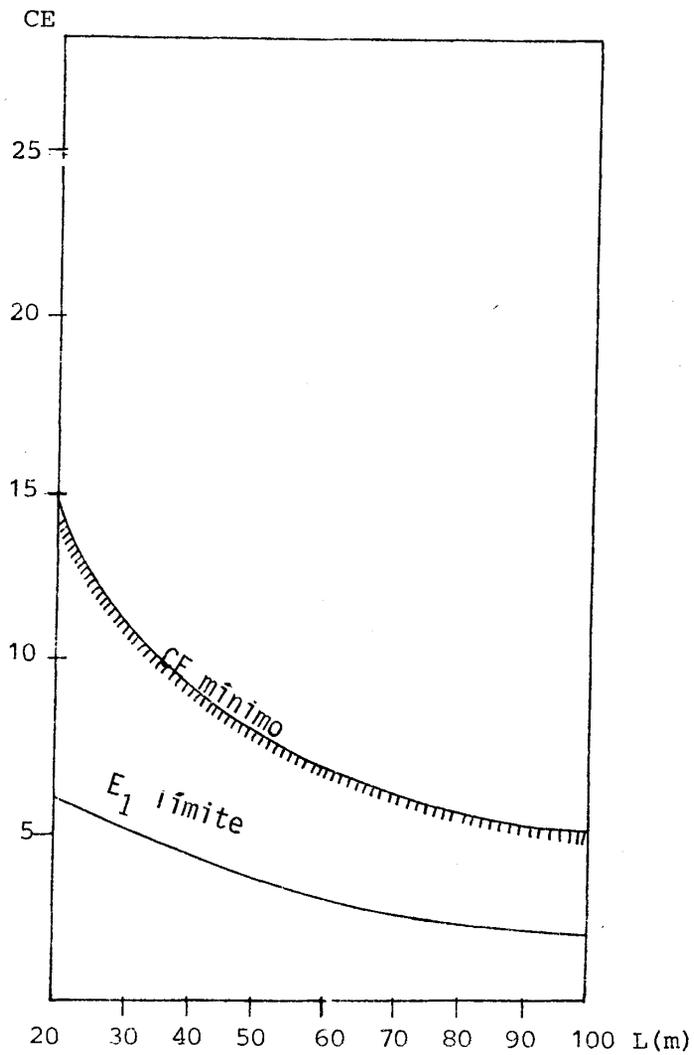
3. DIAGRAMA RESULTANTE

Fig. #4.- Criterio de estabilidad para pesqueros.-

UNIDADES METRICAS

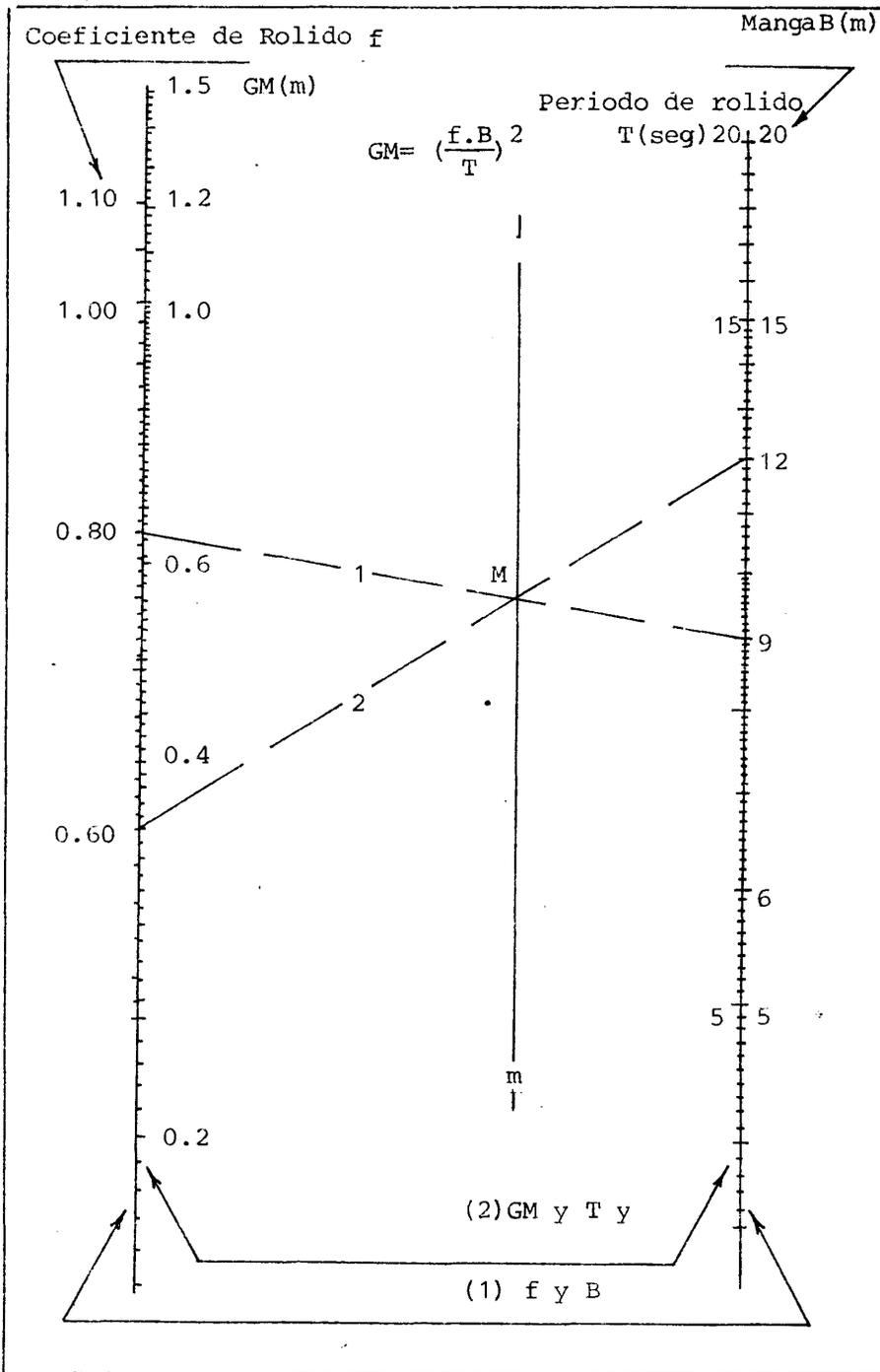


Fig. # 5

UNIDADES INGLESAS

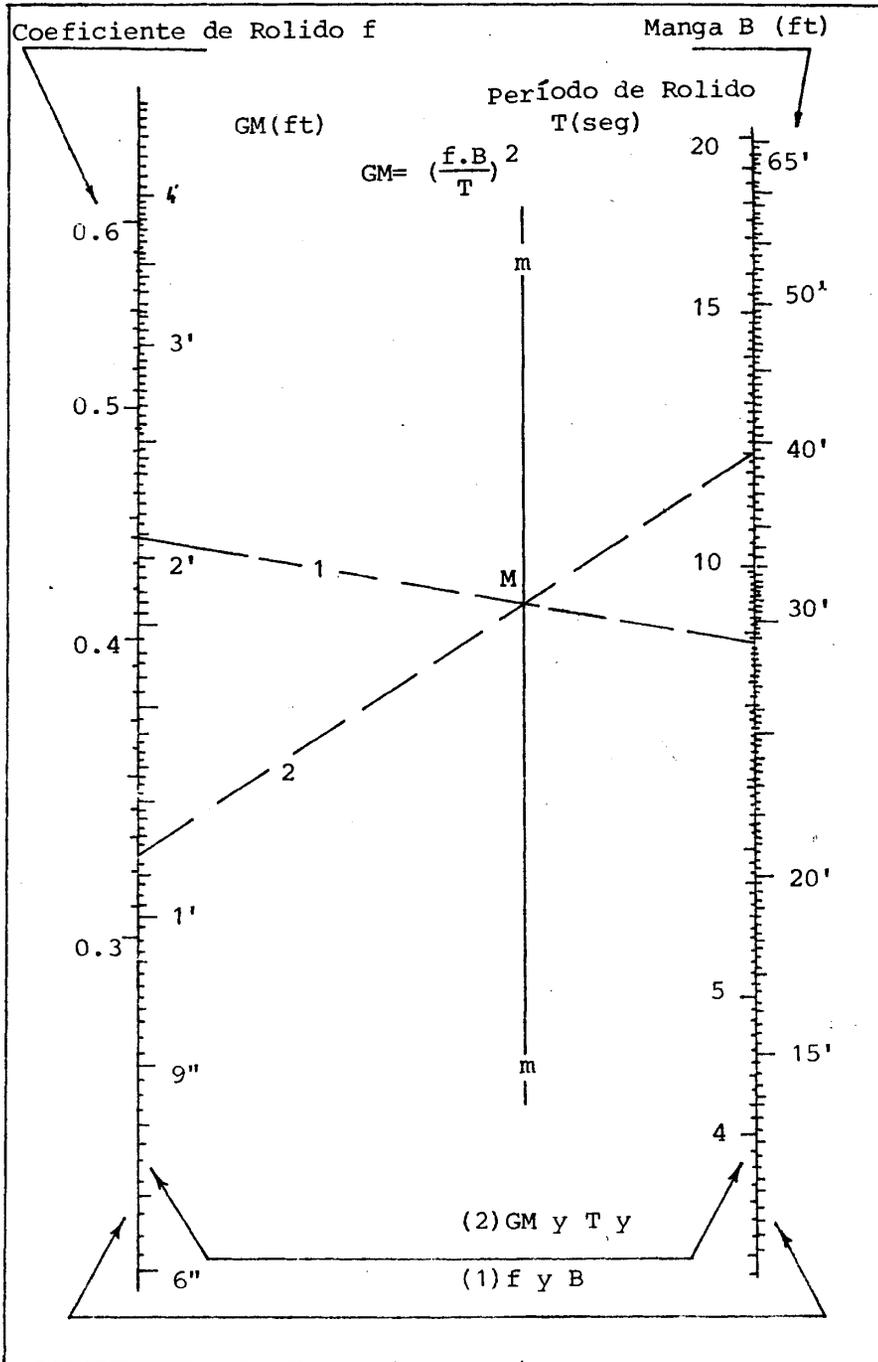


Fig. 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El procedimiento de diseño mediante el cual se establecen las dimensiones principales, áreas, centroides, y coeficiente en general, han sido deducidas para el rango de embarcaciones - pesqueras de nuestro medio, con lo que se ha logrado incluir las dedicadas a la pesca artesanal.
2. En la creación de las líneas de forma no se ha tenido presente la disposición y la superficie del muerto de popa, por lo que permite al diseñador variar a discreción las condiciones de maniobrabilidad del proyecto, como además le facilita la posibilidad de disponer de dos propulsores.
3. La inclinación de la quilla, durante la generación de las series para el diseño de pesqueros se ha mantenido constante, dando aceptación a los buenos resultados que se han tenido con los proyectos de la FAO.
4. La utilización de las funciones polinómicas para el diseño de contornos tiene dos aspectos que cabe resaltar: el uno, que ha permitido con facilidad efectuar los cambios en las condi-

ciones de contornos, como también una rápida manipulación de los textos de los programas en que se emplean dichos métodos.

Por otro lado es necesario mencionar el riesgo de las oscilaciones que se han presentado con los polinomios cuyos grados pasan del tercero.

5. En el caso de la generación de las secciones la familia de curvas utilizadas, ha permitido alcanzar los objetivos con gran éxito.

6. Con el estudio que se ha presentado se ha cubierto una de las primeras etapas de trabajo en la espiral de diseño para el proyecto de pesqueros, sin embargo, el algoritmo de la creación de las líneas de formas se ha estructurado de tal manera que se pueda extender otras embarcaciones de naturaleza diferentes como remolcadores, barcos de apoyo, etc. Una especial atención debe tenerse cuando se trata de cascos con cuerpos medio paralelo, en tales circunstancias el número de bloques en el que se lo divida no será de dos, sino que hay que incluir un tercero: la sección media.

APENDICES

APENDICE A

EJEMPLOS DE APLICACION DE LAS SERIES ORIGINADAS

Tal como se han bosquejado los resultados de los diseños que en conjunto forman la serie, dan una nueva orientación para su aplicación, porque muchos son los parámetros adimensionales que se presentan, lo que conlleva a que el criterio de su utilidad se base en un sentido de selección por parte del proyectista. Así, el diseñador puede estar interesado en escoger modelos propuestos, que tengan un coeficiente de sección de:

$C_x = 0.757$, el ángulo medio de entrada no pase de 35° y que para las condiciones iniciales dadas, la eslora no sea mayor de 70 pies. Con estos requerimientos planteados, la eliminación de los diseños, es tal, que de los restantes se podrá hacer la selección en torno a - otro parámetro con lo que en una etapa final, el modelo escogido cumpla con todas las condiciones.

Con el fin de agilizar la búsqueda de los diseños requeridos, se - propone al diseñador un conjunto de fórmulas que van a ser de utilidad en la orientación del trabajo:

$$L = ((0.1937 V_2) / (C_B - 0.21378))^2 \quad (75)$$

Siendo V_2 : velocidad de diseño (nudos)

$$C_B L^{1.718} \{ (0.95 + 0.6789 \times 10^{-3} N_4) (14/15 * (0.283 + 0.43 \times 10^{-3} N_5) L^{0.829} - 0.656) \} = V_3 \quad (76)$$

$$0.4 \leq C_B \leq 0.55 \quad (77)$$

Siendo:

V_3 : volumen a desplazar (ft^3)

N_4 : factor de variación de la manga - 100% a 100%

N_5 : factor de variación del puntal - 100% a 100%

$$C_X = C_B / C_P \quad (78)$$

SERIES PARA EL DISEÑO DE PESQUEROS

DE EJECUCION

AD DE LA EMBARCACION-PIES CUBICOS

DE VARIACION DE LA MANGA -100% A 100%

*****CARACTERISTICAS PRINCIPALES*****

^(1/3)	4.77572215
^(1/3)	5.81987125
	4.15447063
	2.52823561
	2.20443031
LO MEDIO DE ENTRADA	16.9275326
LLA MUERTA	15.6642466
LO DE LA RODA	67.576982
B/L	-1.16609346
F/L	-4.64205277
^(1/3)	.292358381
^(1/3)	.578887709
BLOCK	.400010013
PRISMATICO	.554
DE FLOTACION	.68464
DE SECCION	.722039734

*****TABLA DE PUNTOS(Z)*****

LW 1	LW 2	LW 3	LW 4
0	0	0	0
1.20234127	6.1114587	11.0205109	15.9294848
7.57680299	22.3911321	33.7655269	42.0481292
20.5069668	44.1995183	58.9882416	67.3930585
34.4276937	61.9003367	77.6118228	85.6546452
39.5307685	66.2712393	83.2224492	93.0359496
33.4649324	56.4795894	74.0227125	86.6869079
19.623627	39.1581221	56.3488054	71.0921963
1.09778164	17.7203277	33.8238518	49.3247853
0	0	7.31412004	22.7683678
0	0	0	0
LW 5	LW 6	LW 7	LW 8
0	0	1.64751853	4.36636869
20.8383603	25.7471035	30.6559137	35.5650262
47.6178725	50.8965243	54.8343822	62.0711746
71.5452453	73.1723932	75.9465904	82.5977033
89.1448352	90.2988414	91.9471945	95.8575018
97.9965724	100	100.667669	100.563459
95.1114761	100	100.56332	100.563459
83.2549159	92.6528242	94.7482436	94.7596345
64.1016205	77.9584725	83.0026973	83.1519853
38.8789214	55.916945	64.9268886	65.7405115
4.63130968	26.5282416	38.4566504	42.5252131

*****ALTOS DEL ALEFRIZ SOBRE LA LINEA BASE(ZH)*****

2	3	4	5
16957 9.43852182	6.29234787	3.14617392	0
7	8	9	10
3328491,58712313	15.5824401	41.9087431	80.7123893

*****CARACTERISTICAS PRINCIPALES*****

L/V3^(1/3)	4.77572215
L/V1^(1/3)	5.84987125
L/B	4.15447063
B/H	2.53214929
B/D	2.20443031
ANGULO MEDIO DE ENTRADA	14.8296435
ASTILLA MUERTA	14.3342799
ANGULO DE LA RODA	67.576982
% LCB/L	-1.08320887
% LCF/L	-4.67359383
KB/V3^(1/3)	.289495702
KH/V3^(1/3)	.56727905
COEF. BLOCK	.400010013
COEF. PRISMATICO	.541027787
COEF. DE FLOTACION	.669592233
COEF. DE SECCION	.739352068

*****TABLA DE PUNTOS(%)*****

ACION	LW 1	LW 2	LW 3	LW 4
0	0	0	0	0
	1.09494772	5.58701909	10.0790306	14.5709701
	7.80629781	22.6654804	33.5517375	41.0458376
	22.1308222	46.2390121	60.0381347	67.1091914
	37.4380109	65.206832	79.6479955	86.2478243
	42.3538959	69.5502947	85.7766431	94.5140448
	34.9116201	58.3500725	75.7524606	87.925385
	19.7630708	39.3426967	56.4806204	71.0841106
	1.07413476	17.0912933	32.7266667	47.9150419
0	0	0	6.63941554	20.8755206
0	0	0	0	0

ACION	LW 5	LW 6	LW 7	LW 8
0	0	-1.79496502E-08	1.42243342	3.81834911
	19.0628191	23.5545467	28.0463357	32.5384045
	45.7445499	48.265456	51.7240104	58.8105382
	70.1815603	71.1990921	73.7213746	80.3746171
	88.7366954	89.4218187	90.9409402	94.9704999
	98.5510089	100	100.431578	100.338047
	95.711219	100	100.338045	100.338047
	83.0344439	92.1691165	94.2002478	94.2115646
	62.560687	76.5073493	81.7833428	81.9585991
	36.1699213	53.0146987	62.5705271	63.5791509
0	3.67686833	21.6911644	33.1789357	39.0732199

*****ALTOS DEL ALEFRIZ SOBRE LA LINEA BASE(ZH)*****

2	3	4	5
2.6041767	9.45313255	6.30208835	3.1510442
7	8	9	10
2.255575761	15.5617358	41.8777174	80.7123889

*****CARACTERISTICAS PRINCIPALES*****

L/V3^(1/3)	1,77572215
L/V1^(1/3)	5,81987125
L/B	4,15447063
B/H	2,53606902
B/D	2,20443031
ANGULO MEDIO DE ENTRADA	12,7729411
CASTILLA MUERTA	13,0029996
ANGULO DE LA RODA	67,576982
% LCB/L	-,958624999
% LCF/L	-4,67484503
KB/V3^(1/3)	,286440305
KM/V3^(1/3)	,55607954
COEF. BLOCK	,400010013
COEF. PRISMATICO	,528055573
COEF. DE FLOTACION	,634544465
COEF. DE SECCION	,757514992

*****TABLA DE PUNTOS(%)*****

ATACION	LW 1	LW 2	LW 3	LW 4
0	0	0	0	0
1	,992362164	5,08321946	9,17402281	13,2647612
2	8,11863564	23,071225	33,4175933	40,0690867
3	24,1653088	48,575154	61,074348	66,6820849
4	41,056224	68,7998068	81,5805826	86,6356152
5	45,5745278	73,0793151	88,3474841	95,8902364
6	36,4180899	60,2558795	77,4716449	89,1213134
7	19,8055489	39,3668462	56,4320568	70,915829
8	1,0382615	16,3162603	31,3978763	46,2467007
9	0	0	5,90776794	18,82907
10	0	0	0	0

ATACION	LW 5	LW 6	LW 7	LW 8
0	0	-1,74540706E-07	1,21038656	3,29122196
1	17,3554183	21,4459658	25,5365687	29,6274218
2	43,8990329	45,735159	48,7744455	55,6892561
3	68,7490638	69,3013693	71,6478247	78,2722712
4	88,2303098	88,5783864	90,0316956	94,1720129
5	99,0223458	100	100,255074	100,184028
6	96,2710375	100	100,184028	100,184028
7	82,7093378	91,6644147	93,7077868	93,72116
8	60,8085259	74,9932441	80,588333	80,7954396
9	33,2543043	49,9864883	60,1770687	61,4068514
10	2,71598791	16,644147	27,145678	35,5554004

*****AL LOS DEL AL ETRIZ SOBRE LA LINEA BASE(ZH)*****

1	2	3	4	5
12,6236879	9,46776588	6,31184391	3,15592197	0
6	7	8	9	10
-2,255823371	,57648464	15,5409996	41,846644	80,7123891

*****CARACTERISTICAS PRINCIPALES*****

L/V3^(1/3)	4.64962005
L/V1^(1/3)	5.69540644
L/B	4.12323803
B/H	2.5396745
B/D	2.21098792
ANGULO MEDIO DE ENTRADA	17.1154529
ASTILLA MUERTA	12.0905804
ANGULO DE LA RODA	65.5619889
% LCB/L	-1.2315118
% LCF/L	-4.64060673
KB/V3^(1/3)	2.279748366
KM/V3^(1/3)	1.543349855
COEF. BLOCK	1.428884977
COEF. PRISMATICO	1.554409167
COEF. DE FLOTACION	1.685114634
COEF. DE SECCION	1.77358926

*****TABLA DE PUNTOS(%)*****

TACION	LW 1	LW 2	LW 3	LW 4
0	0	0	0	0
1	1.36945856	6.86917553	12.109253	17.0533813
2	9.04938068	25.6197371	37.136598	44.5800852
3	25.3172661	50.9882244	64.2906748	70.3441812
4	42.8789673	71.1319095	83.7580456	88.5745195
5	48.0409969	75.6290481	90.0837888	96.7489453
6	39.7501978	64.3198498	80.9874093	91.4517624
7	23.3240079	45.0286904	62.6027439	76.2414067
8	1.28606671	20.8346244	38.4451724	53.9792568
9	0	0	8.60628623	25.6956793
10	0	0	0	0

TACION	LW 5	LW 6	LW 7	LW 8
0	0	5.64338023E 08	1.77495303	4.67980944
1	21.6498615	25.8175726	30.1143539	35.1790311
2	48.8945342	50.9810071	54.220391	61.4182521
3	72.6150023	73.2358153	75.5335288	81.9511748
4	90.02767	90.327029	91.6230226	95.0315306
5	99.2903081	100	100.166606	100.113044
6	97.3021663	100	100.113044	100.113044
7	86.1715835	92.6677532	94.3160483	94.345611
8	67.2530888	78.0032597	82.4879791	82.8107454
9	41.5889928	56.0065193	64.1905095	65.5084469
10	4.9287335	26.6775321	38.0031484	42.4387156

*****ALTOS DEL ALEFRIZ SOBRE LA LINEA BASE(ZII)*****

	2	3	4	5
1	2.625408	9.40994771	6.23329044	3.13564022
2	7	8	9	10
3	2.254844971	1.59751792	15.6229313	41.9694194
4				80.7123893

*****CARACTERISTICAS PRINCIPALES*****

W3^(1/3)	1.61262005
W1^(1/3)	5.69510644
/B	4.12323003
/H	2.54360588
/D	2.21098792
ANGULO MEDIO DE ENTRADA	19.0668075
ESTILLA MUERTA	13.0500984
ANGULO DE LA RODA	65.5619889
LCB/L	-1.29536064
LCF/L	-4.58789922
WB/V3^(1/3)	.281307804
WN/V3^(1/3)	.552770105
COEF. BLOCK	.428881977
COEF. PRISMATICO	.56621997
COEF. DE FLOTACION	.698849966
COEF. DE SECCION	.757412803

*****TABLA DE PUNIOS(%)*****

ACION	LH 1	LH 2	LH 3	LH 4
0	0	0	0	0
1.47351827	7.41608091	13.0780712	18.4202539	
8.83195514	25.4683395	37.5329709	45.7374449	
23.6960818	49.2402116	63.6849025	70.980293	
39.8565021	68.3080211	82.4045807	88.4853043	
45.3534574	72.8443017	88.1822308	95.8054084	
38.4693521	62.7827592	79.6822838	90.6054466	
23.2989724	45.0267109	62.673599	76.4193728	
1.36317809	21.5951641	39.6579523	55.4195248	
0	0	9.40746329	27.68017	
0	0	0	0	

ACION	LH 5	LH 6	LH 7	LH 8
0	1.3849693E 07	2.0034452	5.22932573	
23.3867644	27.8899464	32.5325391	38.0047993	
50.8038897	53.4679358	57.0616192	64.4179755	
74.0937371	75.1009518	77.5324356	83.9396883	
90.6204021	91.1559786	92.4724917	96.0407712	
98.9947075	100	100.264728	100.192058	
96.937384	100	100.192058	100.192058	
86.4737171	93.091511	94.6941382	94.71697	
68.7066408	79.274533	83.4955823	83.7667976	
44.1739943	58.519066	66.235853	67.341537	
5.87038525	30.91511	42.2570979	45.4411896	

*****ALIOS DEL ALEFRIZ SOBRE LA LINEA BASE(ZII)*****

	2	3	4	5
642299	9.42451423	6.28300947	3.14150476	0
7		8	9	10
255091461.59221886	15.6022897	41.9384878	80.7123892	

*****CARACTERISTICAS PRINCIPALES*****

L/V3^(1/3)	4.53257209	II
L/V1^(1/3)	5.5520322	
L/B	4.09369886	
B/H	2.55070931	
B/D	2.21725399	
ANGULO MEDIO DE ENTRADA	17.5996718	
ASTILLA MUERTA	8.99606761	
ANGULO DE LA RODA	63.5469958	
% LCB/L	1.35261876	
% LCF/L	4.63227625	
KB/V3^(1/3)	2.267820421	
KM/V3^(1/3)	5.512384468	
COEF. BLOCC	4.458349452	II
COEF. PRISMATICO	5.556637042	
COEF. DE FLOTACION	6.687698969	
COEF. DE SECCION	8.82342607	

*****TABLA DE PUNTOS(Z)*****

ACION	LW 1	LW 2	LW 3	LW 4
0	0	0	0	0
1	1.24824748	7.55158574	13.2534481	18.3079265
2	10.6732898	28.9397048	40.3839	46.9168791
3	31.312006	58.030748	68.8221925	72.4717066
4	53.8904447	80.2172158	88.199516	90.1197028
5	58.5889147	85.0380286	95.5169208	98.9805139
6	47.2012632	72.6359086	82.4962114	95.3000595
7	27.821782	51.685924	69.1599944	81.1813378
8	1.52803275	24.6848841	43.8208158	59.0391299
9	0	0	10.3185194	29.3376011
10	0	0	0	0

ACION	LW 5	LW 6	LW 7	LW 8
0	0	-1.12819393E 07	1.93579156	4.95149263
1	22.653778	26.2026374	29.8786123	34.6878854
2	50.1621704	51.4431649	54.8991804	60.7438251
3	73.4289689	73.5823237	75.5664992	81.4324828
4	90.4484308	90.481055	91.635009	95.0870224
5	99.8563943	100	100.020162	100.01061
6	98.7954217	100	100.01061	100.01061
7	88.7124846	92.7486986	94.1559384	94.3054566
8	70.4629535	78.2460957	82.1241958	82.89515
9	44.7911672	56.4921913	63.6102276	65.7796903
0	5.4081848	27.4869854	38.234609	42.9590772

*****ALIOS DEL ALETIZ SOBRE LA LITRA BASE(ZH)*****

2	3	4	5
3.5355173	6.2554182	3.1277091	8
7	8	9	10
2.254391141	15.6609376	42.0263721	38.7123895

*****CARACTERISTICAS PRINCIPALES*****

A(1/3)	4,53257209
A(1/3)	5,5520322
	4,09369886
	2,55465778
	2,21725399
ULO MEDIO DE ENTRADA	21,6394506
ILLA MUERTA	10,9768774
ULO DE LA RODA	63,5469958
CB/L	-1,45083927
CF/L	-4,49663193
V3^(1/3)	,271874171
V3^(1/3)	,532006587
F. BLOCK	,458319452
F. PRISMATICO	,580930593
F. DE FLOTACION	,715879488
F. DE SECCION	,788991762

*****TABLA DE PUNTOS(%)*****

DN	LW 1	LW 2	LW 3	LW 4
	0	0	0	0
	1,45007272	8,79874707	15,4461559	21,3387798
	10,0975742	28,5349794	41,3281209	49,5799808
	26,754443	53,8926032	67,9818223	74,4077643
	45,2436559	74,0106909	86,2920675	90,7288333
	51,2596876	78,7567822	92,0667208	97,6508578
	43,7190373	68,8828375	84,6779467	93,7149069
	27,5014316	51,3335864	69,0127157	81,3661317
	1,66844814	26,2571042	46,247359	61,836961
	0	0	12,149466	33,6524254
	0	0	0	0

N	LW 5	LW 6	LW 7	LW 8
	0	1,52632165E 07	2,46827295	6,17333181
	26,405223	30,5424713	34,8278456	40,4343446
	54,35111	56,6509657	59,8758898	66,7798148
	76,8249925	77,4882243	79,5893763	85,3832973
	91,9805747	92,2169885	93,3000697	96,4181636
	99,5454738	100	100,092322	100,057905
	98,2165759	100	100,057905	100,057905
	89,2570303	93,5961185	94,8770466	94,9472417
	73,2568916	80,7883554	84,1965633	84,7259325
	50,0950456	61,5767108	67,8213335	69,3939597
	7,52390178	35,9611847	46,4308627	48,9513293

*****AL LOS DEL ALERIZ SOBRE LA LINEA BASE(ZH)*****

	2	3	4	5
165903	9,39765223	6,26510152	3,13255076	0
	7	8	9	10
14636881	1,6019909	15,6403549	41,9955288	80,7123896

*****CARACTERISTICAS PRINCIPALES*****

V3^(1/3)	4.42359549
V1^(1/3)	5.41854472
L/B	4.06570015
L/H	2.56136955
L/D	2.22325173
ANGULO MEDIO DE ENTRADA	18.5939338
ASTILLA MUERTA	6.39103383
ANGULO DE LA RODA	61.5320027
L CB/L	1.52698319
L CF/L	4.6095157
(B/V3^(1/3)	.256759305
(M/V3^(1/3)	.486235352
DEF. BLOCK	.488375362
DEF. PRISMATICO	.561923139
DEF. DE FLOTACION	.693830842
DEF. DE SECCION	.869114168

*****TABLA DE PUNTOS(%)*****

ACION	LW 1	LW 2	LW 3	LW 4
0	0	0	0	0
	.761038698	8.2375657	14.6255409	19.9132795
	12.3799682	32.2613555	43.5527214	49.2850997
	38.3600171	64.6345346	72.3239463	74.0976247
	67.3069456	87.3105018	90.4737378	90.8259204
	71.0810284	93.0951076	98.7311931	99.84064
	55.918193	80.9874497	92.9863268	97.9532936
	33.3791544	59.2064155	75.8618743	85.7039016
	1.8545972	29.5951733	50.1784451	64.5651735
0	0	0	12.7206786	34.0742334
0	0	0	0	0

ACION	LW 5	LW 6	LW 7	LW 8
0	0	2.67545013E 08	2.18161624	5.29461533
	24.0862652	27.125379	30.2216527	34.5825007
	51.7472358	52.5504549	54.7157635	60.4993195
	74.3860449	74.4128412	76.1222123	81.2427491
	90.8494506	90.8501516	91.8902522	95.0104947
	99.9892333	100	100.000656	100.000255
	99.6108209	100	100.000255	100.000255
	90.807256	92.9384815	93.9175292	94.4282912
	73.7580783	78.8154532	81.7087223	83.2843639
	48.7452654	57.6309065	63.22032	66.568473
	6.23952925	29.3848441	39.4874102	44.2806186

*****ALTOS DEL ALERIZ SOBRE LA LINEA BASE(%)*****

	2	3	4	5
5.0945867	9.35789859	6.23859907	3.11929955	0
7		8	9	10
1.253964171	1.61645249	15.696688	42.0799444	80.712389