



D-9765



623.84
e 146

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar



**“GENERACION AUTOMATICA DE LAS FORMAS
DE CASCOS HIDROCONICOS”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERA NAVAL

Presentada por:

Marlene del Rocio Calderón Palacios

Cuayaquil - Ecuador

1989

A G R A D E C I M I E N T O

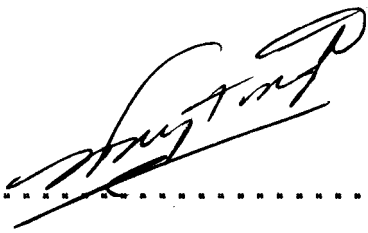
Al ING. CRISTOBAL MARISCAL DIAZ,
Director de Tesis, por su
colaboración para la realización
del presente trabajo.

Al ING. JOHNNY DOMINGUEZ de una
manera muy especial, a mis
profesores y amigos politécnicos.

■

DEDICATORIA

A mis queridos padres y hermanos,
especialmente a mi madre, cuya vida
■ mi ejemplo de fortaleza y fè.



.....
Ing. Jorge Faytong D.

DECANO DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA MARITIMA Y
CIENCIAS DEL MAR



.....
Ing. Cristóbal Marisca1 D.

DIRECTOR DE TESIS



.....
Ing. Néstor Alejandro O.

MIEMBRO PRINCIPAL DEL
TRIBUNAL



.....
Ing. Bolívar Vaca R.

MIEMBRO PRINCIPAL DEL
TRIBUNAL

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).

.....

Marlene Calderón Palacios



RESUMEN

Se desarrolla un programa de computación para establecer las formas de las secciones transversales de un casco hidrocónico. El programa denominada EENFOHH (Generación de Formas Hidrocónicas) se basa en el método gráfico de Kligore.

A partir de un diseño preliminar del casco con secciones rectas, GENFORH obtiene para cada línea de agua las coordenadas de las secciones transversales del casco.

El programa es aplicado a dos prototipos de embarcaciones (lancha y barco pesquero). Se presentan las alteraciones producidas en las características hidrostáticas de ambos barcos.

I N D I C E G E N E R A L

	Pág.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VII
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE TABLAS	X
INTRODUCCION	12
I. DESARROLLO DE LAS SUPERFICIES DE CASCOS HIDROCONICOS	
1.1. Principios Fundamentales para el Desarrollo de Superficies	15
1.2. Consideraciones sobre los Métodos existentes para el Desarrollo de Superficies	18
1.3. Ventajas Constructivas de los Cascos Hidroconvónicos	21
II. METODOLOGIA GRAFICA DE KILGORE PARA EL DESARROLLO DE CASCOS HIDROCONICOS	
2.1. Desarrollo Lateral del Casco	23
2.2. Desarrollo del Fondo del Casco	26
2.3. Limitaciones del Método de Kilgore	30
2.4. Trabajos basados en el Método de Kilgore	31

VIII

III. DEFINICION Y DISEÑO DE LA GEOMETRIA DEL CASCO

3.1. Métodos de Representación Matemática del Casco 34

3.2. Definición Polinómica de las Curvas de Contorno del Casco 37

IV. PROCEDIMIENTO COMPUTACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LAS SUPERFICIES HIDROCONICAS

4.1. Frecaso Iterativo para la Obtención de las Generatrices 40

4.2. Obtención de las Formas Hidrocónicas de las Secciones 49

V. DESCRIPCION Y APLICACION DEL PROGRAMA

5.1. Descripción del Programa 52

5.2. Diagrama de Flujo 57

5.3. Aplicaciones en Embarcaciones Tradicionales 61

5.4. Resultados 79

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 90

APENDICES 93

BIBLIOGRAFIA 124

INDICE DE FIGURAS

No .		Pág.
1	Descripción vectorial de la generatriz	17
2	Superficie desarrollable	19
3	Desarrollo lateral del casco	25
4	Desarrollo del fondo del casco	29
5	Técnicas de Nolan para el cálculo de generatrices	32
6	Obtención de las formas hidrocónicas de las secciones	50
7	Casos típicos de cascos hidrocónicos	54
8	Características de las unidades de entrada y salida	58
9	Diagrama de flujo (1er. nivel)	59
10	Diagrama de flujo (2do. nivel)	60
11	Curvas de contorno de L/MAY	73
12	Secciones rectas de L/MAY	74
13	Secciones hidrocónicas de L/MAY	75
14	Curvas de contorno de B/YITO	76
15	Secciones rectas de B/YITO	77
16	Secciones hidrocónicas de B/YITO	78

INDICE DE TABLAS

No.		Pág.
I	Comparación entre técnicas de representación matemática del casco	36
II	Archivo de datos de L/MAY	62
III	Coordenadas (x,y,z) de cubierta para L/MAY	63
IV	Coordenadas (x,y,z) de china exterior para L/MAY	64
V	Coordenadas (x,y,z) de china interior para L/MAY	65
VI	Coordenadas (x,z) del alefriz para L/MAY	66
VII	Estaciones hidrocónicas para L/MAY	67
VIII	Archivo de datos de B/YITO	68
IX	Coordenadas (x,y,z) de cubierta para B/YITO ...	69
X	Coordenadas (x,y,z) de china para B/YITO	70
XI	Coordenadas (x,z) del alefriz para B/YITO	71
XII	Estaciones hidrocónicas para B/YITO	72
XIII	Comparación de la.; características principales para secciones rectas e hidrocónicas: L/MAY ...	83
XIV	Comparación de las características hidrostáticas para secciones rectas e hidrocónicas: L/MAY ...	84
XV	Porcentaje de deformación producido para cada estación: L/MAY	85
XVI	Comparación de las características principales para secciones rectas e hidrocónicas: B/YITO ..	86



XVII Comparación de las características hidrostáticas para secciones rectas e hidrocónicas: B/YITO ..

XVIII Porcentaje de deformación producido para cada estación: B/YITO

XIX Inclinationes recomendadas para el desarrollo lateral del casco

BIBLIOTECA

INTRODUCCION

En forma general los cascos de las embarcaciones pueden ser de dos tipos: con fondo en "V" y con fondo en "U".

Los cascos con fondo en "V", también llamados hidrocónicos, ocupan un rol importante en la construcción de buques debido a su bajo costo de diseño y construcción en comparación con aquellas embarcaciones cuyos cascos poseen fondo en "U".

A pesar de que los cascos hidrocónicos se caracterizan por presentar sus secciones rectas durante la etapa de diseño, en la mayoría de los casos la construcción de ellos exige una ligera curvatura en sus secciones transversales; la cual es requerida para que las cuadernas se adapten la mejor posible a la curvatura producida por la flexión natural de las planchas del forro. Además al dar la forma convexa a las cuadernas se logra que éstas sean casi perpendiculares a la quilla, proporcionando con esto mayor solidez a la estructura.

Generalmente en nuestro medio, la curvatura de las cuadernas se estima de acuerdo a la experiencia del constructor naval. Otra posibilidad, consiste en emplear algún método gráfico, que permita una mejor determinación de esta curvatura.

Los métodos gráficos utilizan el concepto de superficies desarrollables, para obtener las generatrices contenidas en ellas. Entre los métodos gráficos más populares, se encuentra el de Ullman Kilgore (12). El cual realiza el cálculo de las generatrices, mediante la búsqueda de las superficies desarrollables existentes para un par de curvas de contorno del barco: cubierta-china (zona lateral) y china-alefriz (zona del fondo).

Con la ayuda del computador el cálculo de las generatrices será más rápido y preciso. Este trabajo pretende obtener un programa de computación para generar automáticamente las formas hidrocónicas del casco. Para ello se desarrollarán algoritmos de programación basados en la formulación matemática del método de Kilgore.

Los capítulos I y II describen lo referente a cascos hidrocónicos, su desarrollo y la metodología aplicada por

Ki1gore. En el capítulo III se exponen los métodos empleados para la definición matemática del casco. En los capítulos IV y V se presentan los procedimientos para el cálculo de las generatrices, así como la descripción general del programa GENFORH, escrito en BASIC estructurado, y su aplicación para dos prototipos de barcos.

■. DESCIRROLLO DE LAS SUPERFICIES DE CASCOS HIDROCONICOS

1.1. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES PARA EL DESARROLLO DE SUPERFICIES

Las Superficies Desarrollables tienen gran aplicación en la solución de numerosos problemas técnicos entre los que se encuentran, como un ejemplo, las superficies de los buques, que como es conocido se asimilan por zonas a superficies desarrollables o casi desarrollables (27).

A continuación se presentan algunas definiciones y teoremas matemáticos que permitirán entender mejor el concepto de Superficies Desarrollables:

• Superficies Regladas: Una Superficie Reglada es el lugar geométrico de una línea llamada Generatriz, cuya dirección se determina por los sucesivos valores de un parámetro moviéndose continuamente a lo largo de una curva llamada Directriz, a la que intersecta a un ángulo distinto de cero (23).

. **Generatriz o "Ruling":** Es una línea recta definida por un plano que es, a todos los puntos de la línea de contacto, tangente a la superficie (17).

. **Tangencia:** Si un plano T y una superficie S coinciden en un punto P , tienen una normal común a través de P , luego se dice que T es tangencial a S en P (12).

Por extensión, si T y S coinciden a una sucesión de puntos determinando una curva C (o una línea) y si las normales comunes a T y S en cada uno de estos puntos sobre C son todas paralelas, luego se dice que T es tangencial a S a lo largo de C .

Esta es la condición de Generatriz o "Ruling", que debe satisfacerse y puede ser descrita vectorialmente (fig 1) así:

$$N_1 = R \times T_1$$

$$N_2 = R \times T_2$$

$$N_1 \times N_2 = 0$$

$$(R \times T_1) \times (R \times T_2) = 0$$

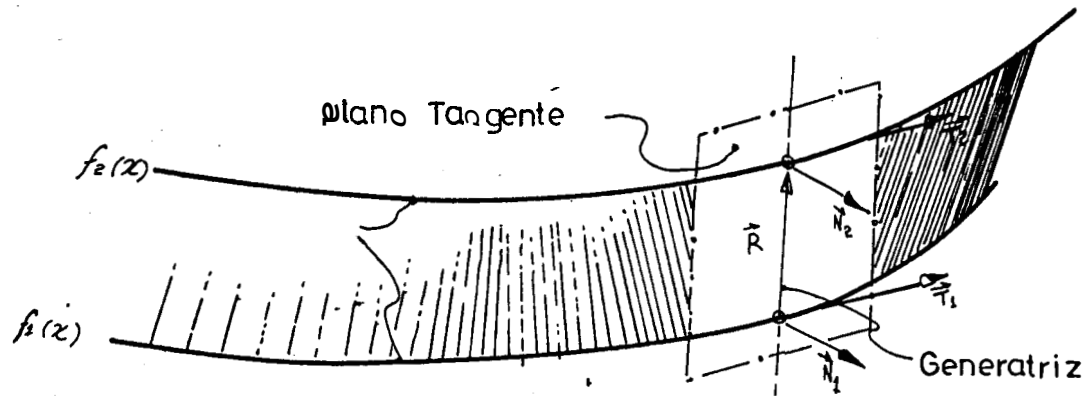


Fig. 1

T_1 = Vector Tangente a $f_1(x_1)$

T_2 = Vector Tangente a $f_2(x_2)$

R = Vector Generatriz (Ruling)

. **Superficies Desarrollables:** Son aquellas superficies regladas que tienen el mismo plano tangente en todos los puntos de la misma Generatriz, cortándose dos generatrices infinitamente próximas en la superficie (27). Ver Figura 2.

1.2. CONSIDERACIONES SOBRE LOS METODOS EXISTENTES PARA EL DESARROLLO DE SUPERFICIES

Debido a su fácil aplicación y uso generalizado, el método gráfico de Kilgore (12) es el más empleado para el desarrollo de superficies.

Los otros métodos gráficos, que utilizan superficies conicas y cilindricas, están limitados por la forma de la embarcación y su dificultosa aplicación (17).

El procedimiento desarrollado por Kilgore está basado en el hecho de que una Superficie Desarrollable extendida sobre un par de curvas en el espacio puede

SUPERFICIE DESARRULLABLE

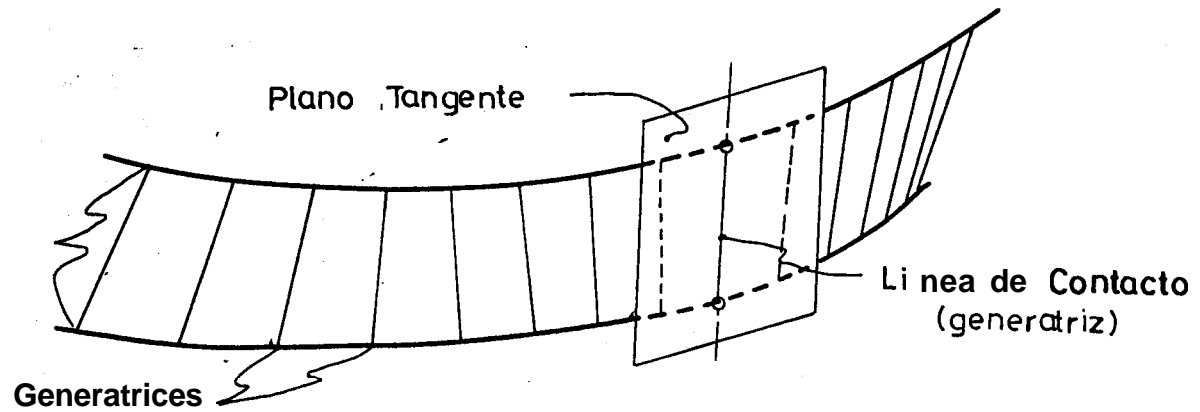


Fig. 2

Tier- definida como un foco de líneas rectas (generatrices), que representan la línea de contacto de un plano que es tangente a la superficie. El método es perfectamente general y producirá generatrices para unas dos curvas si una superficie desarrollable existe entre ellas. Su aplicación práctica se basa en el trazado de un diseño preliminar de las curvas de Cantorno: **Cubierta, China Y Alefriz.**

En el método Cónico se concibe que la superficie del barco está formada por una serie de conos. La dificultad del trazador estriba en la localización del vértice del cono, así como en la determinación del número de ellos.

Además de los métodos mencionados existen otros que, por ser poco conocidos y aplicables únicamente a determinadas sectores del casco, no serán discutidos.

1.3. VENTAJAS CONSTRUCTIVAS DE LOS CASCOS HIDROCONICOS

En nuestro país se observa una tendencia importante hacia la construcción de embarcaciones con cascos hidrocónicos.

Los astilleros encargados de la construcción de pesqueros, remolcadores, embarcaciones de trabajo y barcos de recreo (hasta 30 m. de eslora) se inclinan por las formas hidrocónicas debido a las siguientes ventajas:

1. Por el empleo de equipos y máquinas de construcción con menores exigencias, llegándose en algunos casos a prescindir de ellos (roladoras, prensas, etc), debido a la curvatura simple que el plano de líneas de forma exige para las tracas del forru, curvado que puede hacerse aún por medios mecánicos manuales en frío. Además para la perfilaria del casco rige el mismo criteria (23).

2. La mano de obra puede ser de menor calificación en las etapas de trazado, marcado, carte, conformado y prefabricado de las cuadernas.



BIBLIOTECA

3. El tiempo empleado en el diseño de las líneas de forma es menor.

4. Aumento del rendimiento propulsivo en aproximadamente un 10-12% con la total desaparición de las formas en "U" y la adaptación de algunos criterios de diseño como los que propone el español Caparros para el trazado de popa (3).

5. Todo lo anterior trae consigo un ahorro de tiempo en la construcción, lo cual influye notablemente en la disminución de los costos de producción (3).

Por lo tanto, las formas de Cascos Hidrocónicos (Desarrollables) siempre tendrán un rol importante en la construcción de buques, por su bajo costo de construcción, comparado con cascos que tienen formas curvas.

II. METODOLOGIA GRAFICA DE KILGORE PARA EL DESARROLLO DE CASCO HIDROCONICOS

2.1. Desarrollo Lateral del Casco

Los lados del barco, es decir la zona comprendida entre Cubierta y China no es tan fácil de desarrollar, la aproximación a emplear consiste en trazar una recta tangente a una de las curvas, de tal forma que el plano generado es luego abatido hasta entrar en tangencia con la otra curva (fig. 3).

Esto se realiza gráficamente siguiendo el procedimiento que se explica a continuación:

1. Tomar un punto P sobre la línea de China y luego trazar una recta tangente que pase por P en ambas vistas: planta y perfil.
2. Sobre esta recta tangente, tomar ahora un punto A a cierta distancia de P y trazar la recta AB, que intersecta la Curva de Cubierta en B a un ángulo

razonable.

3. A intervalos adecuados, por ejemplo C y E, trazar rectas paralelas a AB en ambas vistas.

4. Determinar los puntos D y F como la intersección de las rectas paralelas con la Curva de Cubierta en la vista de planta.

5. Transferir estos puntos a la vista de perfil, obteniéndose la curva BDF.

6. Definir el punto Q donde la curva BDF corta la Curva de Cubierta en la vista de perfil.

7. Tomar el punto P' en la mitad de BQ (vista de perfil).

8. Unir P y P' en ambas vistas para obtener la línea de tangencia (ruling) del plano PAB con la superficie lateral del barco.

DESARROLLO LATERAL DEL CASCO

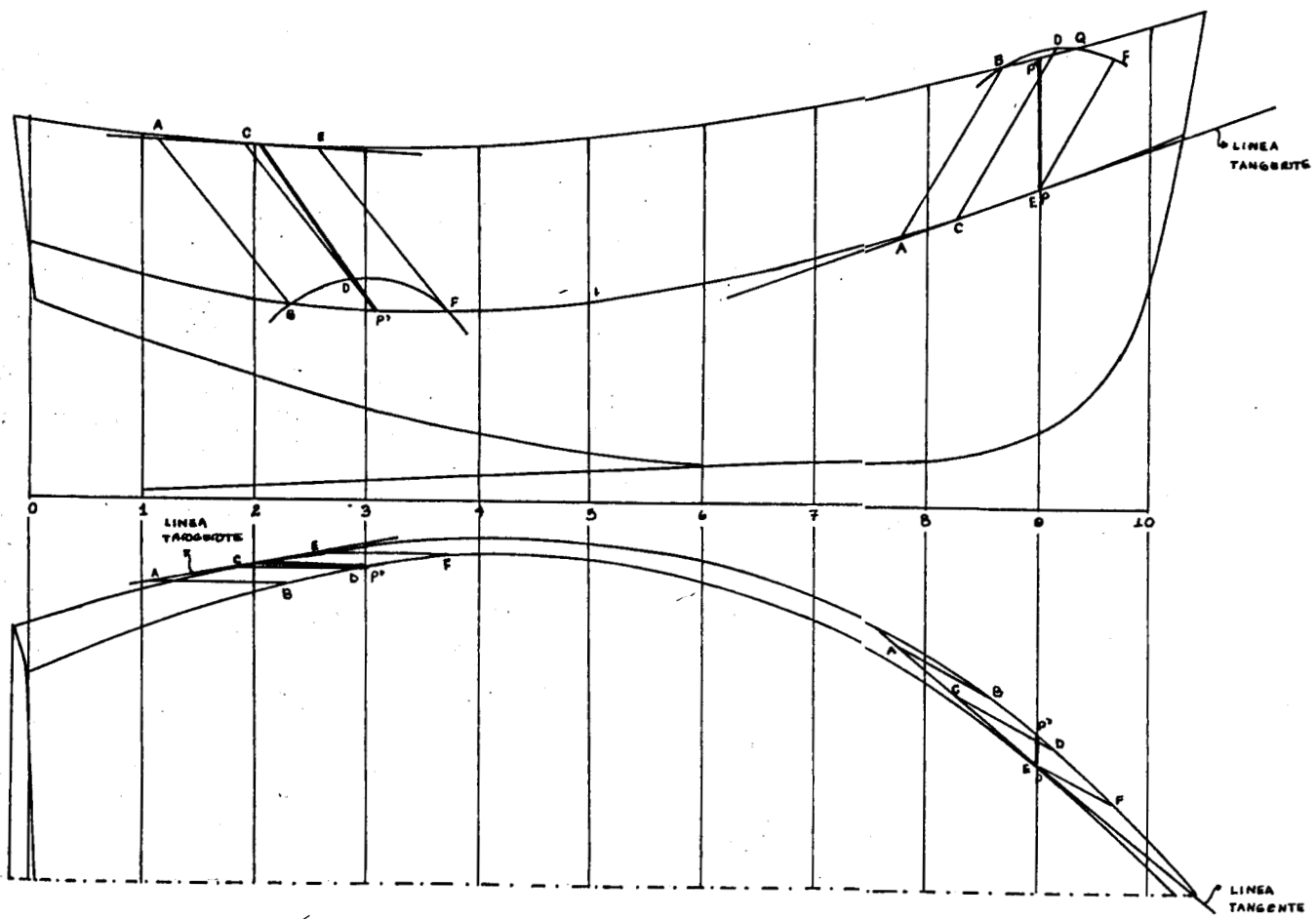


Fig. 3

El desarrollo de los planos se inició en la vista de planta; pero también pudo iniciarse en la vista de perfil. Con cierta experiencia el dibujante seleccionará la vista donde el plano será intersectado al mayor ángulo agudo posible.

2.2. Desarrollo del Fondo del Casco

El desarrollo del Fondo en la Zona de Proa es mucho más simple porque la Línea de Crujía descansa completamente dentro de un plano. Además el escorzo o reducción de la escala horizontal permite que las curvaturas resultantes generen puntos de tangencia más fáciles de encontrar.

La construcción gráfica (fig. 4) se realiza como se explica a continuación:

. Fondo - Proa

1. En la vista de planta, tomar un punto P sobre la Curva de China y trazar una recta tangente que pase por P hasta intersectar la línea de crujía en B.



2. Trasladar el punto P a la vista de perfil para obtener la proyección B sobre la recta tangente a través de P.

3. Todavía en la vista de perfil encontrar la inclinación de la recta que pasando por B sea tangente a la Curva de Alefriz en el punto P'.

4. Unir los puntos P y P' para obtener la generatriz.

El procedimiento descrito se verá limitado a medida que la inclinación de la China tienda a cero, puesto que la intersección de las rectas tangentes con la Línea de Crujía no sólo que estará fuera de los límites de la mesa de trabajo, sino que podría llegar a producirse en el infinito. De allí que para la zona del cuerpo medio y papa sean necesarios otros procedimientos.

. Fondo - Cuerpo Medio

1. Trazar en la vista de planta una recta tangente a la China que sea paralela a la Línea de Crujía para obtener el punto P.

2. 'Trasladar este punto a la vista de perfil y trazar la recta tangente a la China a través de P.
3. Todavía en la vista de perfil trazar una recta que sea paralela a la anterior para tangencial al Alefriz para obtener el punto P'.
4. Unir- P con P' para determinar la generatriz.

Los pasos del 1-4 están basados en el Teorema de las Tangentes Paralelas.

• Fondo - Fopa

1. Trazar cierto número de líneas paralelas a Crujia en la vista transversal. y de planta. Trasladar estas líneas a la vista de perfil usando los altos de las intersecciones previstas por la vista transversal (para las estaciones paralelas), así como las intersecciones de las estaciones con cada una de las generatrices del fondo ya determinadas en la vista de planta. Fijar entonces una cercha flexible por estos puntos para trazar los perfiles en la vista de perfil:

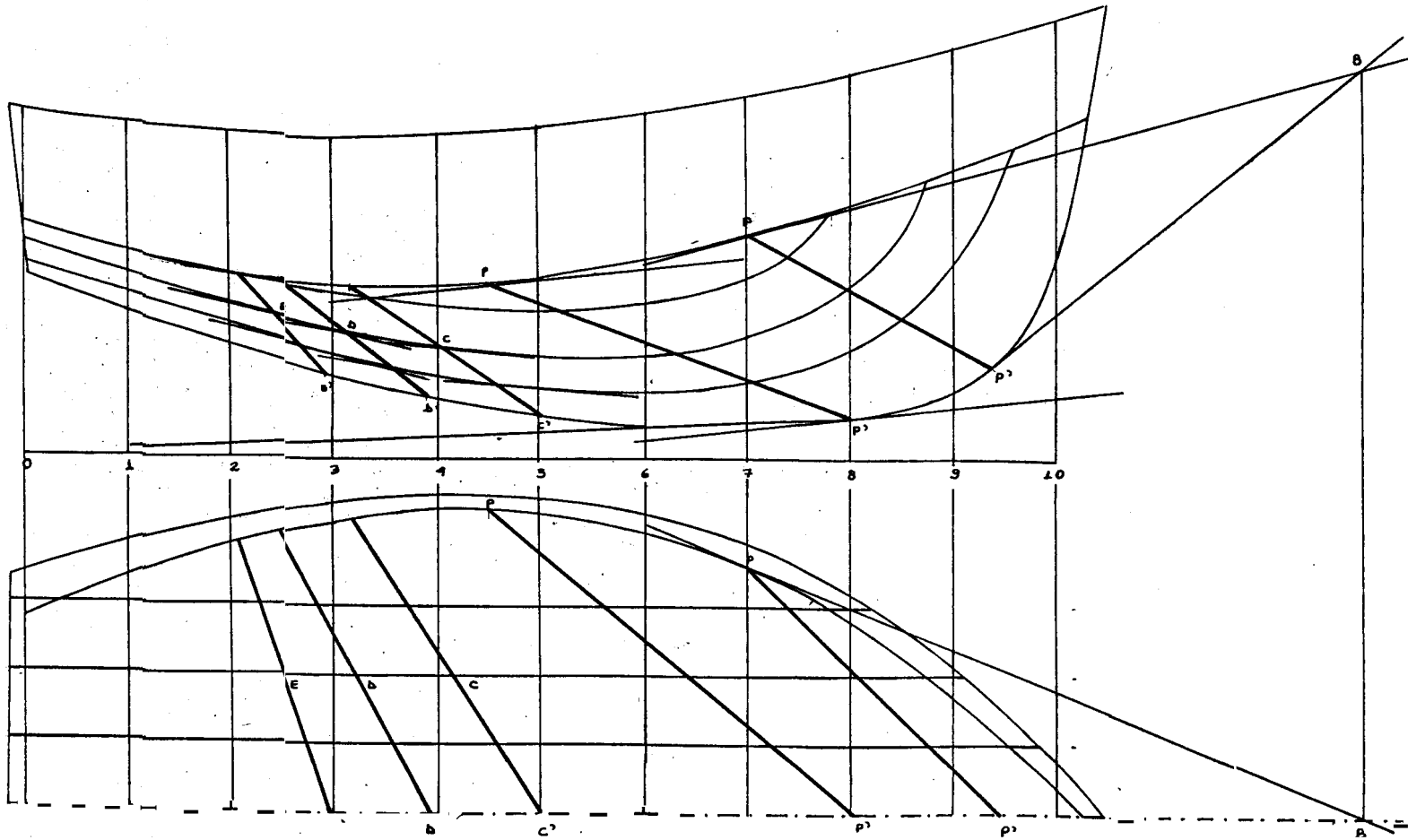


Fig. 4

2. Mediante el trazado de rectas tangentes paralelas a los perfiles y al Alefriz en la vista de Perfil se obtienen los puntos de tangencia BE', CC', DD', etc. que definen las generatrices respectivas.

Si en la vista transversal las estaciones del fondo en popa son paralelas entre si, ellas definen una superficie cilíndrica y no requieren un desarrollo porque éste ya ha sido hecho.

2.3. LIMITACIONES DEL METODO DE KILGORE

Quienes han trabajado en el desarrollo de líneas hidrocónicas, aún contando con la enorme ayuda del método propuesto por Kilgore, seguramente han encontrado dificultad en la búsqueda de las rectas tangentes, práctica que se convierte en una labor tediosa e inexacta aún reduciendo la escala horizontal (con las dificultades que ello crea), por lo que a menudo se debe volver sobre el trazado y redefinir tangentes, un proceso repetitivo que lleva mucho tiempo a quien no tiene mucha experiencia en este trabajo. Esto se agrava al trabajar con curvas cuyos ángulos de entrada y salida tienen valores bajos

(vista de perfil), en donde los puntos de tangencia no son claros (23).

Sólo una representación matemática de las Curvas de Contorno mediante polinomios, permitirá obtener las derivadas y sus consiguientes rectas tangentes en los puntos que se desee y con una exactitud no alcanrable por procedimientos geométricos.

2.4. TRABAJOS BASADOS EN EL METODO DE KILGORE

Algunos autores, entre ellos Nolan y Segade, han tomado parte de los procedimientos gráficos ideados por Kilgore para generar las formas de cascos hidrocónicos o desarrollables a través del computador. Cada uno de ellos ha establecido un tratamiento matemático específico. Así se tiene que Nolan (17) reduce el problema de la búsqueda de las generatrices a fijar un extremo de la generatriz sobre un punto de la curva $f_1(x)$ y luego asumir valores para el otro extremo de la generatriz tantas veces hasta que la función Seno del ángulo de la otra curva $f_2(x)$ en ese punto sea lo suficientemente cercano a cero, tal como se muestra en la figura 6.

TECNICAS DE NOLAN PARA EL CALCULO DE GENERATRICES

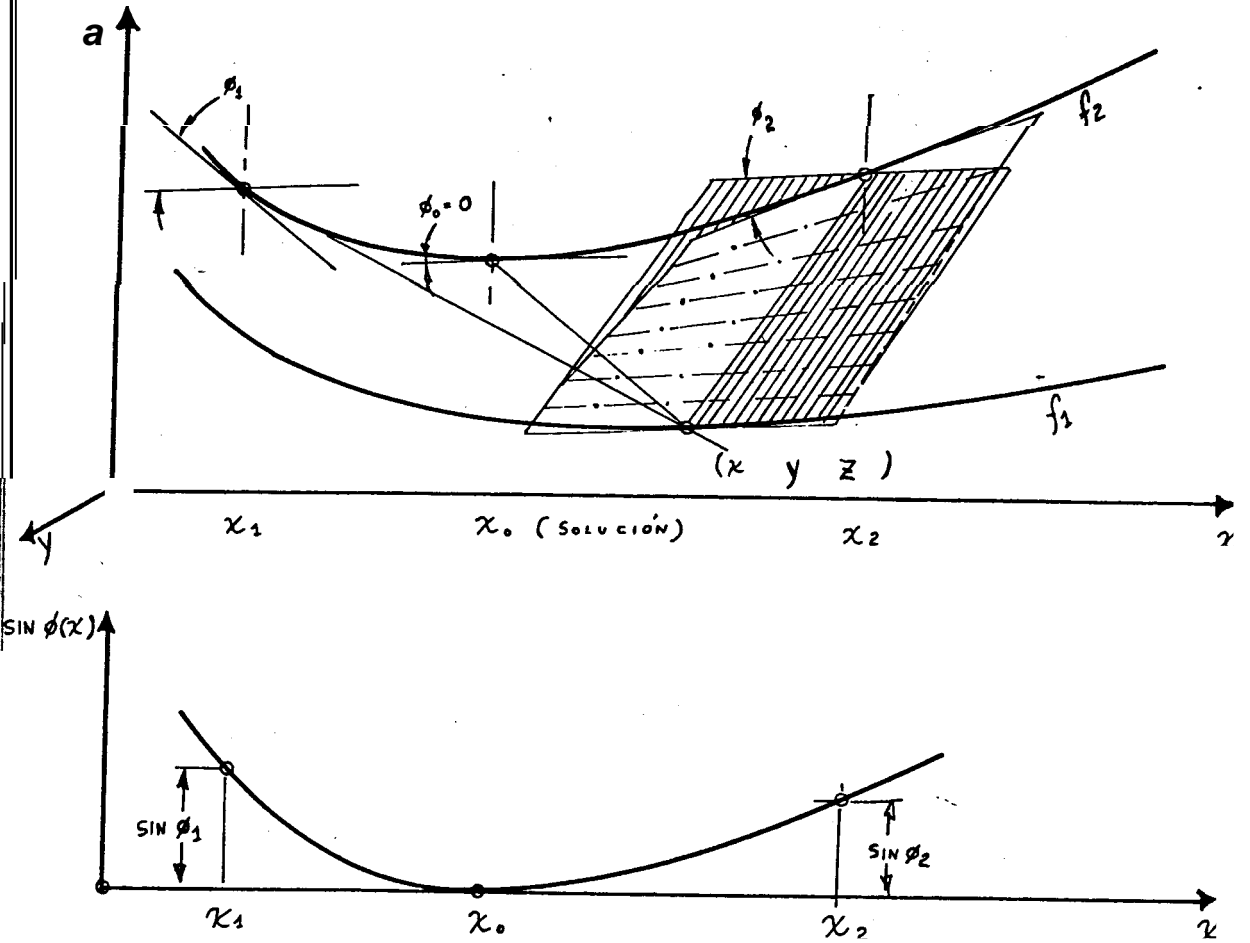


Fig. 5



En el caso de que el par de curvas propuestas, no definan la existencia de una superficie desarrollable, Nolan contempla la modificación de éstas para lograr compatibilidad en el sentido de desarrollabilidad.

Mientras que Nolan plantea un método general para calcular las generatrices en ambas zonas del barco: lateral y fondo, Segade (23) propone la normalización de las alturas de cubierta, china y alefriz del casco hidrocónico y emplea el método de las Tangentes paralelas para la zona entre cubierta y china, mientras que para la zona del fondo toma el mismo procedimiento propuesto por Kigore.

III. DEFINICION Y DISEÑO DE LA GEOMETRIA DEL CASCO

3.1. METODOS DE REPRESENTACION MATEMATICA DEL CASCO

Dependiendo de la formulación matemática, los métodos de representación de las líneas y superficies del casco, según Nowacki (18), pueden ser clasificados en:

- Elásticos
- Paramétricos
- Superficiales
- De Transformación
- Polinomiales directos

La TABLA I establece una breve comparación entre los métodos mencionados (21), bajo los siguientes criterios :

- Precisión: propiedades para el ajuste exacto
- Flexibilidad: capacidad para la generación de líneas

- . Esfuerzo: esfuerzo de cálculo, número de operaciones involucradas
- . Calidad: suavidad y estética de las líneas

A continuación se presenta una curta explicación de las características de cada uno de los métodos (21).

. Métodos Elásticos: Emplean polinomios cuyos coeficientes son determinados a partir de la formulación usada en la deflexión elástica de una viga esbelta simplemente apoyada sobre un determinado número de puntos.

. Métodos Paramétricos: Buscan una representación matemática de las formas del barco y sus elementos, a partir de un conjunto de parámetros de forma, donde estén implícitas los conceptos geométricos, condiciones y características exigidas por el proyectista, las cuales aparecerán en el plano de líneas final.

. Métodos Superficiales: son métodos de ajuste directo de superficies, para obtener una representación del casco y un carenamiento para una superficie

COMPARACION ENTRE TÉCNICAS DE REPRESENTACION MATEMÁTICA DEL CASCO

(Ref. 21)

MÉTODOS	PRECISION	FLEXIBILIDAD	ESFUERZO	CALIDAD
ELASTICOS	Excelente	Bueno	Medio	Excelente
PARAMETRICOS	Regular	Bueno	Pequeno	Bueno
POLINOMIALES	Malo	Regular	Medio	Regular
TRANSFORMACION	Bueno	Regular	Grande	Regular
SUPERFICIALES	Excelente	Bueno	Grande	Bueno

TABLA I



tridimensional.

. **Métodos de Transformación:** Usan básicamente las mismas técnicas de ajuste de los métodos precedentes, esto es, un proceso preliminar de preparación de los datos originales o la división de la superficie del casco en regiones de propiedades típicas, o ambos procesos.

. **Métodos Polinomiales Directos:** son métodos de ajuste directo, con el objeto de obtener ecuaciones polinomiales para un casco a partir de su tabla de puntos, sin efectuar alguna transformación de esos datos y sin la división de la superficie del casco en partes.

3.2. DEFINICION POLINOMICA DE LAS CURVAS DE CONTORNO DEL CASCO

Las curvas de Cubierta, China y Alefriz constituyen las llamadas Curvas de Contorno, ellas caracterizan la fronteras y discontinuidades del casco.

Un tratamiento matemático de estas curvas, equivale a

encontrar un grupo de funciones que ajustándose lo más perfectamente posible a las especificaciones realizadas por el proyectista en el plano de líneas a escala, permitan resolver el problema de interpolación, una vez que se ha escogido el tipo de curva a representar.

Como se mencionó en el subcapítulo anterior, los métodos que utilizan polinomios elásticos prestan gran flexibilidad para la creación de líneas, puesto que aproximan una curva, mediante la unión suave y continua de sus puntos, asemejándose al procedimiento manual en el que una cercha flexible se deflecta, apoyándola en un determinado número de pesos para el trazado de la curva.

La aproximación polinómica segmentaria más común que emplea polinomios cúbicos entre parejas sucesivas de puntos o nodos se denomina Cerchas Cúbicas (Cubic Splines), las mismas que pueden ser de dos tipos: Extremos Libres y Extremos Fijos.

En general, el método de Cerchas Cúbicas con Extremos Fijos llevará a aproximaciones más exactas, debido a

que incluye **mayor** información acerca de la función, esto es, el valor de las derivadas en sus extremos.

El **sistema** de ecuaciones involucrado en el cálculo del conjunto de los coeficientes de la cercha cúbica puede ser fácilmente manejados por el computador (2).

Los principios de continuidad requeridos para el **polinomio** resultante se mantienen siempre y la derivación e integración pueden realizarse sin dificultad.

IV. PROCEDIMIENTO COMPUTACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LAS SUPERFICIES HIDROCONICAS

4.1. PROCESO ITERATIVO PARA LA OBTENCION DE LAS GENERATRICES

Por el cálculo de las Generatrices Laterales seguir el siguiente proceso:

Paso 1:

Cálculo de Coordenadas del punto P

Sean las cercas de Orina de la forma:

$$S(Y,Z) = CCH0(I,J) + CCH1(I,J)*X + CCH2(I,J)*(X^2) + CCH3(I,J)*(X^3)$$

Por el punto P se tiene:

$$YP = CCH0(I,1) + CCH1(I,1)*XP + CCH2(I,1)*(XP^2) + CCH3(I,1)*(XP^3)$$

$$ZP = CCH0(I,2) + CCH1(I,2)*XP + CCH2(I,2)*XP^2 + CCH3(I,2)*(XP^3)$$

Paso 2:

Cálculo de parámetros de la recta AP

$$Y1AP = CCH1(I,1) + 2*CCH2(I,1)*XP + 3*CCH3(I,1)*(XP^2)$$

$$YOAP = YP - Y1AP*XP$$

$$Z1AP = CCH1(I,2) + 2*CCH2(I,2)*XP + 3*CCH3(I,2)*(XP^2)$$

$$ZOAP = ZP - Z1AP*XP$$

Paso 3:

Cálculo de Coordenadas de XA y parámetros de recta AB

Sean DELTA y Y1AB datos de problema:

$$XA = XP - DELTA$$

$$YA = YOAP + Y1AP*XA$$

$$ZA = ZOAP + Z1AP*XA$$

$$YOAB = YA - Y1AB*XA$$

Paso 4:

Cálculo de coordenadas de XB

Sean las cerchas de Cubierta de la forma:

$$S(Y,Z) = CC0(I,J) + CC1(I,J)*X + CC2(I,J)*(X^2) \\ + CC3(I,J)*(X^3)$$

Siendo XE el punto de intersección de la recta Ab con la cercha:

$$YB = CC0(I,1) + CC1(I,1)*XB + CC2(I,1)*(XB^2) + CC3(I,1)*(XB^3)$$

$$YB = YOAB + Y1AB*XB$$

Igualando ambas ecuaciones se obtiene una ecuación de la forma:

$$A0 + A1 * XB + A2 * (XB^2) + A3 * (XB^3) = 0$$

$$A0 = CC0(I,1) + YOAB$$

$$A1 = CC1(I,1) + Y1AB$$

$$A2 = CC2(I,1)$$

$$A3 = CC3(I,1)$$

Encontrado XB par el Método de Newton Raphson, calcular:

$$ZB = CC0(I,2) + CC1(I,2)*XP + CC2(I,2)*(XP^2) + CC3(I,2)*(XP^3)$$

$$Z1AB = (ZB - ZA)/(XB - XA)$$



BIBLIOTECA

Paso 5:

Determinación de las coordenadas de la Curva Cilíndrica

Para un valor DELTITA establecido, calcular:

$$XA = XA + DELTITA$$

Repetir el Paso 4 para el nuevo valor de XA y calcular la Coordenada ZC de la Curva Cilíndrica.

$$ZC = ZOAB + Z1AB \cdot XB$$

$$DZ = ZC - ZB$$

Repetir el Paso 5 hasta que DZ cambie de signo, ya que solamente cuando esta situación se dé podrá realizarse una buena aproximación de las coordenadas del punto Q.

Paso 6:

Cálculo del punto Q

Con los valores de XE y ZC obtenidos en el Paso 5 interpolar la Curva Cilíndrica mediante el método Lagrange y luego obtener con el de Newton-Raphson la

intersección entre la Curva Cilíndrica y la Cercha Cúbica.

Paso 7:

Obtención de XP1 y los parámetros de la recta PP1 (generatriz)

$$XP1 = XB + (XQ - XB)/2$$

$$YP1 = CC0(I,1) + CC1(I,1)*XP1 + CC2(I,1) *XP1^2 + CC3(I,1)*(XP1^3)$$

$$Y1PP1 = (YP1 - YP)/(XP1 - XP)$$

$$YOPP1 = YP - Y1PP1*XP1$$

$$ZP1 = CC0(I,2) + CC1(I,2)*XP1 + CC2(I,2) *XP1^2 + CC3(I,2)*(XP1^3)$$

$$Z1PP1 = (ZP1 - ZP)/(XP1 - XP)$$

$$ZOPP1 = ZP - Z1PP1*XP1$$

Para el cálculo de las Generatrices del fondo en proa-
popa proceder así:

Paso 1:

Cálculo de Coordenadas del punto P

$$Y_P = CCH0(I,1) + CCH1(I,1)*XP + CCH2(I,1)*(XP^2) \\ + CCH3(I,1)*(XP^3)$$

$$Z_P = CCH0(I,2) + CCH1(I,2)*XP + CCH2(I,2)*(XP^2) \\ + CCH3(I,2)*(XP^3)$$

Paso 2:

Calculo de parámetros de la recta PB

$$Y1PB = CCH1(I,1) + 2*CCH2(I,1)*XP + 3*CCH3(I,1)*(XP^2)$$

$$YOPB = Y_P - Y1PB*XP$$

$$Z1PB = CCH1(I,2) + 2*CCH2(I,2)*XP + 3*CCH3(I,2)*(XP^2)$$

$$ZOPB = Z_P - Z1PB*XP$$

Paso 3:

Cálculo de Coordenadas de XB

$$XB = -YOPB/Y1PB$$

$$YB = 0$$

$$ZB = ZOPB + Z1PB*XB$$

Paso 4:

Obtención de XP1 y los parámetros de la recta PP1 (generatriz)

Sean l a cerchas del Alefriz de la forma:

$$S(Z) = CA0(I) + CA1(I)*X + CA2(I)*(X^2) + CA3(I)*(X^3)$$

$$ZP1 = CA0(I) + CA1(I)*XP1 + CA2(I)*(XP1^2) + CA3(I)*(XP1^3)$$

$$ZP1 = ZOPP1 + Z1PP1*XP1$$

$$Z1PP1 = CA1(I) + 2*CA2(I)*XP1 + 3*CA3(I)*(XP1^2)$$

$$ZB = ZOPP1 + Z1PP1*XB$$

Se tienen entonces cuatro ecuaciones con cuatro incógnitas (XP1,ZP1,ZOPP1,Z1PP1) que definen una ecuación de la forma:

$$A0 + A1*XP1 + A2 * (XP1^2) + A3 * (XP1^3) = 0$$

$$A0 = CA0(I) - CA1(I)*XB - ZB$$

$$A1 = 2*CA2(I) * X0$$

$$A2 = 3*CA3(I)*XB - CA2(I)$$

$$A3 = -2*CA3(I)$$

Calculado XF1 por el método de Newton-Raphson, pueden obtenerse los parámetros de la generatriz de fondo-proa, al igual que se hizo en la zona lateral.

$$Z1PP1 = (ZP1 - ZP)/(XP1 - XP)$$

$$ZOPP1 = ZP - Z1PP1*XP1$$

$$Y1PP1 = (YP1 - YP)/(XP1 - XP)$$

$$YOPP1 = YP - Y1PP1*XP1$$

Para el cálculo de las Generatrices del fondo en el cuerpo medio:

Paso 1:

Cálculo de Coordenadas del punto P

$$YP = CCH0(I,1) + CCH1(I,1)*XP + CCH2(I,1)*(XP^2) + CCH3(I,1)*(XP^3)$$

$$ZP = CCH0(I,2) + CCH1(I,2)*XP + CCH2(I,2)*(XP^2) + CCH3(I,2)*(XP^3)$$

Paso 2:

Cálculo de Derivadas del punto P y P1

$$Z1P = CCH1(I,2) + 2*CCH2(I,2) * F + 3*CCH3(I,2) *(XP^2)$$

$$Z1P1 = CA1(I,2) + 2 * CA2(I,2) * P1 + 3*CA3(I,2) *(XP1^2)$$

Paso 3:

Cálculo de XP1 y parámetros de la recta PP1

Igualando ambas derivadas se obtiene:

$$A0 + A1*XP1 + A2 * (XP1^2) = 0$$

$$A0 = CA1(I) - Z1P$$

$$A1 = 2*CA2(I)$$

$$A2 = 3*CA3(I)$$

Encontrado XP1, se obtienen a continuación los parámetros de la recta PP1:

$$ZP1 = CA0(I) + CA1(I)*XP1 + CA2(I) *XP1^2) \\ + CA3(I)*(XP1^3)$$

$$Z1PP1 = (ZP1 - ZP)/(XP1 - XP)$$

$$ZOPP1 = ZP - Z1PP1*XP1$$

$$Y1PP1 = - YP / (XP1 - XP)$$

$$YOPP1 = YP - Y1PP1 * XP1$$

4.2. OBTENCION DE LAS FORMAS HIDROCONICAS DE LAS SECCIONES

Cuando las generatrices de la diferentes zonas del barco han sido obtenidas, solamente deberán considerarse aquellas que intersecten una o algunas de la estaciones, pués de lo contrario no tendrán ningún valor para identificar las formas hidrocónicas.

Paso 1:

Para cada una de las estaciones obtener las alturas de sus intersecciones con las diferentes generatrices (fig. 6).

$$XE = E(I) * SE$$

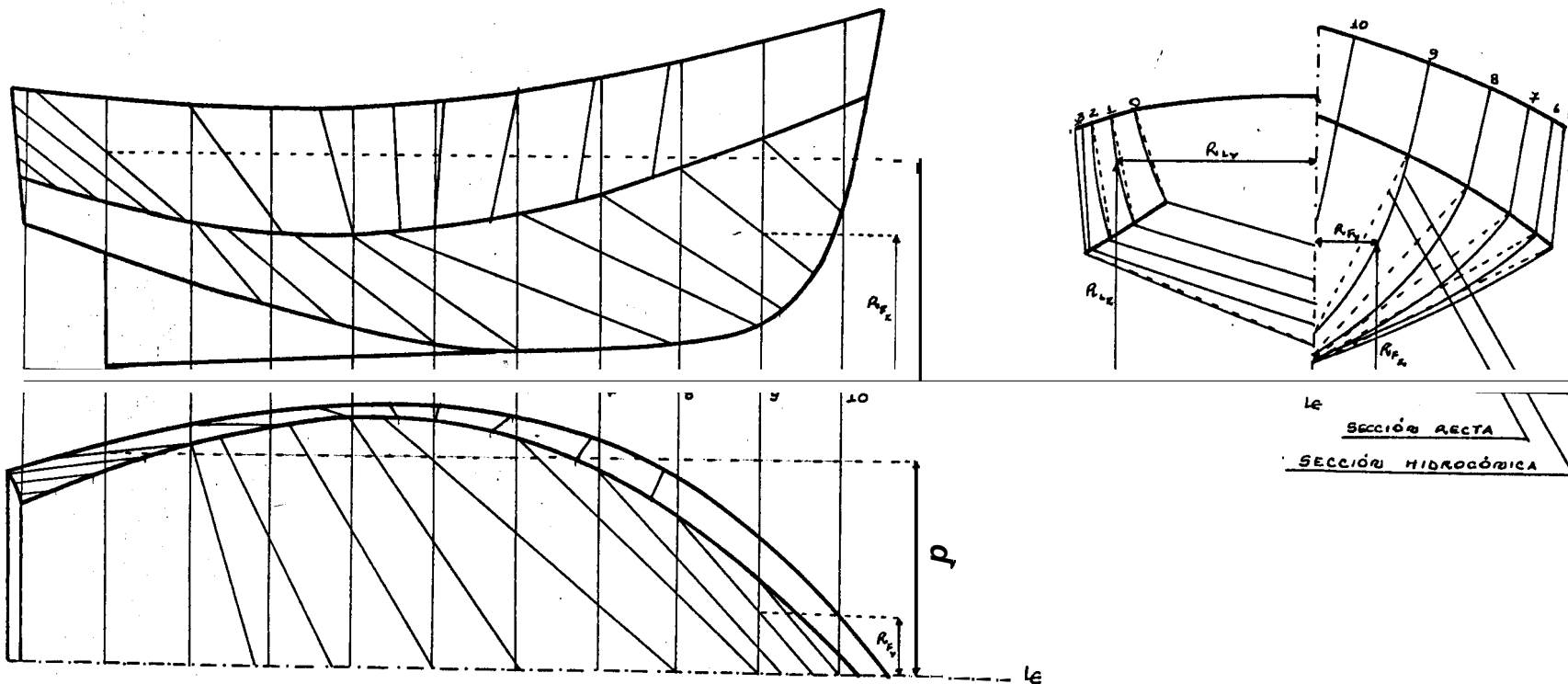
$$YE = YOPP1 + Y1PP1 * XE$$

$$ZE = ZOPP1 + Z1PP1 * XE$$

Paso 2:

Realizar el ajuste de curvas por el método de las

OBTENCION DE LAS FORMAS HIDROCONICAS DE LAS SECCIONES



F p 6

minimos cuadrados para determinar las ecuaciones cúbicas que definen cada una de las estaciones a secciones hidroónicas y a partir de ellas se podrán interpolar las coordenadas Y-Z (semimangas) de las estaciones para cada línea de agua.

V. DESCRIPCION Y APLICACION DEL PROGRAMA

5.1. DESCRIPCION DEL PROGRAMA

- Identificación: GENFORH

- Requerimientos:

Hardware:

- . Un computador IEM o compatible con 256 Kb de memoria
- . Un monitor monocromático
- . Un teclado
- . Una impresora de 80 caracteres

Software:

- . Sistema Operativo DOS VERSION 3.00
 - . BRUN20.EXE (módulo ejecutable del compilador Quick Basic)
- Objetivo: Generación de las coordenadas de los puntos que definen las secciones transversales de un

barco con fondo en "V" (casco hidrocónico).

- **Método:** GENFORH requiere de un archivo de entrada de datos, el cual contiene información de las coordenadas (x,y,z) y ángulos de entrada y salida correspondientes a cada una de las curvas de contorno del casco: cubierta, chinas y alefriz. De acuerdo al número de chinas, se han considerado tres tipos de cascos hidrocónicos (Fig. 7):

- Con una sólo china (caso 1)
- Con una china exterior y una interior (caso 2)
- Con una china superior y una inferior (caso 3)

Para procesar la información de entrada, inicialmente se calculan, utilizando el método de Cerchas Cúbicas con Extremos Fijos, los coeficientes de las ecuaciones de las curvas de contorno.

Con estas ecuaciones, se obtiene una serie de generatrices muy próximas, a lo largo de la eslora del barco para las zonas: lateral (cubierta-china) y del fondo (china-alefriz). A partir de estas generatrices podrá determinarse un conjunto de puntos para calcular las coordenadas de las secciones transversales del

CASOS TÍPICOS DE CASCOS HIDROCONICOS

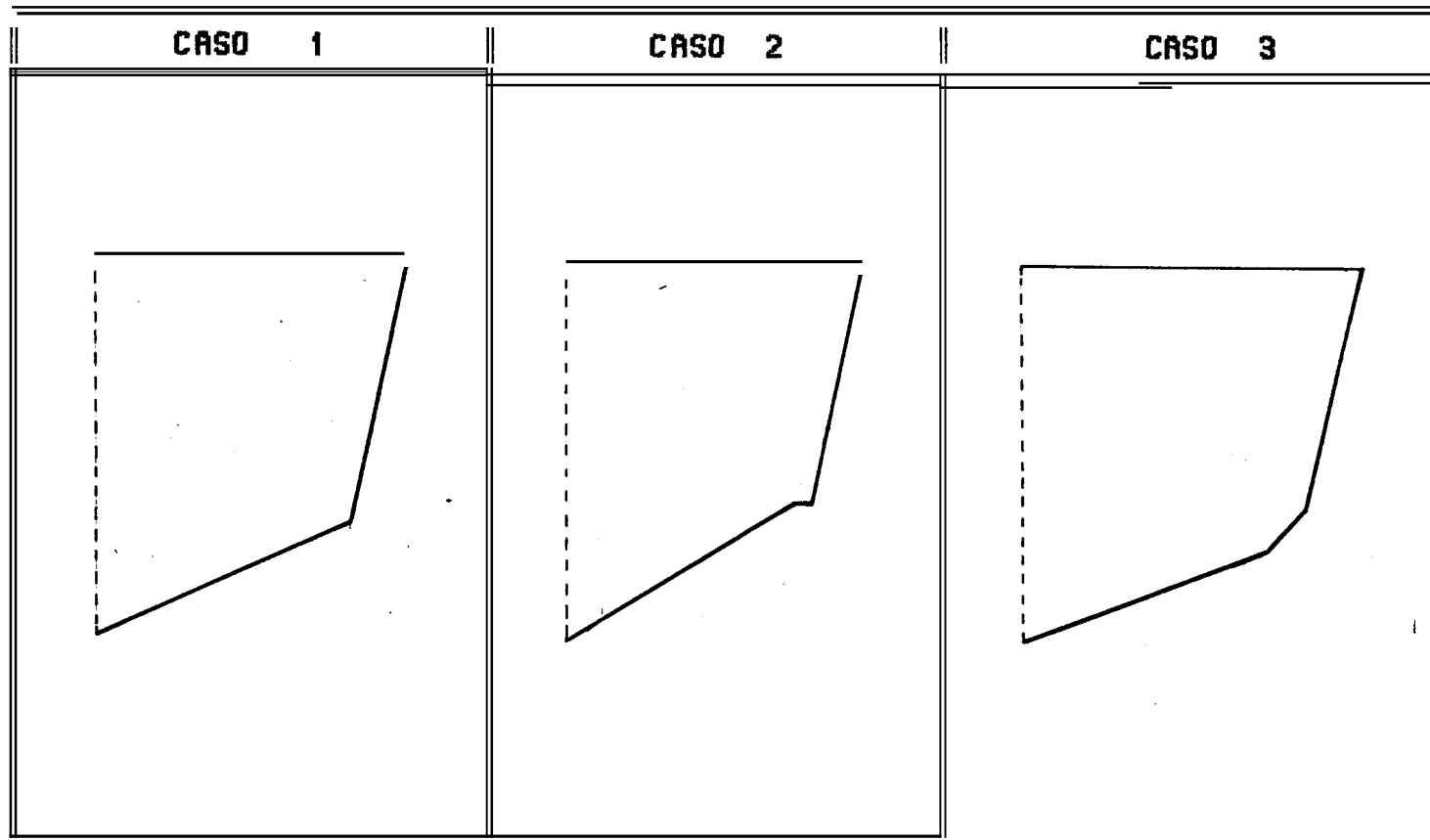


Fig. T

BIBLIOTECA



casco hidrocónico.

- Entrada: El archivo de datos se compone de los siguientes elementos:

Nombre del Barco	BARCO\$
Número de Estaciones	NE
Número de Líneas de Agua	NLA
Espacio entre Estaciones	SE
Espacio entre Líneas de Agua	SLA
Tipo de casco	CASO
Número de Funtos de Cubierta	NPC
Angulos en Extremos-Cubierta	YC, ZC, YNC, ZNC
Coordenadas (X,Y,Z) de Cubierta	CUBIERTA(,)

Si CASO = 1 se requerirán los datos siguientes:

Número de Puntos de China	NPCHS
Angulos en Extremos-China	Y1CHS, YNCHS
	Z1CHS, ZNCHS
Coordenadas (X,Y,Z) de China	CHINASUP(,)

Si CASO = 2 los datos requeridos serán:

Número de Puntos de China <i>Exterior</i>	NPCHS
---	-------

Rnyulos en Extremos-China Exterior Y1CHS,YNCHS
Z1CHS,ZNCHS

Coordenadas (X,Y,Z) de China Exterior CHINASUP(,)

Coordenadas en Y de China Interior CHINASUP(,)

Si CASU = 3 los datos requeridos son:

Número de Puntos de China Superior NPCHS

Angulos en Extremos-China Superior Y1CHS,YNCHS
Z1CHS,ZNCHS

Coordenadas (X,Y,Z) de China Superior- CHINASUP(,)

Número de Puntos de China Inferiar. NPCHI

Angulos en Extremos-China Inferior Y1CHI,YNCHI
Z1CHI,ZNCHI

Coordenadas (X,Y,Z) de China Inferior..... CHINAINF(,)

Los datos restantes son:

Número de Puntos del Alefriz NPA

Angulos en Extremos-Alefriz Z1A,ZNA

Coordenadas (X,Z) del Alefriz ALEFRIZ(,)

5.2. DIAGRAMAS DE FLUJO

En las figuras 8, 9 y 10 se presenta de manera general algunas indicaciones de como opera el programa sus objetivos y subrutinas principales.

CARACTERISTICAS DE LAS UNIDADES DE ENTRADA Y SALIDA

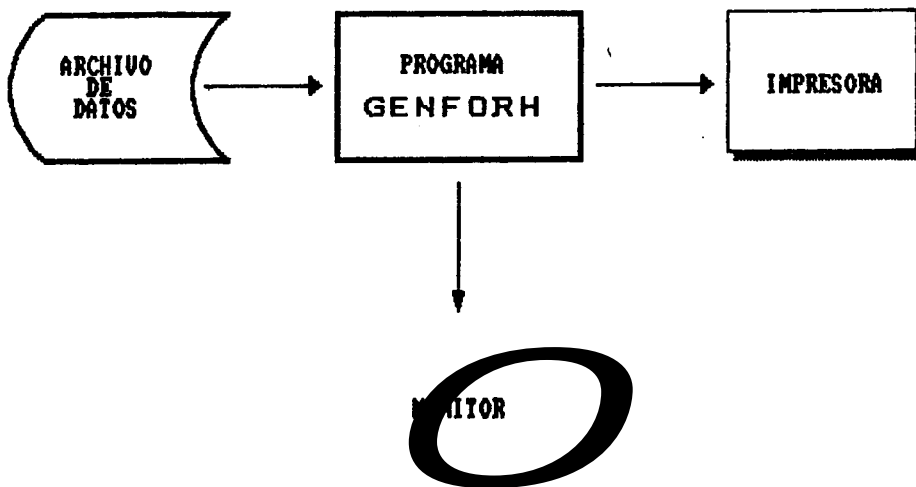


Fig. 8



**DIAGRAMA DE FLUJO
(1^{ER} Nivel)**

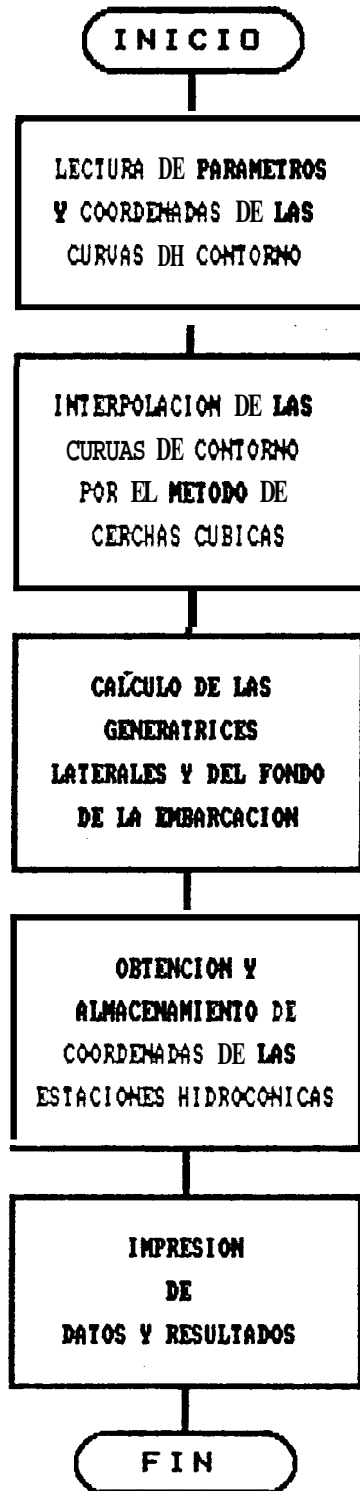


Fig. 9 .

**DIAGRAMA DE FLUJO
(2º Nivel)**

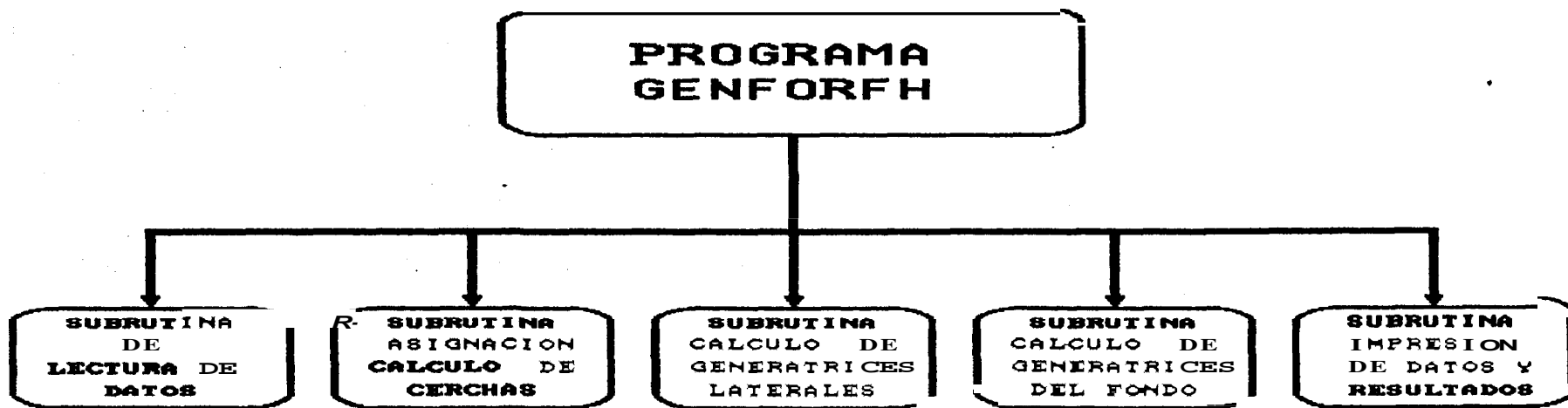


Fig. 10

5.3. APLICACIONES EN EMBARCACIONES TRADICIONALES

A continuación se presenta la aplicación del programa GENFOHH para dos prototipos de embarcaciones: una lancha y un barco pesquero.

Las tablas II - XII muestran las entradas y salidas del programa GENFORH para cada prototipo.

En las figuras 11 - 16 se han trazado las curvas de contorno, secciones rectas y secciones hidrocónicas de L/MAY y B/YITO.



L/MAY

10,8,0.840,0.30,2
 15,5,112,4,5
 -1.000,2.460,2.600
 0.0000,2.540,2.680
 1.0000,2.610,2.720
 2.0000,2.680,2.800
 3.0000,2.740,2.870
 4.0000,2.780,2.940
 5.0000,2.810,3.020
 6.0000,2.820,3.100
 7.0000,2.780,3.170
 8.0000,2.640,3.250
 8.5000,2.520,3.280
 9.0000,2.320,3.320
 9.5000,2.030,3.360
 10.000,1.630,3.400
 10.529,0.980,3.440
 11.057,0.000,3.480
 14,5,115,0,23
 -1.000,2.120,0.800,2.12
 0.0000,2.210,0.810,2.21
 1.0000,2.240,0.820,2.24
 2.0000,2.300,0.840,2.30
 3.0000,2.350,0.850,2.35
 4.0000,2.400,0.880,2.40
 5.0000,2.430,0.900,2.43
 6.0000,2.420,0.960,2.42
 7.0000,2.340,1.070,2.31
 8.0000,2.100,1.240,2.00
 8.5000,1.860,1.360,1.76
 9.0000,1.540,1.480,1.46
 9.5000,1.080,1.640,1.06
 10.000,0.500,1.810,0.50
 10.328,0.000,1.920,0.00
 16,0,68
 0.0000,0.080
 1.0000,0.080
 2.0000,0.080
 3.0000,0.080
 4.0000,0.080
 5.0000,0.080
 6.0000,0.080
 7.0000,0.080
 7.5000,0.081
 7.7500,0.085
 8.0000,0.098
 8.5000,0.160
 9.0000,0.290
 9.2500,0.390
 9.7500,0.810
 10.000,1.220
 10.314,1.920

Tabla II

L/MAY

NOMBRE DEL BARCO	L/MAY
NUMERO DE ESTACIONES	10
NUMERO DE LINEAS DE AGUA	8
ESPACIO ENTRE ESTACIONES	.84
ESPACIO ENTRE LINEAS DE AGUA	.3

CURVAS DE CONTORNO

C U B I E R T A

INCLINACION-POFA

INCLINACION-FHOA

Y1 = 0.087
Z1 = 0.070

YN = -2.475
ZN = 0.087

I	ESTAC	X	Y	Z
0	-1.000	-0.840	2.460	2.600
1	0.000	0.000	2.540	2.680
2	1.000	0.840	2.610	2.720
3	2.000	1.680	2.680	2.800
4	3.000	2.520	2.740	2.870
5	4.000	3.360	2.780	2.940
6	5.000	4.200	2.810	3.020
7	6.000	5.040	2.820	3.100
8	7.000	5.880	2.780	3.170
9	8.000	6.720	2.640	3.250
10	8.500	7.140	2.520	3.280
11	9.000	7.560	2.320	3.320
12	9.500	7.980	2.030	3.360
13	10.000	8.400	1.630	3.400
14	10.529	0.844	0.980	3.440
15	11.057	9.288	0.000	3.480

TABLA III



BIBLIOTECA

L / MAY

C H I N A E X T E R I O R

, INCLINACION-POFA

INCLINACION-PROA

Y1 = 0.087
Z1 = 0.000

YN = -2.145
ZN = 0.424

■	ESTAC	X	Y	Z
0	-1.000	-0.840	2.120	0.800
1	0.000	0.000	2.210	0.810
2	1.000	0.840	2.240	0.820
3	2.000	1.680	2.300	0.840
4	3.000	2.520	2.350	0.850
5	4.000	3.360	2.400	0.880
6	5.000	4.200	2.430	0.900
7	6.000	5.040	2.420	0.960
8	7.000	5.880	2.340	1.070
9	8.000	6.720	2.100	1.240
10	8.500	7.140	1.860	1.360
11	9.000	7.560	1.540	1.480
12	9.500	7.980	1.080	1.640
13	10.000	8.400	0.500	1.810
14	10.328	8.676	0.000	1.920

TABLA IV

L/MAY

C H I N A I N T E R I O R

INCLINACION-POPA

Y1 = 0.087
Z1 = 0.000

INCLINACION-PROA

YN = -2.145
ZN = 0.424

I	ESTAC	X	Y	Z
0	-1.000	-0.840	2.120	0.800
1	0.000	0.000	2.210	0.810
2	1.000	0.840	2.240	0.820
3	2.000	1.680	2.300	0.840
4	3.000	2.520	2.350	0.850
5	4.000	3.360	2.400	0.880
6	5.000	4.200	2.430	0.900
7	6.000	5.040	2.420	0.960
8	7.000	5.880	2.310	1.070
9	8.000	6.720	2.000	1.240
10	8.500	7.140	1.760	1.360
11	9.000	7.560	1.460	1.480
12	9.500	7.980	1.060	1.640
13	10.000	8.400	0.500	1.810
14	10.328	8.676	0.000	1.920

TABLA V

L/MAY

A L E F R I Z

INCLINACION-POPA INCLINACION-PROA

Z1 = 0.000 ZN = 2.475

I	ESTAC	X	Z
0	0.000	0.000	0.080
1	1.000	0.840	0.080
2	2.000	1.680	0.080
3	3.000	2.520	0.080
4	4.000	3.360	0.080
5	5.000	4.200	0.080
6	6.000	5.040	0.080
7	7.000	5.880	0.080
8	7.500	6.300	0.081
9	7.750	6.510	0.085
10	8.000	6.720	0.098
11	8.500	7.140	0.160
12	9.000	7.560	0.290
13	9.250	7.770	0.390
14	9.750	8.190	0.810
15	10.000	8.400	1.220
16	10.314	8.664	1.920

TABLA VI

L/MAY

ESTACIONES HIDROCONICAS

S E M I M A N G A S

L.A.	E-0	E-1	E-2	E-3	E-4		
0.300	0.66603	0.67994	0.71314	0.69209	0.65149		
0.600	1.57425	1.58805	1.58579	1.57216	1.58148		
0.900	2.22580	2.25558	2.31173	2.35962	2.40383		
1.200	2.27882	2.31400	2.37016	2.41756	2.46085		
1.500	2.33176	2.37242	2.42834	2.47577	2.51706		
1.800	2.36471	2.43084	2.40636	2.53406	2.57262		
2.100	2.43765	2.48926	2.54433	2.59225	2.62764		
2.400	2.49059	2.54768	2.60236	2.65019	2.68226		
L.A.	E-5	E-h	E-7	E-8	E-7	E-10	
0.300	0.66586	0.66343	0.63482	0.44964	0.01605		
0.600	1.56596	1.53198	1.37394	1.02663	0.45230		
0.900	2.43000	2.28680	1.99657	1.51719	0.82175		
1.200	2.48377	2.46590	2.36806	1.94613	1.15490		
1.500	2.53755	2.52283	2.43237	2.18339	1.55021	0.23729	
1.800	2.59132	2.57933	2.49608	2.27302	1.69772	0.49153	
2.100	2.64509	2.63542	2.55923	2.35661	1.83541	0.72930	
2.400	2.69887	2.69114	2.62181	2.42920	1.96453	0.95867	

TABLA VII

B/YITO
 10, 11, 0.5, 0.10, 1
 12, 16, 133, 172, 17
 -1.000, 1.000, 1.740
 0.0000, 1.160, 1.670
 1.0000, 1.290, 1.620
 2.0000, 1.420, 1.580
 3.0000, 1.490, 1.560
 4.0000, 1.540, 1.570
 5.0000, 1.520, 1.600
 6.0000, 1.450, 1.670
 7.0000, 1.300, 1.760
 8.0000, 1.070, 1.860
 9.0000, 0.720, 1.990
 10.000, 0.250, 2.140
 10.480, 0.000, 2.220
 12, 25, 135, 163, 23
 -1.000, 0.720, 1.270
 0.0000, 0.940, 1.130
 1.0000, 1.140, 1.000
 2.0000, 1.300, 0.880
 3.0000, 1.410, 0.840
 4.0000, 1.470, 0.830
 5.0000, 1.450, 0.880
 6.0000, 1.360, 0.960
 7.0000, 1.200, 1.080
 8.0000, 0.940, 1.230
 9.0000, 0.580, 1.410
 10.000, 0.140, 1.610
 10.300, 0.000, 1.670
 11, 161, 80
 0.0000, 0.860
 1.0000, 0.700
 2.0000, 0.540
 3.0000, 0.400
 4.0000, 0.290
 5.0000, 0.210
 6.0000, 0.170
 7.0000, 0.180
 8.0000, 0.200
 9.0000, 0.330
 10.000, 1.000
 10.300, 1.670

Tabla VIII

B/YITO

NOMBRE DEL BARCO	E/YITO
NUMERO DE ESTACIONES	10
NUMERO DE LINEAS DE AGUA	8
ESPACIO ENTRE ESTACIONES	5
ESPACIO ENTRE LINEAS DE AGUA	1.5

CURVAS DE CONTORNO

C U B I E R T A

INCLINACION-POPA

Y1 = 0.287
Z1 = -0.141

INCLINACION-PROA

YN = -1.072
ZN = 0.306

I	ESTAC	X	Y	Z
0	-1.000	-0.500	1.000	1.740
1	0.000	0.000	1.160	1.670
2	1.000	0.500	1.290	1.620
3	2.000	1.000	1.420	1.580
4	3.000	1.500	1.490	1.560
5	4.000	2.000	1.540	1.570
6	5.000	2.500	1.520	1.600
7	6.000	3.000	1.450	1.670
8	7.000	3.500	1.300	1.760
9	8.000	4.000	1.070	1.860
10	9.000	4.500	0.720	1.990
11	10.000	5.000	0.250	2.140
12	10.480	5.240	0.000	2.220

TABLA IX



B/YITO

C H I N A

INCLINACION-POPA

INCLINACION-PROA

Y1 = 0.466
Z1 = -0.306

YN = -1.000
ZN = 0.424

I	ESTAC	X	Y	Z
0	-1.000	-0.500	0.720	1.270
1	0.000	0.000	0.940	1.130
2	1.000	0.500	1.140	1.000
3	2.000	1.000	1.300	0.880
4	3.000	1.500	1.410	0.840
5	4.000	2.000	1.470	0.830
6	5.000	2.500	1.450	0.880
7	6.000	3.000	1.360	0.960
8	7.000	3.500	1.200	1.080
9	8.000	4.000	0.940	1.230
10	9.000	4.500	0.580	1.410
11	10.000	5.000	0.140	1.610
12	10.300	5.150	0.000	1.670

TABLA X

B/YITO

A L E F R I Z

INCLINACION-POPA INCLINACION-PROA

Z1 = -0.344 ZN = 5.671

I	ESTAC	X	Z
0	0.000	0.000	0.860
1	1.000	0.500	0.700
2	2.000	1.000	0.540
3	3.000	1.500	0.400
4	4.000	2.000	0.290
5	5.000	2.500	0.210
6	6.000	3.000	0.170
7	7.000	3.500	0.180
8	8.000	4.000	0.200
9	9.000	4.500	0.330
10	10.000	5.000	1.000
11	10.300	5.150	1.670

TABLA XI

B/ YITO

ESTACIONES HIDROCONICAS

S E M I M A N G A S

L.A.	E-0	E-1	E-2	E-3'	E-4			
0.150								
0.300					0.03260			
0.450				0.18204	0.49467			
0.600			0.22941	0.70081	0.91014			
0.750		0.19000	0.80294	1.16457	1.28483			
0.900	0.13926	0.76000	1.30359	1.41834	1.47662			
1.050	0.66148	1.16182	1.33044	1.43727	1.49081			
1.200	0.98607	1.21169	1.35691	1.45405	1.50500			
L.A.	E-5	E-6	E-7	E-8	E-9		E-10	
0.150								
0.300	0.24506	0.30919	0.25792	0.15146				
0.450	0.62457	0.61873	0.52349	0.34962	0.12732			
0.600	0.9h140	0.88257	0.73662	0.51589	0.24941			
0.750	1.24802	1.10584	0.90880	0.65353	0.33894			
0.900	1.45200	1.29365	1.05150	0.76585	0.40513			
1.050	1.46689	1.37156	1.17621	0.85613	0.45722		0.01318	
1.200	1.48157	1.39076	1.21820	0.92766	0.50446		0.05089	

TABLA XII

CURVAS DE CONTORNH L/MAY

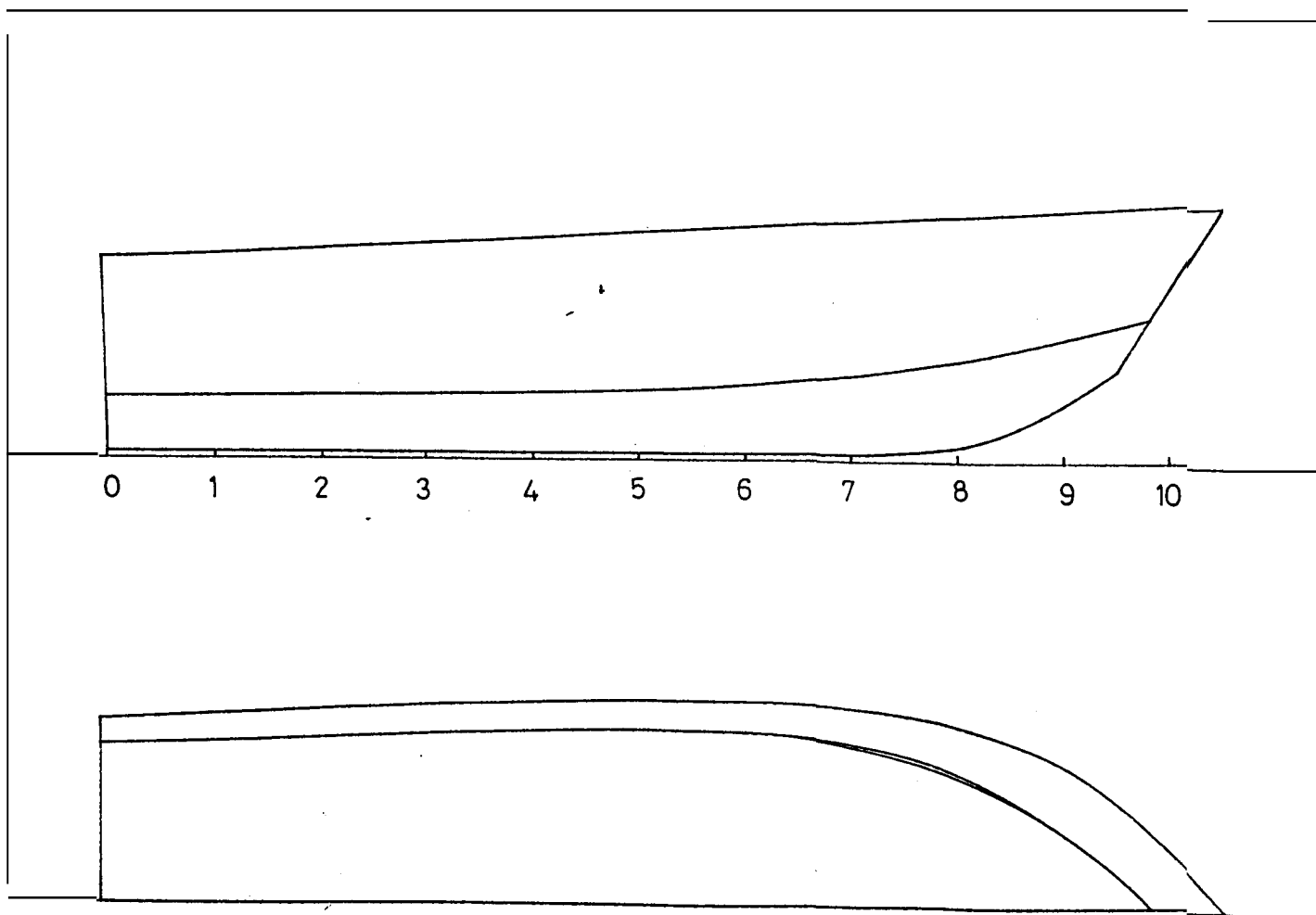


Fig. 11

L/MAY
SECCIONES RECTAS

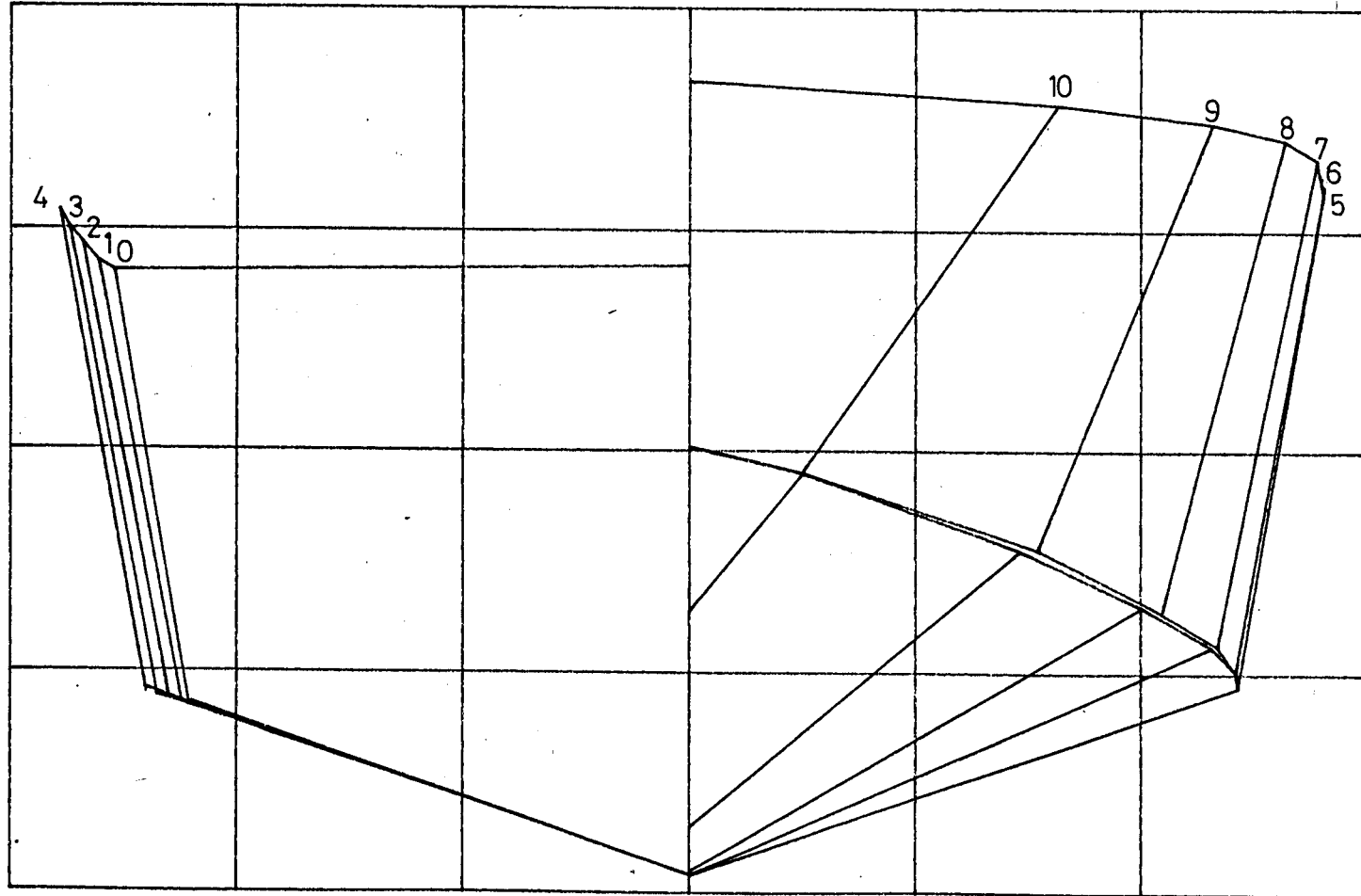


FIGURA 12

L/MAY
SECCIONES HIDROCONICAS

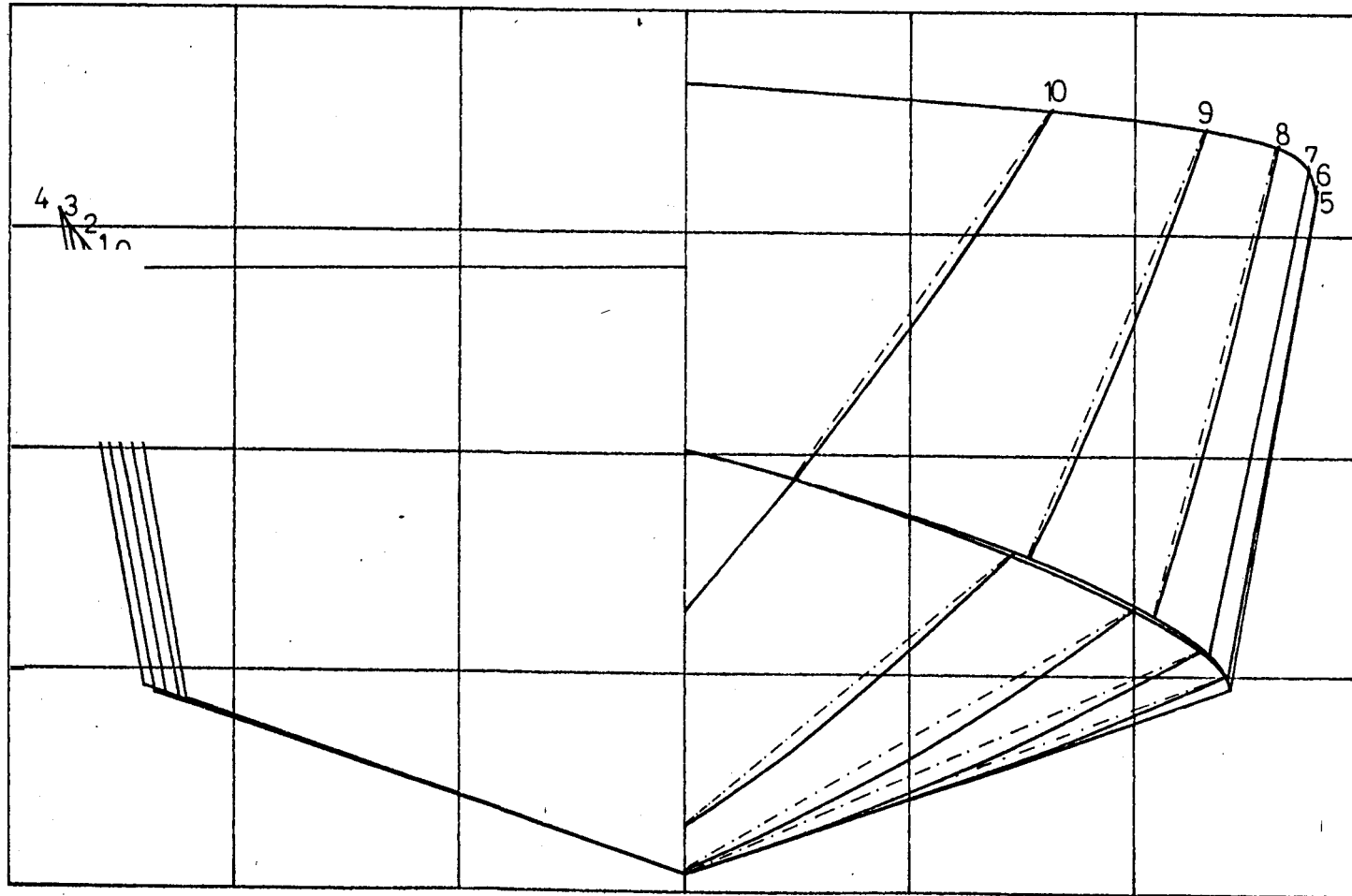


FIGURA 13



CURVAS DE CONTORNO 3/YIT0

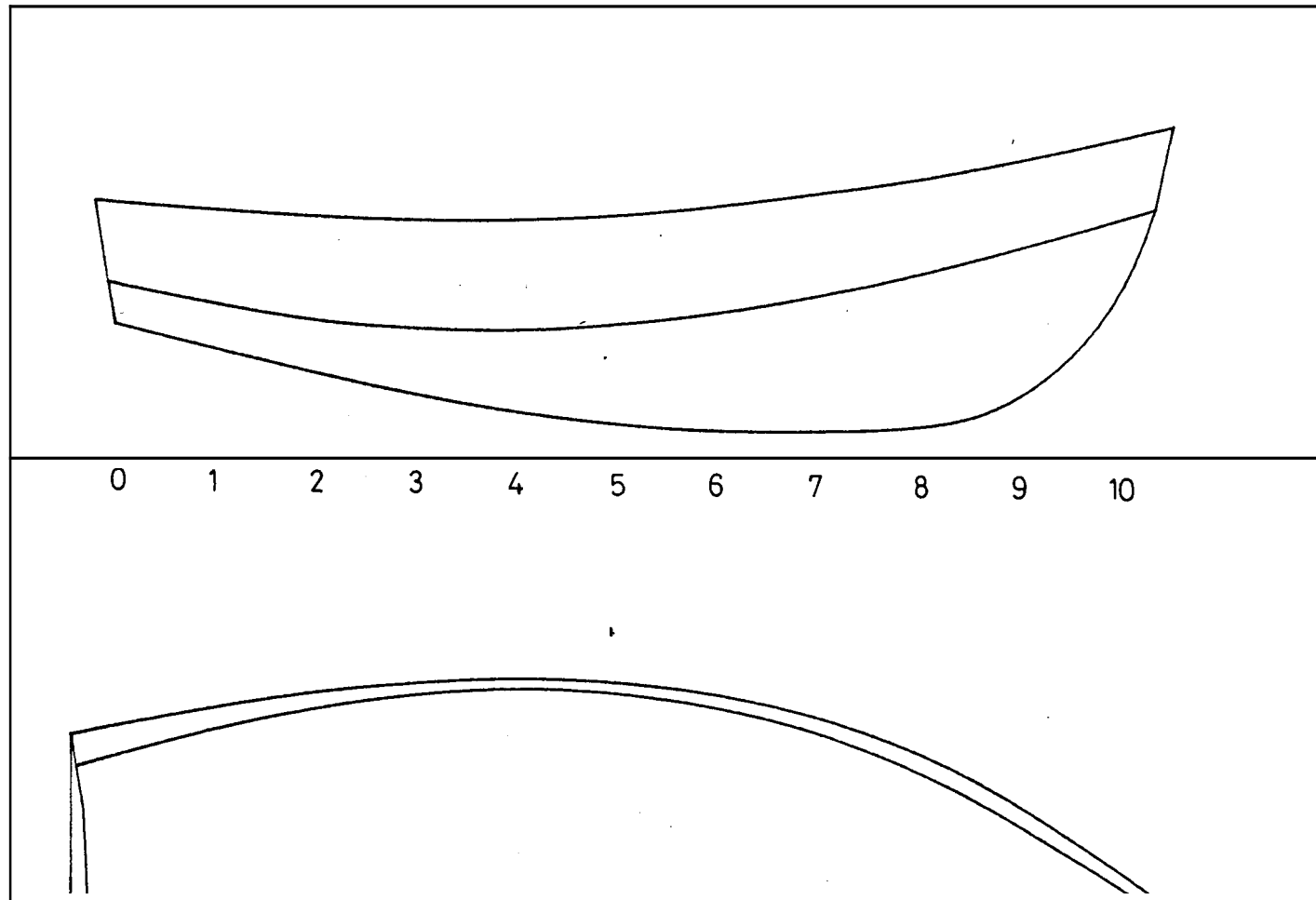


Fig c

B/Y110
SECCIONES RECTAS

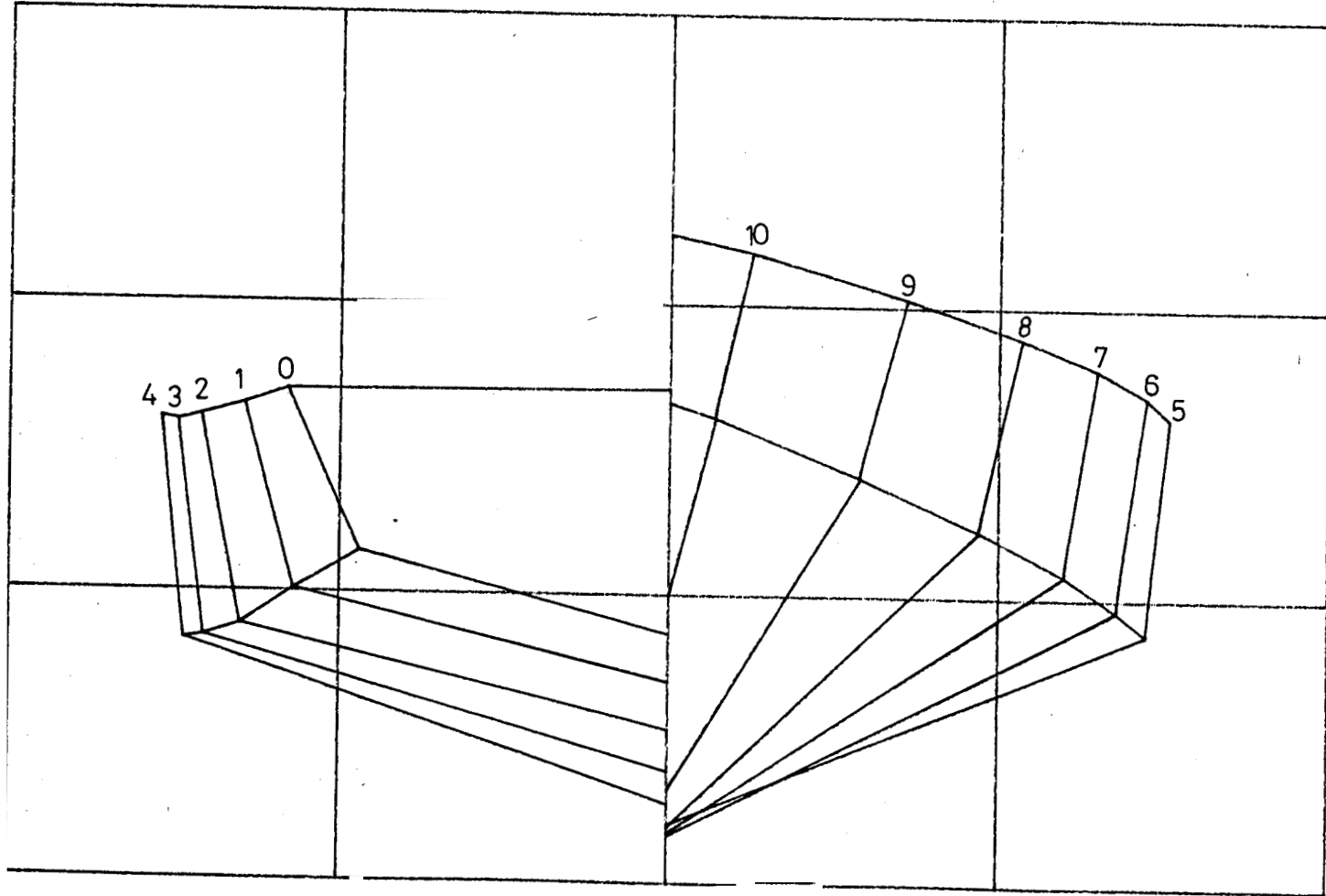


FIGURA 5E

5.4. RESULTADOS

El principal objetivo de este trabajo ha sido establecer un programa que genere las formas hidrocónicas del casco a partir de un diseño preliminar de sus secciones rectas, para esto se ha desarrollado el programa GENFURH descrito en el subcapítulo 5.1.

Debido a que Kilgore no precisa un valor específico para el ángulo de la recta AB en la vista de planta (ver figura 3) durante el cálculo de las generatrices laterales, fue necesario realizar pruebas con diferentes ángulos, llegándose a establecer, para cada zona del barco, como más adecuados los que se presentan en la tabla XIX.

De acuerdo a esta tabla, el programa GENFORH utiliza un ángulo de 165 grados para las estaciones que van desde la -1 a 5, un ángulo de 25 grados para la estaciones desde la 5 a 8 y 180 grados para las estaciones 8 a 10.

El método propuesto por Kilgore para la búsqueda de



las generatrices del fondo en proa, pudo aplicarse satisfactoriamente en la zona del fondo de popa, pues computacionalmente *na* se tienen problemas de rectas con intersecciones fuera de los límites del dibujo como ocurre gráficamente. Por otro lado el método de las tangentes paralelas fue muy apropiado para la zona del cuerpo medio, donde los ángulos que definen las rectas tangentes a las curvas son pequeños.

Una vez establecidas las formas hidrocónicas de las secciones, es importante que el proyectista conozca los cambios producidos en las características principales e hidrostáticas del barco. Las tablas XIII, XIV, XVI y XVII muestran los cálculos realizados. Las **variables** empleadas son:

AW Area del planu de flotación (m²)

CP Coeficiente Frismático Longitudinal

OW Coeficiente del plano de flotación

DESP Desplazamiento (ton)

KB Centru de Euyantez Vertical medido desde la línea base (m)

H	Línea de agua (m)
LCB	Centro de Boyantez Longitudinal medido desde la sección media ,positivo a proa (m)
LCF	Centro del plano de flotación (m)
SM	Superficie Mojada (m ²)
VOL	Volumen de desplazamiento (m ³)

Para L/MAY puede establecerse que el desplazamiento cambia en un 1.7% al pasar de las secciones rectas a las secciones hidrocónicas, igualmente los coeficientes de forma del casco, experimentan un ligero cambio.

Para B/YITO, el cambio producido en el desplazamiento es relativamente mayor, aproximadamente de un 10%; esto se justifica porque la curvatura obtenida para sus secciones transversales en la zona del fondo, aumenta apreciablemente el volumen y coeficientes de forma de la carena (ver figura 16).

Las tablas XV y XVIII muestran el porcentaje de deformación que el constructor debe considerar en el

corte de las secciones y curvado de las planchas laterales y del fondo, tanto para L/MAY como para B/YITO.

L / MAY		
CARACTERISTICAS PRINCIPALES	SECCIONES RECTAS	SECCIONES HIDROCONICAS
ESLORA TOTAL (m)	15.58	15.58
ESLORA L.A.D. (m)	14.00	14.00
MANGA L.A.D. (m)	4.97	4.97
CALADO (m)	1.20	1.20
PUNTAL (m)	3.00	3.00
DESPLAZAMIENTO (ton)	37.63	38.27
COEF. SECCION MEDIA	0.6196	0.6251
COEF. PRISMATICO	0.7737	0.7771
COEF. BLOQUE	0.4595	0.4857

TABLA XIII

H	VOL	DESP	LCB	KB	SM	AW	LCF	CP	CW
0,60	8,38	8,46	-0,96	0,117	34,87	33,31	-0,76	0,801	0,827
1,20	37,29	37,63	-0,74	0,76	64,84	55,29	-0,42	0,773	0,796
1,80	72,37	73,51	-0,53	1,04	82,25	48,71	-1,99	0,775	0,648
2,40	110,50	112,65	-0,40	1,33	99,30	67,31	0,11	0,769	0,829

SECCIONES HIDROCONICAS

H	VOL	DESP	LCB	KB	SM	AW	LCF	CP	CW
0,60	8,68	8,76	-0,84	0,47	35,97	34,51	-0,64	0,803	0,830
1,20	37,93	38,27	-0,68	0,76	65,01	55,43	-0,42	0,777	0,795
1,80	73,60	74,27	-0,49	1,04	82,36	48,83	-1,99	0,776	0,648
2,40	112,60	113,62	-0,37	1,32	99,50	67,75	0,14	0,770	0,832

TABLA XIV

L/MAY						
ESTACION	PERIMETRO SEMIMANGAS ZONA LATERAL (n)		PORCENTAJE RE DEFORMACION	PERIMETRO SEMIMANGAS ZONA REL FONDO (n)		PORCENTAJE RE DEFORMACION
	Secciones Rectas	Secciones Hidroconicas		Secciones Rectas	Secciones Hidroconicas	
0	1,8989	1,8989	0	2,3274	2,3474	0
I	1,9357	1,9357	0	2,3591	2,3591	0
2	1,9965	1,9965	0	2,9223	2,4226	0,012
3	2,0573	2,0573	0	2,4729	2,4731	0,008
4	2,0948	2,0948	0	2,5298	2,5300	0,008
5	2,1538	2,1538	0	2,5646	2,5647	0,004
6	2,1771	2,1771	0	2,5750	2,5764	0,059
7	2,1456	2,1456	0	2,5132	2,5176	0,175
8	2,0813	2,0821	0,038	2,3031	2,3092	0,265
9	1,9985	1,9999	0,070	1,8835	1,8870	0,186
10	1,9506	1,9525	0,097	0,7734	0,7734	0

TABLA XV



DEFENSA

CARACTERISTICAS PRINCIPALES	SECCIONES RECTAS	SECCIONES HIDROCONICAS
ESLORA TOTAL (m)	12.77	12.77
ESLORCI L.A.D. (m)	12.00	12.00
MANGCI (m)	2.97	2.97
CALADO (m)	1.00	1.00
PUNTAL (m)	1.60	1.60
DESPLAZAMIENTO (ton)	9.75	10.73
COEF. SECCION MEDIA	0.4507	0.4880
COEF. PRISMATICO	0.6036	0.6217
COEF. BLOQUE	0.2720	0.3034

TABLA XVI

**CALCULOS HIDROSTATICOS
B / YITO**

H	VOL	OESP	LCE	KB	SM	AW	LCF	CP	CW
0.50	1.00	0.90	0.93	0.41	8.00	7.00	0.55	0.468	0.452
0.75	4.00	3.80	0.26	0.59	20.00	17.00	-0.41	0.506	0.577
1.00	10.00	9.80	-0.44	0.84	34.00	28.00	-1.29	0.604	0.790
1.25	17.00	17.00	-0.69	1.05	41.00	30.00	-1.17	0.676	0.832
1.50	24.00	2% 70	-0.76	1.23	48.00	31.00	-1.16	0.717	0.850

SECCIONES HIDROCONICAS

H	VOL	DESP	LCB	KB	SM	AW	LCF	CP	CW
0.50	1.00	1.20	1.12	0.40	10.00	8.00	0.76	0.447	0.477
0.75	5.00	4.60	0.51	0.58	21.00	18.00	-0.22	0.521	0.617
1.00	11.00	10.70	-0.20	0.81	34.00	28.00	-1.12	0.622	0.797
1.25	18.00	18.10	-0.51	1.03	41.00	30.00	-1.18	0.691	0.848
1.50	26.00	25.80	-0.64	1.21	48.00	31.00	-1.17	0.731	0.863

TABLA XVII

B/YITO						
ESTACION	PERIMETRO SEMIMANGAS ZONA LATERAL (m)		PORCENTAJE DE DEFORMACION	PERIMETRO SEMIMANGAS ZONA DEL FONDO (m)		PORCENTAJE DE DEFORMACION
	Secciones Rectas	Secciones Hidroconicas		Secciones Rectos	Secciones Hidroconicas	
0	0,5831	0,5869	0,652	0,9780	0,9780	0
1	0,6379	0,6902	0,360	1,1788	1,1788	0
2	0,7102	0,7102	0	1,3937	1,3437	0
3	0,7299	0,7295	0,014	1,9771	1,4777	0,040
9	0,7433	0,7933	0	1,5660	1,5670	0,064
5	0,7239	0,7239	0	1,5973	1,6018	0,282
6	0,7157	0,7157	0	1,5728	1,5820	0,585
7	0,6873	0,6873	0	1,5000	1,5133	1,286
8	0,6933	0,6933	0	1,3945	1,4191	1,769
9	0,5967	0,5967	0	1,2253	1,2468	1,705
10	0,5913	0,5913	0	0,6259	0,6259	0

TABLA XVIII

INCLINACIONES RECOYENOAOAS
PARA EL CALCULO DE GENERATRICES LATERALES

ESTACIONES (*)	METODO	INCLINACIONES (sobre Linea de Cruza)
- 1 a 5	XP sobre cubierta XPI sobre chino	115 - 180 grados
5 a 8	XP sobre chino XPI sobre cubierto	25 - 75 grados
8 a 10	XP sobre chino XPI sobre cubierto	165 - 180 grados

TABLA XIX

(*) La estación 0 ha sido tomada sobre la perpendicular de popa y la estación 10 sobre la perpendicular de proa.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El programa GENFQRH ha sido desarrollado en base a la flexibilidad que ofrecen el método gráfico de Kilgore y los métodos numéricos, y es capaz de generar las formas de un casco hidrodinámico independientemente del tamaño de la embarcación.

Las ventajas que la automatización de la metodología gráfica presenta, son las siguientes:

- Elimina los errores de un trazado manual, cuyo éxito está sujeto a la predisposición y aptitudes del dibujante. Asimismo, el tamaño del plano de líneas no interferirá en las proyecciones de los puntos y búsqueda de las generatrices.
- Proporciona mayor exactitud para la determinación de los puntos de tangencia así como de los puntos de intersección entre rectas y curvas.
- El plano de secciones transversales puede obtenerse a

partir de un sencillo trazado de las curvas de contorno del casco.

- Se puede realizar con precisión el cálculo de las generatrices de la superficie del casco.
- Obtención de una mayor cantidad de puntos para la definición de las secciones transversales del casco.
- Minimización de los errores de construcción, puesto que el constructor podrá realizar el tratado y corte de gálibos sin el temor de que luego el montaje y acabado de la superficie del casco se vea afectada.
- Los ahorros de tiempo y dinero derivados de las ventajas anteriores son notables tanto para la etapa de diseño como para la de construcción.

Finalmente el empleo del computador, constituye un paso importante hacia el desenvolvimiento de técnicas de control automático de máquinas.

Las alteraciones producidas en las características hidrostáticas del casco al pasar de secciones rectas a

partir de un sencillo trazado de las curvas de contorno del casco.

- Se puede realizar con precisión el cálculo de las generatrices de la superficie del casco.
- Obtención de una mayor cantidad de puntos para la definición de las secciones transversales del casco.
- Minimización de los errores de construcción, puesto que el constructor podrá realizar el trazado y corte de gálibos sin el temor de que luego el montaje y acabado de la superficie del casco se vea afectada.
- Los ahorros de tiempo y dinero derivados de las ventajas anteriores son notables tanto para la etapa de diseño como para la de construcción.

Finalmente el empleo del computador, constituye un paso importante hacia el desenvolvimiento de técnicas de control automático de máquinas.

Las alteraciones producidas en las características hidrostáticas del casco al pasar de secciones rectas a

secciones hidrocónicas, son apreciables y permiten al proyectista realizar las modificaciones necesarias para mejorar el diseño final.

El método de las Cerchas Cúbicas con extremos fijos es muy adecuado para efectua de interpolación, sin embargo tiene sus limitacinnes cuando existen puntos de inflexión. Se recomienda por lo tanto establecer más estaciones intermedias, cuando se presente este problema.

Los ángulos empleados por el programa GENFORH (tomados de la tabla XIX) para el cálculo de las generatrices laterales, pi-leden variarae de acuerdo a las conveniencias si el usuario así lo considera.

A P E N D I C E S

P R O G R A M A

G E N F O R H

(GENERACION DE FORMAS HIDROCONICAS)

```

PROGRAMA PRINCIPAL (GENFORH)
,
'Declaración de Arreglos
,
'Para la Subrutina de Lectura de Datos
,
DIM CUBIERTA(20,3),CHINASUP(20,3),CHINAINF(20,3),ALEFRIZ(20,2)
,
'Para la Subrutina de Asignación de Cerchas Cúbicas
,
DIM CCO(20,2),CC1(20,2),CC2(20,2),CC3(20,2)
DIM CCHSUP0(20,2),CCHSUP1(20,2),CCHSUP2(20,2),CCHSUP3(20,2)
DIM CCHINFO(20,2),CCHINF1(20,2),CCHINF2(20,2),CCHINF3(20,2)
DIM CAO(20),CA1(20),CA2(20),CA3(20)
,
'Para la Subrutina de Cálculo de Cerchas Cúbicas
,
DIM P(20,3),A(20,2),B(20,2),C(20,2),D(20,2)
DIM L(20),U(20),Z(20,2)
,
'Para la Subrutina de Cálculo de Rulings del Fondo
,
DIM CS0(20,2),CS1(20,2),CS2(20,2),CS3(20,2),CS(20,2)
DIM CIO(20,2),CI1(20,2),CI2(20,2),CI3(20,2),CI(20)
DIM PUNTOS(550,2),EST(20,2),ESTACION(10,20)
,
'Para la Subrutina de Lagrange
,
DIM X(55),Y(55)
,
'Para la Subrutina de Ajuste de Curvas con Extremos Fijos
,
DIM AB(5,5)
,
'Definición de Funciones
,
DEF FNCS(X) = CS0(I,J)+CS1(I,J)*X+CS2(I,J)*(X^2)+CS3(I,J)*(X^3)
DEF FNCS1(X) = CS1(I,J)+2*CS2(I,J)*X+3*CS3(I,J)*(X^2)
DEF FNCI(X) = CIO(I,J)+CI1(I,J)*X+CI2(I,J)*(X^2)+CI3(I,J)*(X^3)
DEF FNCI1(X) = CI1(I,J)+2*CI2(I,J)*X+3*CI3(I,J)*(X^2)
DEF FNF(X) = A0 + A1*X + A2*X^2 + A3*X^3
DEF FNF1(X) = A1 + 2*A2*X + 3*A3*X^2
,
'Asignación de Constantes del Programa
,
PI = 3.1415927# : TAM = 50
NIT = 20 : E = .00001 : EPS = .0001
Y1ABPP = 165 : Y1ABPR1 = 25 : Y1ABPR2 = 180

```

GOSUB 700 * SUBROUTINA DE LECTURA DE DATOS

* Tangente de los Angulos en Radianes

```

Y1C  = TAN(Y1C*PI/180)
YNC  = TAN(YNC*PI/180)
Z1C  = TAN(Z1C*PI/180)
ZNC  = TAN(ZNC*PI/180)
Y1CHS = TAN(Y1CHS*PI/180) : Y1CHI = TAN(Y1CHI*PI/180)
YNCHS = TAN(YNCHS*PI/180) : YNCHI = TAN(YNCHI*PI/180)
Z1CHS = TAN(Z1CHS*PI/180) : Z1CHI = TAN(Z1CHI*PI/180)
ZNCHS = TAN(ZNCHS*PI/180) : ZNCHI = TAN(ZNCHI*PI/180)
Z1A  = TAN(Z1A*PI/180)
ZNA  = TAN(ZNA*PI/180)

```

```

GOSUB 1260                    * SUBROUTINA DE ASIGNACION DE CERCHAS
GOSUB 2940                    * SUBROUTINA RULINGS LATERALES
GOSUB 7480                    * SUBROUTINA RULINGS DEL FONDO
GOSUB 12300                   * SUBROUTINA IMPRESION
END

```

* SUBROUTINA DE LECTURA DE DATOS

BEEF

INPUT "¿CUAL ES EL NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS?"; ARCHDAT\$

WHILE ARCHDAT\$ = ""

 PRINT "NO SE PERMITEN NOMBRES NULOS"

 INPUT "¿CUAL ES EL NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS?"; ARCHDAT\$

WEND

OPEN " ", #1, ARCHDAT\$

INPUT #1, BARCO\$, NE, NLA, SE, SLA, CASO

INPUT #1, NPC, Y1C, YNC, Z1C, ZNC

FOR I = 0 TO NPC

 INPUT #1, CUBIERTA(I,1), CUBIERTA(I,2), CUBIERTA(I,3)

NEXT I

IF CASO = 1 THEN

 INPUT #1, NPCHS, Y1CHS, YNCHS, Z1CHS, ZNCHS

 FOR I = 0 TO NPCHS

 INPUT #1, CHINASUP(I,1), CHINASUP(I,2), CHINASUP(I,3)

 NEXT I

 NPCHI = NPCHS

 Y1CHI = Y1CHS : YNCHI = YNCHS

 Z1CHI = Z1CHS : ZNCHI = ZNCHS

 FOR I = 0 TO NPCHI

 CHINAINF(I,1) = CHINASUP(I,1)

 CHINAINF(I,2) = CHINASUP(I,2)

 CHINAINF(I,3) = CHINASUP(I,3)

 NEXT I

END IF

IF CASO = 2 THEN


```

INPUT #1, NPCHS, Y1CHS, YNCHS, Z1CHS, ZNCHS
FOR I = 0 TO NPCHS
  INPUT #1, CHINASUP(I,1), CHINASUP(I,2), CHINASUP(I,3), CHINAINF(I,2)
NEXT I
NPCHI = NPCHS
Y1CHI = Y1CHS : YNCHI = YNCHS : Z1CHI = Z1CHS : ZNCHI = ZNCHS
FOR I = 0 TO NPCHI
  CHINAINF(I,1) = CHINASUP(I,1)
  CHINAINF(I,3) = CHINASUP(I,3)
NEXT I
END IF
IF CASO = 3 THEN
  INPUT #1, NPCHS, Y1CHS, YNCHS, Z1CHS, ZNCHS
  FOR I = 0 TO NPCHS
    INPUT #1, CHINASUP(I,1), CHINASUP(I,2), CHINASUP(I,3)
  NEXT I
  INPUT #1, NPCHI, Y1CHI, YNCHI, Z1CHI, ZNCHI
  FOR I = 0 TO NPCHI
    CHINAINF(I,1), CHINAINF(I,2), CHINAINF(I,3)
  NEXT I
END IF
INPUT #1, NPA, Z1A, ZNA
FOR I = 0 TO NPA
  INPUT #1, ALEFRIZ(I,1), ALEFRIZ(I,2)
NEXT I
CLOSE #1
RETURN

* SUBROUTINA DE ASIGNACION DE CERCHAS

* Asignación para Cubierta(x,y,z)

CURVA$ = "CUBIERTA"
N = NFC
S = 3
Y1 = Y1C : YN = YNC
Z1 = Z1C : ZN = ZNC
FOR I = 0 TO N
  CUBIERTA(I,1) = CUBIERTA(I,1) * SE
NEXT I
FOR I = 0 TO N
  F(I,1) = CUBIERTA(I,1)
  F(I,2) = CUBIERTA(I,2)
  F(I,3) = CUBIERTA(I,3)
NEXT I
GOSUB 2210 'SUBROUTINA CERCHAS CUBICAS PRENSADAS
FOR I = 0 TO N
  FOR J = 1 TO S-1
    CCO(I,J) = A(I,J)
    CC1(I,J) = B(I,J)
  
```

```

        CC2(I,J) = C(I,J)
        CC3(I,J) = D(I,J)
    NEXT J
NEXT I

'Asignación para Chinas(x,y,z)

'Asignación para China Superior(x,y,z)

CURVA$ = "CHINASUP" : N = NPCHS : S = 3
Y1 = Y1CHS : YN = YNCHS : Z1 = Z1CHS : ZN = ZNCHS
FOR I = 0 TO N
    CI-INASUP(I,1) = CHINASUP(I,1) * SE
NEXT I
FOR I = 0 TO N
    P(I,1) = CHINASUP(I,1)
    P(I,2) = CHINASUP(I,2)
    P(I,3) = CHINASUP(I,3)
NEXT I
GOSUB 2210          'SUBROUTINA CERCHAS CUBICAS PRENSADAS
FOR I = 0 TO N
    FOR J = 1 TO S-1
        CCHSUP0(I,J) = A(I,J)
        CCHSUP1(I,J) = B(I,J)
        CCHSUP2(I,J) = C(I,J)
        CCHSUP3(I,J) = D(I,J)
    NEXT J
NEXT I

'Asignación para China Inferior(x,y,z)

CURVA$ = "CHINAINF" : N = NPCHI : S = 3
Y1 = Y1CHI : YN = YNCHI : Z1 = Z1CHI : ZN = ZNCHI
FOR I = 0 TO N
    CI-INRINF(I,1) = CHINRINF(I,1) * SE
NEXT I
FOR I = 0 TO N
    P(I,1) = CHINAINF(I,1)
    P(I,2) = CHINAINF(I,2)
    P(I,3) = CHINAINF(I,3)
NEXT I
GOSUB 2210          'SUBROUTINA CERCHAS CUBICAS PRENSADAS
FOR I = 0 TO N
    FOR J = 1 TO S-1
        CCHINFO(I,J) = A(I,J)
        CCHINF1(I,J) = B(I,J)
        CCHINF2(I,J) = C(I,J)
        CCHINF3(I,J) = D(I,J)
    NEXT J
NEXT I
NEXT I

```



```
'  
'Asignación para Alefriz(x,z)  
'
```

```
CURVA$ = "ALEFRIZ"
```

```
N = NPA
```

```
S = 2
```

```
Z1 = Z1A : ZN = ZNA
```

```
FOR I = 0 TO N
```

```
    ALEFRIZ(I,1) = ALEFRIZ(I,1) * SE
```

```
NEXT I
```

```
FOR I = 0 TO N
```

```
    P(I,1) = ALEFRIZ(I,1)
```

```
    P(I,2) = ALEFRIZ(I,2)
```

```
NEXT I
```

```
GDSUB 2210 'SUBROUTINA CERCHAS CUBICAS PRENSADAS
```

```
FOR I = 0 TO N
```

```
    CA0(I) = A(I,1)
```

```
    CA1(I) = B(I,1)
```

```
    CA2(I) = C(I,1)
```

```
    CA3(I) = D(I,1)
```

```
NEXT I
```

```
RETURN
```

```
'SUBROUTINA CERCHAS CUBICAS PRENSADAS
```

```
'Inicialización de Arreglos de Trabajo
```

```
FOR I = 0 TO N
```

```
    L(I) = 0 : U(I) = 0
```

```
    FOR J = 1 TO S-1
```

```
        Z(I,J) = 0
```

```
        A(I,J) = 0 : B(I,J) = 0
```

```
        C(I,J) = 0 : D(I,J) = 0
```

```
    NEXT J
```

```
NEXT I
```

```
'Cálculo de Coeficientes de la Cercha Cúbica Prensada
```

```
IF S= 3 THEN
```

```
    A(0,1) = (3 * (P(1,2) - P(0,2)) / (P(1,1) - P(0,1))) - 3 * Y1
```

```
    A(0,2) = (3 * (P(1,3) - P(0,3)) / (P(1,1) - P(0,1))) - 3 * Z1
```

```
    A(N,1) = 3*YN - (3*(P(N,2) - P(N-1,2)) / (P(N,1) - P(N-1,1)))
```

```
    A(N,2) = 3*ZN - (3*(P(N,3) - P(N-1,3)) / (P(N,1) - P(N-1,1)))
```

```
ELSE
```

```
    A(0,1) = (3*(P(1,2) - P(0,2)) / (P(1,1) - P(0,1))) - 3*Z1
```

```
    A(N,1) = 3*ZN - (3*(P(N,2) - P(N-1,2)) / (P(N,1) - P(N-1,1)))
```

```
END IF
```

```
FOR J = 1 TO S-1
```

```
    FOR I = 1 TO N-1
```

```
        A(I,J) = (3*(P(I+1,J+1))*P(I,1)-P(I-1,1))-P(I,J+1)*(P(I+1,1)-
```

```

                P(I-1,1))+P(I-1,J+1)*(P(I+1,1)-P(I,1)))/((P(I+1,1)-
                P(I,1))*(P(I,1)-P(I-1,1)))
    NEXT I
NEXT J
I = 0
L(I) = 2 * (P(I+1,1) - P(I,1))
U(I) = .5
FOR J = 1 TO S-1
    Z(I,J) = A(I,J)/L(I)
NEXT J
IF S = 3 THEN
    B(I,1) = Y1
    B(I,2) = Z1
ELSE
    B(I,1) = Z1
END IF
FOR I = 1 TO N-1
    L(I) = 2*(P(I+1,1)-P(I-1,1))-(P(I,1)-P(I-1,1))*U(I-1)
    U(I) = (P(I+1,1) - P(I,1)) / L(I)
    FOR J = 1 TO S-1
        Z(I,J) = (A(I,J)-((P(I,1)-P(I-1,1))*Z(I-1,J)))/L(I)
    NEXT J
NEXT I
I = N
L(I) = (P(I,1) - P(I-1,1)) * (2 - U(I-1))
FOR J = 1 TO S-1
    Z(I,J) = (A(I,J)-((P(I,1)-P(I-1,1))*Z(I-1,J)))/L(I)
    C(I,J) = Z(I,J)
NEXT J
FOR I = N-1 TO 0 STEP -1
    FOR J = 1 TO S-1
        C(I,J) = Z(I,J) - U(I) * C(I+1,J)
        B(I,J) = (P(I+1,J+1)-P(I,J+1))/(P(I+1,1)-P(I,1))-
                (P(I+1,1)-P(I,1))*(C(I+1,J)+2*C(I,J))/3
        D(I,J) = (C(I+1,J)-C(I,J))/(3*(P(I+1,1)-P(I,1)))
    NEXT J
NEXT I
,
' Cálculo de Coeficientes de la Ecuación Cúbica
,
FOR I = 0 TO N
    FOR J = 1 TO S-1
        A(I,J) = P(I,J+1)-B(I,J)*P(I,1)+C(I,J)*(P(I,1)^2)-
                D(I,J)*(P(I,1)^3)
        B(I,J) = B(I,J)-2*C(I,J)*P(I,1)+3*D(I,J)*(P(I,1)^2)
        C(I,J) = C(I,J) - 3 * D(I,J) * P(I,1)
        D(I,J) = D(I,J)
    NEXT J
NEXT I
RETURN

```

'SUBROUTINA RULINGS LATERALES

'Datos Generales

DIST = 20 : S = 3 : NU = NE+2 : R# = "L"
 DIV1 = 10 : DIV2 = 20 : NDIV = 4
 POSI = 0

'Inicialización de Arreglos

```
FOR I = 0 TO NPC
  L(I) = 0 : U(I) = 0
  FOR J = 1 TO S
    P(I,J) = 0
  NEXT J
  FOR K = 1 TO S-1
    Z(I,K) = 0
  NEXT K
NEXT I
FOR I = POSI TO (TAM*NE+1)
  PUNTOS(I,0) = 0
  PUNTOS(I,1) = 0
NEXT I
FOR I = 0 TO NE
  EST(I,0) = 0
  EST(I,1) = 0
NEXT I
```

'Asignación de arreglos de búsqueda

```
U(0) = CUBIERTA(0,1)
FOR I = 0 TO NE
  U(I+1) = I * SE
NEXT I
U(NU) = CUBIERTA(NPC,1)
L(0) = SLA
FOR I = 1 TO NLA-1
  L(I) = (I+1) * SLA
NEXT I
FOR I = 0 TO NFC
  P(I,1) = CUBIERTA(I,1)
NEXT I
FOR I = 0 TO NPCHS
  P(I,2) = CHINASUP(I,1)
NEXT I
FOR I = 0 TO NU
  P(I,3) = U(I)
NEXT I
```

'Almacenamiento inicial de Estaciones (CHINA SUPERIOR)

```

FOR K = 0 TO NE
  EST(K,0) = POSI : EST(K,1) = POSI
  X = K * SE : N = NPCHS : J = 2
  GOSUB 10230 'SLJBRUTINA POSICION
  IF FIND = 1 THEN
    I = POSIC
    PUNTOS(POSI,0) = CHINASUP(I,2)
    PUNTCJS(POSI,1) = CHINASUP(I,3)
  END IF
  POSI = POSI + TAM
NEXT K

```

'Asignación para el cálculo de Rulings par el Metodo de Pupa

B\$ = "PUPA" : NS = NPCHS : NI = NPC

```

FOR I = 0 TO NI
  CI(I) = CUBIERTA(I,1)
  FOR J = 1 TO S-1
    CIO(I,J) = CCO(I,J)
    CI1(I,J) = CC1(I,J)
    CI2(I,J) = CC2(I,J)
    CI3(I,J) = CC3(I,J)
  NEXT J
NEXT I
FOR I = 0 TO NS
  FOR J = 1 TO S-1
    CS(I,J) = CHINASUP(I,J)
    CS0(I,J) = CCHSUP0(I,J)
    CS1(I,J) = CCHSUP1(I,J)
    CS2(I,J) = CCHSUP2(I,J)
    CS3(I,J) = CCHSUP3(I,J)
  NEXT J
NEXT I

```

'Ciclo de Cálculo de Rulings Laterales para Y1ABPP

YIAB = Y1ABPP : ANG = Y1AB : Y1AB = TAN(Y1AB*PI/180)

'Posición Inicial de XP

```

EX = 1
X = U(EI)
N = NPC : J = 1
GOSUB 10230 'SUBROUTINA POSICION
IF FIND = 1 THEN TTO = POSIC

```

'Posición Final de XP

```

EF = NU\2
X = U(EF)
N = NPC : J = 1
GOSUB 10230 'SUBROUTINA POSICION
IF FIND = 1 THEN TTF = POSIC

GOSUB 4900 'SUBROUTINA CALCULO DE XP

'Asignación para el cálculo de Rulings por el Metodo de Froa
7
B# = "PROA" : NS = NPC : NI = NPCHS
'
FOR I = 0 TO NI
  CI(I) = CHINASUP(I,1)
  FOR J = 1 TO S-1
    CI0(I,J) = CCHSUP0(I,J)
    CI1(I,J) = CCHSUP1(I,J)
    CI2(I,J) = CCHSUP2(I,J)
    CI3(I,J) = CCHSUP3(I,J)
  NEXT J
NEXT I
FOR I = 0 TO NS
  FOR J = 1 TO S-1
    CS(I,J) = CUBIERTA(I,J)
    CS0(I,J) = CCO(I,J)
    CS1(I,J) = CC1(I,J)
    CS2(I,J) = CC2(I,J)
    CS3(I,J) = CC3(I,J)
  NEXT J
NEXT I

'Ciclo de Cálculo de Rulings Laterales para Y1ABPR1
Y1AB = Y1ABPR1 : ANG = Y1AB : Y1AB = TAN(Y1AB*PI/180)

'Posición Inicial de XP
7
EI = NU\2
X = U(EI)
N = NPCHS : J = 2
GOSUB 10230 'SUBROUTINA POSICION
IF FIND = 1 THEN TTO = POSIC

'Posición Final de XP

EF = NU - 3
X = U(EF)
N = NPCHS : J = 2
GOSUB 10230 'SUBROUTINA POSICION

```

```

IF FIND = 1 THEN TTF = POSIC
GOSUB 4900      'SUBROUTINA CALCULO DE XP
'Ciclo de Cálculo de Rulings Laterales para Y1ABPR2
Y1AB = Y1ABPR2 : ANG = Y1AB : Y1AB = TAN(Y1AB*PI/180)
'Posición Inicial de XP
EI = NU - 3
X = U(EI)
N = NPCHS : J = 2
GOSUB 10230    'SUBROUTINA POSICION
IF FIND = 1 THEN TFO = POSIC
'Posición Final de XP
,
EF = NU - 1
X = U(EF)
N = NPCHS : J = 2
GOSUB 10230    'SUBROUTINA POSICION
IF FIND = 1 THEN TTF = POSIC
,
GOSUB 4900      'SUBROUTINA CALCULO DE XP
,
'Almacenamiento final de Estaciones (CUBIERTA)
FOR K = 0 TO NE
  POSI = EST(K,1) : POSI = POSI + 1
  X = K * SE : N = NPC : J = 1
  GOSUB 10230  'SUBROUTINA POSICION
  IF FIND = 1 THEN
    I = POSIC
    PUNTOS(POSI,0) = CUBIERTA(I,2)
    PUNTOS(POSI,1) = CUBIERTA(I,3)
  END IF
  EST(K,1) = POSI
NEXT K
'Ordenamiento de Coordenadas de Rulings Laterales obtenidos
GOSUB 11210    'SUBROUTINA DE ORDENAMIENTO
'Interpolación Coordenadas de Estaciones para cada Línea de Agua
,
GOSUB 10960    'SUBROUTINA INTERPOLACION ESTACIONES
RETURN
'SUBROUTINA CALCULO DE XP

```



```

'
'Asignación iterativa de xp
FOR TT = TT0 TO TTF
  IF = TT
  DELTA = CI(TT) - CI(TT-1)
  IF DELTA < SE/2 THEN DIV = DIV1 ELSE DIV = DIV2
  DELTA = DELTA/DIV
  FOR T = 0 TO DIV-1
    XP = CI(TT) - T * DELTA
    IF T > 0 THEN IP = TT - 1
    GOSUB 5070 'SUBROUTINA CALCULO XP1
  NEXT T
NEXT TT
RETURN

```

```

'SUBROUTINA CALCULO DE XP1

```

```

'Valor y Posición de XA

```

```

XA = XP - SE
X = XA
IF B$ = "PROA" THEN
  N = NPC : J = 1
ELSE
  N = NPCHS : J = 2
END IF
GOSUB 10230 'SUBROUTINA POSICION
IF FIND = 1 THEN
  IA = POSIC
ELSE
  XA = CI(0)
  IA = 0
END IF

```

```

'Parámetros de la recta ap

```

```

I = IP
J = 1 : YP = FNCI(XP) : Y1AP = FNCI1(XP)
J = 2 : ZP = FNCI(XP) : Z1AP = FNCI1(XP)
YOAP = YP - Y1AP * XP
ZOAP = ZP - Z1AP * XP

```

```

'Parámetros de la recta ab

```

```

YA = YOAP + Y1AP * XA
ZA = ZOAP + Z1AP * XA
YOAB = YA - Y1AB * XA
BO = YOAB : B1 = Y1AB

```

'Inicialización de xb

XB = 0 : IB = 0

'Intersección xb entre cercha - recta

```
GOSUB 6180          'SUBROUTINA CERCHA-RECTA
IF CR$ = "NO" THEN RETURN
XB = X : XBO = XB : IE = I : I = IB
J = 1 : YE = FNCS(XB)
J = 2 : ZB = FNCS(XB)
Z1AB = (ZB - ZA)/(XBO - XA)
U = 0 : Z(U,2) = 0 : CC$ = ""
```

'Cálculo de la curva cilíndrica

'Valor y posición de xa

```
DELTITA = SE/NDIV
MAS$ = "SI"
WHILE MAS$ = "SI"
  XA = XA + DELTITA
  X = XA
  IF B$ = "PROA" THEN
    N = NPC : J = 1
  ELSE
    N = NPCHS : J = 2
  END IF
  GOSUB 10230          'SUBROUTINA POSICION
  IF FIND = 1 THEN IA = POSIC
```

'Parámetros de la recta ah

```
YA = YOAP + Y1AP * XA
ZA = ZOAP + Z1AP * XA
YOAB = YA - Y1AB * XA
ZOAB = ZA - Z1AB * XA
BO = YOAB
```

'Intersección xb entre cercha - recta

```
GOSUB 6180          'SUBROUTINA CERCHA-RECTA
IF CR$ = "NO" THEN RETURN
XB = X : IB = I : I = IB
J = 1 : YB = FNCS(XB)
J = 2 : ZCAB = FNCS(XB)
ZLAB = ZOAB + Z1AB * XB
DIFER = ZCAB - ZLAB
U = U + 1
IF U = 1 THEN
```



```

IF B$ = "PROA" THEN
  WHILE I <= (NS-1) AND SALIR$ = "F"
    XZ = CS(I+1,1)
    Y2 = CS(I+1,2)
    L2 = B0 + B1 * XZ
    IF (Y1 >= L1) AND (Y2 <= L2) THEN
      SALIR$ = "V"
    ELSE
      I = I + 1
      Xi = XZ
      Y1 = Y2
      L1 = L2
    END IF
  WEND
ELSE
  WHILE I <= (NS-1) AND SALIR$ = "F"
    X2 = CS(I+1,1)
    Y2 = CS(I+1,2)
    L2 = B0 + B1 * X2
    IF (Y1 <= L1) AND (Y2 >= L2) THEN
      SALIR$ = "V"
    ELSE
      I = I + 1
      X1 = X2
      Y1 = Y2
      L1 = L2
    END IF
  WEND
END IF
IF SALIR$ = "F" THEN
  CR$ = "NO"
  RETURN
END IF
D1 = Y1 - L1
D2 = L2 - Y2
IF D2 < D1 THEN
  X = XZ
  POSIC = I
ELSE
  X = Xi
  POSIC = I
  IF POSIC = IB THEN
    IF XB > X THEN
      X = XB
    END IF
  END IF
END IF
END IF

```

*Asignación de Coeficientes de Ecuación Cúbica



BIBLIOTECA

```

I = POSIC
AO = CS0(I, 1) - B0
A1 = CS1(I, 1) - B1
A2 = CS2(I, 1)
A3 = CS3(I, 1)
GOSUB 10510 'SUBROUTINA DE NEWTON RAPSON
RETURN

'SUBROUTINA BUSQUEDA DE XQ

'Selección de los puntos relevantes

IF N > 4 THEN
  Q0 = N-3
ELSE
  Q0 = 1
END IF
SUM = 1
FOR I = Q0 TO N
  X(SUM) = Z(I, 1)
  Y(SUM) = Z(I, 2)
SUM = SUM + 1
NEXT I
N = SUM-1

'Aproximación Inicial del Punto Q

X1 = X(N-1) : Y1 = Y(N-1) : X2 = X(N) : Y2 = Y(N)
IF ABS(Y1) < ABS(Y2) THEN
  XINT = X1
ELSE
  XINT = X2
END IF

'Algoritmo de Cálculo del Punto Q

FOR KK = 1 TO NIT
  GOSUB 10820 'SUERUTINA LAGRANGE
  FX = YOUT
  XINT = XINT + E
  GOSUB 10820 'SUBROUTINA LHGRANGE
  FEX = YOUT
  FDER = (FEX - FX)/E
  DELX = -FX/FDER
  IF (ABS(DELX) <= EPS) THEN 7220 ELSE XINT = XINT + DELX
NEXT KK
RETURN

'SUBROUTINA RULINGS DEL FONDO
```

```
'Datos generales
```

```
?
S = 3 : NU = NE + 2 : R$ = "F"
DIV1 = 1 : DIV2 = 2
FOSI = 0
```

```
'Inicialización de Arreglos
```

```
FOR I = 0 TO NPC
  L(I) = 0 : U(I) = 0
  FOR J = 1 TO S
    P(I,J) = 0
  NEXT J
NEXT I
FOR I = POSI TO (TAM*NE+1)
  PUNTOS(I,0) = 0
  PUNTOS(I,1) = 0
NEXT I
FOR I = 0 TO NE
  EST(I,0) = 0
  EST(I,1) = 0
NEXT I
```

```
'Asignación de arreglos de búsqueda
```

```
U(0) = CUBIERTA(0,1)
FOR I = 0 TO NE
  U(I+1) = I * SE
NEXT I
U(NU) = CUBIERTA(NPC,1)
L(0) = SLA
FOR I = 1 TO NLA-1
  L(I) = (I+1) * SLA
NEXT I
FOR I = 0 TO NPCHI
  P(I,1) = CHINAINF(I,1)
NEXT I
FOR I = 0 TO NPA
  P(I,2) = ALEFRIZ(I,1)
NEXT I
FOR I = 0 TO NU
  P(I,3) = U(I)
NEXT I
```

```
'Almacenamiento inicial de Estaciones (ALEFRIZ)
```

```
FOR K = 0 TO NE
  EST(K,0) = POSI : EST(K,1) = POSI
  X = K * SE : N = NPA : J = 2
  GOSUB 10230 'SUBROUTINA POSICION
```

```

      IF FIND = 1 THEN
        I = POSIC
        PUNTOS(POSI,0) = 0 % PUNTOS(POSI,1) = ALEFRIZ(I,2)
      END IF
      FOSI = POSI + TAM
    NEXT K

```

'Asignación para el Cálculo de Rulings; del Fondo

```
NS = NPA : NI = NPCHI
```

```

FOR I = 0 TO NI
  CI(I) = CHINAINF(I,1)
  FOR J = 1 TO S-1
    CIO(I,J) = CCHINFO(I,J)
    CI1(I,J) = CCHINF1(I,J)
    CI2(I,J) = CCHINF2(I,J)
    CI3(I,J) = CCHINF3(I,J)
  NEXT J
NEXT I

```

```

NEXT I
FOR I = 0 TO NS
  FOR J = 1 TO S-1
    CS(I,J) = ALEFRIZ(I,J)
    CS0(I,1) = CA0(I)
    CS1(I,1) = CA1(I)
    CS2(I,1) = CA2(I)
    CS3(I,1) = CA3(I)
  NEXT J
NEXT I

```

```

NEXT I
'
'Cicla de cálculo de rulings fundn

```

'Posicion inicial de XP

```

EI = 1
X = U(EI) : N = NPCHI : J = 1
GOSUB 10230 'SUBROUTINA POSICION
TTO = POSIC

```

'Posicion final de XP

```

EF = NU - 1
X = U(EF) : N = NPCHI : J = 1
GOSUB 10230 'SUBROUTINA POSICION
TTF = POSIC

```

'Asignación Iterativa de XP

```

FOR TT = TTO TO TTF
  DELTA = CI(TT+1) - CI(TT)

```

```

    IF DELTA < SE/2 THEN DIV = DIV1 ELSE DIV = DIV2
    DELTA = DELTA/DIV
    FOR T = 0 TO DIV-1.
        XP = CI(TT) + T * DELTA
        IF' = TT
        GOSUB 8860 'SUBRUTINA CALCULO XP1
    NEXT T
    IF' = TT + 1
NEXT TT

'Almacenamiento final de Estaciones (CHINAINF)

FOR K = 0 TO NE
    POSI = EST(K,1) : POSI = POSI + 1
    X = K * SE : N = NPCHI : J = 1
    GOSUB 10230 'SUBRUTINA POSICION
    IF FIND = 1 THEN
        I = POSIC
        PUNTOS(POSI,0) = CHINAINF(I,2)
        PUNTOS(POSI,1) = CHINAINF(I,3)
    END IF
    EST(K,1) = POSI
NEXT K
'

'Ordenamiento de Coordenadas de Rulings del Fondo obtenidos

GOSUB 11210 'SUBRUTINA DE ORDENAMIENTO

'Interpolación Coordenadas de Estaciones para cada Línea de Agua
'
GOSUB 10960 'SUBRUTINA INTERPOLACION PARA CADA ESTACION
RETURN

'SUBRUTINA CALCULO DE XP1
'
'Cálculo de parámetros de la recta que pasa por P

FIND = 0 : TCEROB = ""
I = IP
J = 1 : YP = FNCI(XP) : Y1PB = FNCI1(XP)
IF (ABS(Y1PB) <= EPS) THEN
    TCEROB$ = "S"
    RETURN
END IF
J = 2 : ZP = FNCI(XP) : Z1PB = FNCI1(XP)
YOPB = YP - Y1PB * XP
ZOPB = ZP - Z1PB * XP

'Cálculo de las Coordenadas del punto B

```



```

XE = -YOPB/Y1PB
ZB = ZOPB + Z1PB * XB

```

```

'Selección del Metodo mediante la evaluación de ZB

```

```

IF ZB <= 0 THEN
  MP = ZIPB
  GOSUB 9710          'SUBROUTINA TANGENTES PARALELAS
ELSE
  GOSUB 9360          'SUBROUTINA CERCHA-RECTA TANGENTE
END IF
IF SALIR$ = "F" THEN RETURN
XP1 = X : IP1 = ■

```

```

'Evaluación del Ruling obtenido

```

```

GOSUB 10070          'SUBROUTINA EVALUACION RULINGS
IF E$ = "NO" THEN
  RETURN
END IF

```

```

'Cálculo de Parametros del Ruling FP1

```

```

■ = IP1 : YF1 = 0
J = 1 : ZP1 = FNCS(XP1) : MP1 = FNCS1(XP1)
MBF1 = (ZB - ZP1)/(XB - XP1)
Y1FP1 = (YP1 - YP)/(XP1 - XP)
YOPP1 = YP - Y1FP1 * XP
Z1FP1 = (ZP1 - ZP)/(XP1 - XP)
ZOPP1 = ZP - Z1FP1 * XP
GOSUB 10660          'SUBROUTINA ESTACIONES GENERADAS
RETURN

```

```

'SUBROUTINA CERCHA-RECTA TANGENTE

```

```

'Búsqueda de una aproximación inicial para XP1

```

```

I = 0 : SALIR$ = "F"
X1 = CS(I,1) : Z1 = CS(I,2)
J = 1 : M1 = FNCS1(X1) : E1 = Z1 - M1 * X1
WHILE I <= NPA-1 AND SALIR$ = "F"
  X2 = CS(I+1,1) : Z2 = CS(I+1,2)
  J = 1 : MZ = FNCS1(X2) : B2 = Z2 - MZ * X2
  IF SGN(ZB - M1*XB - B1) <> SGN(ZB - MZ*XB - B2) THEN
    SALIR$ = "V"
    XP1 = X1
    XP11 = X2
    POSIC = ■
  ELSE
    I = I + 1
  END IF

```

```

        X1 = X2 : Z1 = Z2 : M1 = M2 : B1 = E2
    END IF
WEND
IF SALIR$ = "F" THEN RETURN
X = XP1 : I = POSIC

' Cálculo de Coeficientes de la Ecuación Cúbica
A0 = CS0(I,1) + (CS1(I,1) * XB) - ZE
A1 = 2 * CS2(I,1) * XB
A2 = 3 * CS3(I,1) * XB - CS2(I,1)
A3 = - 2 * CS3(I,1)
'
' Cálculo de XP1 por el Metodo de Newton-Raphson
GOSUB 10510 ' SUERUTINA NEWTON RAPSON
RETURN
'
' SUBROUTINA TANGENTES PARALELAS
'
' Búsqueda de una aproximación inicial para XP1
I = 0 : SALIR$ = "F"
X1 = CS(I,1)
J = 1 : M1 = FNCS1(X1)
WHILE (I <= NPA-1) AND SALIR$ = "F"
    X2 = CS(I+1,1)
    J = 1 : M2 = FNCS1(X2)
    IF (M1 >= M2) AND (M1 <= M2) THEN
        XP1 = X1
        XP11 = X2
        POSIC = I
        SALIR$ = "V"
    ELSE
        I = I + 1
        X1 = X2
        M1 = M2
    END IF
WEND
IF SALIR$ = "F" THEN RETURN
X = XP1 : I = POSIC

' Cálculo de Coeficientes de la Ecuación Cuadrática
A0 = CS1(I,1) - MP
A1 = 2 * CS2(I,1)
A2 = 3 * CS3(I,1)
A3 = 0
'
' Cálculo de XP1 mediante el Metodo de Newton Rapson

```

```
GOSUB 10510 'SUBROUTINA NEWTON RAFSON
RETURN
```

```
'SUBROUTINA EVALUACION DE RULINGS
```

```
E$ = ""
```

```
X = XP
```

```
N = NU
```

```
J = 3
```

```
GOSUB 10230 'SUBROUTINA POSICION
```

```
T1 = POSIC
```

```
X = XP1
```

```
N = NU
```

```
J = 3
```

```
GOSUB 10230 'SUBROUTINA POSICION
```

```
T2 = POSIC
```

```
IF T1 = T2 THEN E$ = "NO" ELSE E$ = "SI"
```

```
RETURN
```

```
'SUBROUTINA POSICION
```

```
FIND = 0
```

```
FIRST = 0
```

```
LAST = N
```

```
IF X < P(0,J) OR X > P(N,J) THEN FIND = 2
```

```
?
```

```
'Algoritmo de Búsqueda Binaria
```

```
,
```

```
WHILE (FIRST <= LAST) AND (FIND = 0)
```

```
  MEDIO = (FIRST + LAST)\2
```

```
  IF P(MEDIO,J) = X THEN
```

```
    FIND = 1
```

```
  ELSEIF P(MEDIO,J) < X THEN
```

```
    IF P(MEDIO+1,J) > X THEN
```

```
      FIND = 1
```

```
    ELSE
```

```
      FIRST = MEDIO + 1
```

```
    END IF
```

```
  ELSE
```

```
    LAST = MEDIO - 1
```

```
  END IF
```

```
WEND
```

```
IF FIND = 1 THEN
```

```
  POSIC = MEDIO
```

```
END IF
```

```
RETURN
```

```
'SUBROUTINA NEWTON RAPSON
```

```

FOR KK = 1 TO NIT
  FX = FNF(X)
  FDER = FNF1(X)
  DELX = - FX / FDER
  IF (ABS(DELX) <= EPS) THEN 10640 ELSE X = X + DELX
  IF R$ = "F" THEN
    IF X < XP1 OR X > XP11 THEN
      X = XP11
    END IF
  END IF
NEXT KK
RETURN

```

*SUBROUTINA ESTACIONES GENERADAS

```

FOR K = (T1+1) TO T2
  XE = U(K)
  YE = YOPP1 + Y1PP1 * XE
  ZE = ZOPP1 + Z1PP1 * XE
  IE = K - 1
  IF (EST(IE,1) - EST(IE,0)) = TAM THEN
    RETURN
  END IF
  POSI = EST(IE,1)
  PUNTOS(POSI+1,0) = YE : PUNTOS(POSI+1,1) = ZE
  EST(IE,1) = POSI + 1
NEXT K
RETURN

```

*SUBROUTINA DE LAGRANGE

```

YOUT = 0
FOR I = 1 TO N
  TERM = Y(I)
  FOR J = 1 TO N
    IF (I <> J) THEN
      TERM = TERM * (XINT - X(J)) / (X(I) - X(J))
    END IF
  NEXT J
  YOUT = YOUT + TERM
NEXT I
RETURN

```

*SUBROUTINA INTERPOLACION DE ESTACIONES PARA CADA LINEA DE AGUA

```

FOR H = 0 TO NE
  POSI = EST(H,0) : POSF = EST(H,1)
  SUM = 1
  FOR J = POSI TO POSF
    X(SUM) = PUNTOS(J,1) : Y(SUM) = PUNTOS(J,0)
  NEXT J
NEXT H

```

```

        SUM = SUM + 1
    NEXT J
    H = SUM - 1
    GOSUB 11460      'SUBROUTINA AJUSTE DE CURVAS
    FOR K = 0 TO NLA-1
        IF L(K) >= PUNTOS(POSI,1) AND L(K) <= PUNTOS(POSF,1) THEN
            X = L(K)
            ESTACION(K,H) = FNF(X)
            IF SL$ = "NO" THEN
                XINT = X
                GOSUB 101320      'SUBROUTINA LAGRANGE
                ESTACION(K,H) = YOUT
            END IF
        END IF
    NEXT K
NEXT H
RETURN

'SUBROUTINA DE ORDENAMIENTO POR BURBUJA
'
FOR K = 0 TO NE
    POSI = EST(K,0) : POSF = EST(K,1)
    FLAG = 1

    'Ordeamiento en forma ascendente

    WHILE FLAG = 1
        FLAG = 0
        FOR I = POSI TO POSF-1
            IF PUNTOS(I,0) > PUNTOS(I+1,0) THEN
                TEMPY = PUNTOS(I,0)
                TEMPZ = PUNTOS(I,1)
                PUNTOS(I,0) = PUNTOS(I+1,0)
                PUNTOS(I,1) = PUNTOS(I+1,1)
                PUNTOS(I+1,0) = TEMPY
                PUNTOS(I+1,1) = TEMPZ
                FLAG = 1
            END IF
        NEXT I
    WEND
NEXT K
RETURN

'SUBROUTINA AJUSTE DE CURVAS

NEC = 4 : NCOL = 5

'Inicialización de Coeficientes y Sumatorias
A0 = 0 : A1 = 0 : A2 = 0 : A3 = 0

```

```

X1 = X(1) : X2 = X(N) : Y1 = Y(1) : Y2 = Y(N)
SX = 0 : SY = 0 : SX2 = 0 : SX3 = 0 : SX4 = 0 : SXY = 0
,
' Cálculo de Sumatorias
,
FOR I = 1 TO N
  SX = SX + X(I)
  SY = SY + Y(I)
  SX2 = SX2 + (X(I)^2)
  SX3 = SX3 + (X(I)^3)
  SX4 = SX4 + (X(I)^4)
  SXY = SXY + X(I)*Y(I)
NEXT I
,
' Asignación de los elementos de la Matriz Aumentada
,
AB(1,1) = 1 : AB(2,1) = 1 : AB(3,1) = N : AB(4,1) = SX
AB(1,2) = X1 : AB(2,2) = X2 : AB(3,2) = SX : AB(4,2) = SX2
AB(1,3) = X1^2 : AB(2,3) = X2^2 : AB(3,3) = SX2 : AB(4,3) = SX3
AB(1,4) = X1^3 : AB(2,4) = X2^3 : AB(3,4) = SX3 : AB(4,4) = SX4
AB(1,5) = Y1 : AB(2,5) = Y2 : AB(3,5) = SY : AB(4,5) = SXY
,
' Resolución del Sistema de Ecuaciones Lineales de Tercer Orden
,
GOSUB 11800      ' SUBROUTINA SISTEMAS LINEALES
RETURN
,
' SUBROUTINA SISTEMAS LINEALES
,
SL$ = ""
NM1 = NEC - 1
FOR I = 1 TO NM1
  IPVT = I
  IP1 = I + 1
  FOR J = IP1 TO NEC
    IF (ABS(AB(IPVT,I)) < ABS(AB(J,I))) THEN IPVT = J
  NEXT J
  IF ((ABS(AB(IPVT,I)) < .00001)) THEN
    SL$ = "NO"
    RETURN
  END IF
  IF (IPVT >> I) THEN
    FOR JCOL = I TO NCOL
      TAVE = AB(I,JCOL)
      AB(I,JCOL) = AB(IPVT,JCOL)
      AB(IPVT,JCOL) = TAVE
    NEXT JCOL
  END IF
  FOR JROW = IP1 TO NEC
    IF (AB(JROW,I) >> 0) THEN

```

```

        RATIO = AB(JROW,I)/AB(I,I)
        FOR KCOL = IP1 TO NCOL
            AB(JROW,KCOL) = AB(JROW,KCOL) - RATIO*AB(I,KCOL)
        NEXT KCOL
    END IF
NEXT JROW
NEXT I
IF (ABS(AB(NEC,NEC))) < .00001) THEN
    SL$ = "NO"
    RETURN
END IF
NP1 = NEC + 1
FOR KCOL = NP1 TO NCOL
    AB(NEC,KCOL) = AB(NEC,KCOL)/AB(NEC,NEC)
    FOR J = 2 TO NEC
        NVBL = NP1 - J
        L = NVBL + 1
        VALUE = AB(NVBL,KCOL)
        FOR K = L TO NEC
            VALUE = VALUE - AB(NVBL,K) * AB(K,KCOL)
        NEXT K
        AB(NVBL,KCOL) = VALUE/AB(NVBL,NVBL)
    NEXT J
NEXT KCOL
AO = AB(1,NCOL) : A1 = AB(2,NCOL)
A2 = AB(3,NCOL) : A3 = AB(4,NCOL)
RETURN
'
' SUBROUTINA DE IMPRESION
'
' Impresión de Datos
'
LPR INT "NOMBRE DEL BARCO" ; BARCO$
LPR INT
LPR INT "NUMERO DE ESTACIONES" ; NE
LPR INT "NUMERO DE LINEAS DE AGUA" ; NLA
LPR INT
LPR INT "ESPACIO ENTRE ESTACIONES" ; SE
LPR INT "ESPACIO ENTRE LINEAS DE AGUA" ; SLA
LPR INT
LPR INT
LPR INT
LPR INT CHR$(14); " CURVAS DE CONTORNO "
LPR INT
LPR INT CHR$(27); "E"
LPR INT " C U B I E R T A "
LPR INT CHR$(27); "F"
LPR INT " INCLINACION-POPA" ; INCLINAC ; ON-PROA"
LPR INT
LPR INT " Y1 = ";

```

```

LPRINT USING "####.###";Y1C;
LPRINT SPC(11)
LPRINT "  YN = ".
LPRINT USING "####.###";YNC
LPRINT "  Z1 = ".
LPRINT USING "####.###";Z1C;
LPRINT SPC(11)
LPRINT "  ZN = ";
LPRINT USING "####.###";ZNC
LPRINT
LPRINT "  I      ESTAC      X      Y      Z  "
LPRINT
FOR I = 0 TO NPC
  LPRINT USING "###"; I;
  LPRINT SPC(4)
  LPRINT USING "###.###";CUBIERTA(I,1)/SE;
  LPRINT SPC(4)
  FOR J = 1 TO 3
    LPRINT USING "###.###";CUBIERTA(I,3);
    LPRINT SPC(4)
  NEXT J
  LPRINT
NEXT I
IF CASO = 1 THEN
  LPRINT
  I-PRINT CHR$(27);"E"
  LPRINT "          C H      N A "
  LPRINT CHR$(27);"F"
  LPRINT "  NCL NACION-POPA          NCL NAC UN-PROA"
  LPRINT
  LPRINT "  Y1 = ".
  LPRINT USING "####.###";Y1CHS;
  LPRINT SPC(11)
  LPRINT "  YN = ".
  LPRINT USING "####.###";YNCHS
  LPRINT "  Z1 = ";
  LPRINT USING "####.###";Z1CHS;
  LPRINT SPC(11)
  LPRINT "  ZN = ";
  LPRINT USING "####.###";ZNCHS
  LPRINT
  LPRINT "  I      ESTAC      X      Y      Z  "
  LPRINT
  FOR I = 0 TO NPCHS
    LPRINT USING "###"; I;
    LPRINT SPC(4)
    LPRINT USING "###.###";CHINASUP(I,1)/SE;
    LPRINT SPC(4)
    FOR J = 1 TO 3
      LPRINT USING "###.###";CHINASUP(I,J);

```



```

        LPRINT SPC(4)
    NEXT J
    LPRINT
NEXT I
ELSE
IF CASO = 2 THEN
    LPRINT
    LPRINT CHR$(27);"E"
    LPRINT " C H 1 N A           E X T E R I O R "
    LPRINT CHR$(27);"F"
ELSE
    LPRINT
    LPRINT CHR$(27);"E"
    LPRINT " C H I N A           S U P E R I O R "
    LPRINT CHR$(27);"F"
END IF
LPRINT " INCLINACION-POPA                INCLINACION-PROA"
LPRINT
LPRINT " Y1 = "
LPRINT USING "####.###";Y1CHS:
LPRINT SPC(13)
LPRINT " YN = "
LPRINT USING "####.###";YNCHS
LPRINT " Z1 = "
LPRINT USING "####.###";Z1CHS;
LPRINT SPC(13)
LPRINT " ZN = "
LPRINT USING "####.###";ZNCHS
LPRINT
LPRINT " I           ESTAC           X           Y           Z "
LPRINT
FOR I = 0 TO NPCHS
    LPRINT USING "###"; I:
    LPRINT SPC(4)
    LPRINT USING "###.###";CHINRSUF(I,1)/SE;
    LPRINT SPC(4)
    FOR J = 1 TO 3
        LPRINT USING "###.###";CHINASUP(I,J);
        LPRINT SPC(4)
    NEXT J
    LPRINT
NEXT I
IF CASO = 2 THEN
    LPRINT
    LPRINT CHR$(27);"E"
    LPRINT " C H I N A           I N T E R I O R "
    LPRINT CHR$(27);"F"
    LPRINT " INCLINACION-POPA                INCLINACION-PROA"
    LPRINT
ELSE

```

```

LPRINT
LPR NT CHR$(27); "E"
LPRINT " C H   N A           I N F E R   O R "
LPRINT CHR$(27); "F"
END IF
LPRINT " Y1 = ";
LFRINT USING "####.###"; Y1CHI;
LPRINT SPC(13)
LPRINT " YN = ";
LPRINT USING "####.###"; YNCHI
LPRXNT " Z1 = ";
LPRINT USING "####.###"; Z1CHI;
LFRINT SPC(13)
LPRINT " ZN = ";
LPRINT USING "####.###"; ZNCHI
LPR NT
I-PRINT "   ESTAC           X           Y           Z "
LFR NT
FOR I = 0 TO NPCHI
  LPRINT USING "###"; I;
  LFRINT SPC(4)
  LPRINT USING "###.###"; CHINAINF(I,1)/SE;
  LPRINT SPC(4)
  FOR J = 1 TO 3
    LPRINT USING "###.###"; CHINAINF(I,J);
    LPR NT SPC(4)
  NEXT J
LPR NT
NEXT I
END IF
LPRINT
LPRINT CHR$(27); "E"
LPRINT "   A L E F R I Z "
LPRINT CHR$(27); "F"
LFRINT "INCLINACION-POPA   INCLINACION-PROA"
LPRINT
LPRINT "Z1 = ";
LPRINT USING "####.###"; Z1A;
LPRINT SPC(6)
LPRINT "ZN = ";
LPRINT USING "####.###"; ZNA
LPRINT
LPRINT "   ESTAC           X           Z "
LFR NT
FOR I = 0 TO NPR
  LFRINT USING "###"; I;
  LPR NT SPC(4)
  LFRINT USING "###.###"; ALEFRIZ(I,1)/SE;
  LFR NT SPC(4)
  FOR J = 1 TO 2

```

```

      LPR INT US ING "###.###";ALEFR Z( L,J) ;
      LPRINT SPC(4)
    NEXT J
  LPR INT
NEXT I

```

Impresión de Resultados

```

LPR INT
LPRINT CHR$(14);"      ESTACIONES  HIDROCONICAS  "
LPRINT CHR$(27);"E"
I-PRINT "      S      E      M      I      M      A      N      G      A      S      "
LPRINT CHR$(27);"F"
LPRINT "L.A"      E-0      E-1      E-2      E-3      E-4"
LPR INT
FOR K = 0 TO NLA-1
  LPRINT US ING "###.###";L(K);
  LPRINT SPC(3)
  FOR i = 0 TO NE/2-1
    IF ESTACION(K,H) = 0 THEN
      LPRINT SPC(11)
    ELSE
      LPRINT USING "##.#####";ESTACION(K,H);
      LPRINT SPC(3)
    END IF
  NEXT H
  LPR INT
NEXT K
LPRINT
LPRINT'
LPR INT "L.A.      E-5      E-6      E-7      E-8      E-9      E-10"
LPRINT
FOR K = 0 TO NLA-1
  LPRINT USING "###.###";L(K);
  LPRINT SPC(3)
  FOR H = NE/2 TO NE
    IF ESTACION(K,H) = 0 THEN
      LPRINT SPC(11)
    ELSE
      LPR INT USING "##.#####";ESTACION(K,H);
      LPRINT SPC(3)
    END IF
  NEXT ti
  LPR INT
NEXT K
RETURN

```

BIBLIOGRAFIA

1. BUCZKOWSKI, L. Mathematical Construction, Aproximation, and Design of the Ship Body Form. Journal of Ship Research, Vol 13, Nn 3, septiembre 1969.
2. BURDEN, R. & FAIREB, J. Análisis Numérico, Grupo Editorial Iberoamrica, Mjico, 1985.
3. CAPARROS, J. Nuevas Técnicas Constructivas para Buques menores de 50 metros de Eslora, Ingenieria Naval, No. 619, Madrid, enero 1987, pp. 19-24.
4. CARVALHEIRO, P. & SCIEDLARCZYK, A. Descricao Matemática da Superficie do Casco: resultados preliminares, Ilvo. Congreso Nacional de Transportes Marítimos e Construcao Naval, Vol III, Ria de Janeiro, 1886, pp. 1-6.
5. CURTIS, F. G. Applied Numerical Analysis, Second Edition, mayo 1980.

6. DOMINGUEZ, J. Creación Iterativa de Series para el Diseño de Pesqueros, Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, ESPOL 1982.
7. DURAND, L., MEINHOLD, M., YOUNGER, CH., PARSONS, M. Computer - Aided Hull Definition Program (CAHDP) - User's Manual, No. 281, Department of Naval Architecture
8. FERRIS, L. A Standard Series of Developable Surfaces, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Paper No. 9, Presented at Montreal Spring Meeting, julio 1967
9. FULLER, A., AUGHEY, M., BILLINGSLEY, D. Computer - Aided Ship Hull Definition at the Naval Ship Engineering Center, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Paper to be presented at SCAHD' 77. Computer - Aided Hull Definition Symposium, septiembre 1977.
10. GALLETI, R. Proyecto de forma de Casco de Embarcaciones asistido por Computador: Sistemas e Aplicaciones CAD/CAM, 11va. Congreso Nacional de

Transportes Marítimos e Construcao Naval, Vol III, Rio de Janeiro, 1986. pp 71-90.

11. KERWIN, J. E. Polynomial Surface Representation of Arbitrary Ship Forms, Journal of Ship Research, Vol. 4 No. 1, 1960.
12. KILGORE, U. Developable Hull Surfaces, Fishing Boats of the World: 3, 1967, pp. 425-431.
13. KOFFMAN, E. B. & FRIEDMAN, F. L. Basic: Introducción al Lenguaje y Resolución de Problemas con Programación Estructurada, Méjico, 1987.
14. KUIPER, G. Preliminary Design of Ship Lines by Mathematical Methods, Journal of ship Research, marzo 1970.
15. KUO, CH. Computer Methods for Ship Surface Design, Longman, Gran Bretaña, 1971
16. LORD, L. Naval Architecture of Planning Hulls, Maryland, 1363, pp. 63 -- 91.

17. NOLAN, T. J. Computer - Aided Design of Developable Hull Surfaces, The Department of Naval Architecture and Marine Engineering. No. 081, Michigan, julio 1970.
18. NOWACKI, H. Computer Aided Ship Design, Department of Naval Architecture and Marine Engineering, University of Michigan, enero-ahril 1969, revisado en diciembre 1970, pp. 1 - 65.
19. REED, A. & NOWRCKI, A. Automatic Creation of Fair Ship Lines, The University of Michigan, Report No. 111, julia 1972.
20. ROGERS, D. F. & ADAMS, J. A. Mathematical Elements for Computer Graphics, McGraw - Hill., New York, 1976. pp 89-156.
21. SANGLARD, J. H. Representacao Matemática de Linhas e Superficies do casco do navio, Conrdenacao dos programas de posgraduacao de enyenharia, Ria de Janeiro, 1981.
22. SANGLARD, J. H. Representacao Matemática da Forma do

Casco do Navio, Tesis de Grado, Rio de Janeiro, RJ -
Brasi1, febrero 1983.

23. SEGADE, B. R. Resolución Matemática de Líneas de Carena Desarrollables y su normalización, VII Congreso Panamericano de Ingeniería Naval, Transporte Marítimo e Ingeniería Portuaria, Chile, octubre 1981.
24. THEXLHEIMER, F. & STAREWEATHER, W. The fairing of Ship Lines on a High-speed Electronic Computer, Department of the Navy David Taylor model basin, Report 1474, enero 1961.
25. VANI, P. Programación de Ordenadores: Ideas para un proyecto docente, Ingeniería Naval, No. 632, Madrid, febrero 1988, pp 136-160.
26. VANI, A. Programación Estructurada, Ingeniería Naval, No. 635. Madrid, mayo 1988. pp 265-289.
27. VILLORIA, V. Sobre las superficies Regladas y el Desarrollo de las Superficies Desarrollables, Ingeniería Naval, No. 619, Madrid. enero 1987. pp 14-24.