UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

"DISEÑO PRELIMINAR DEL VELERO CRUCERO UNI, DE 15.3 M. DE ESLORA Y CON APAREJOS KECHE"

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO NAVAL

DENNYS DUNKER DE LA TORRE CORTEZ

PROMOCIÓN 2003-I

LIMA PERÚ

2005

CONTENIDO

PRÓLOGO 1

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN 4

1.1 Objetivo. 4

1.2 Metodología 5

1.3 Alcances 6

CAPÍTULO 2. DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES 7

2.1 Lenguaje del Arquitecto Naval. 7

2.1.1 Eslora Total (*length overall* LOA) 7

2.1.2 Eslora de flotación de carga (LWL) 7

2.1.3 Manga (Beam B) 8

2.1.4 Manga WL (BWL) 8

2.1.5 Desplazamiento (Δ) 8

2.1.6 Centro de Carena (*Center of Buoyancy* CB) 8

2.1.7 Centro de flotación (CF) 8

2.1.8 Superficie Mojada (*Wetted Surface* WS) 9

2.1.9 Coeficiente Prismático (Cp) 9

2.1.10 Centro del Plano Lateral. (CLP) 9

2.1.11 Centro de presiones (*Center of Effort* CE) 9

2.1.12 Ángulo de astilla muerta (*deadrise angle*) 10

2.1.13 Relación Desplazamiento/Eslora 10

2.1.14 Relación de Confort 10

2.2 Proporciones del Casco 11

2.3 Velocidad Relativa 14

2.3.1 Velocidad máxima del casco 15

2.4 Rangos y valores de las dimensiones del casco 16

CAPÍTULO 3. FORMA DEL CASCO 17

3.1 Tipos de casco 17

3.1.1 Casco de fondo plano 17

3.1.2 Casco de fondo arco 18

3.1.3 Casco de fondo V o con astilla muerta 18

3.1.4 Casco de pantoque con radio 19

3.1.5 Casco de fondo redondo 21

3.2 Interpretación de las líneas de dibujo 22

3.2.1 Manga 22

3.2.2 Francobordo 24

3.2.3 Vista de planta 26

3.3 Determinación del Coeficiente prismático 28

3.4 Esquema preliminar de las líneas de forma 31

CAPÍTULO 4. DETERMINACIÓN DE LAS LÍNEAS DE FORMA **34**

4.1 Modelamiento del casco en tres dimensiones 34

4.2 Desarrollo completo de las líneas de forma 36

4.3 Curvas Hidrostáticas y su cuadro de valores 38

CAPÍTULO 5. DETERMINACIÓN DE QUILLA Y TIMÓN COMO APÉNDICES **39**

5.1 Plano Lateral del velero 39

5.1.1 Quillas llenas 39

5.1.2 Centerboarders 41

5.1.3 Quillas tipo aleta (*Fin Keels*) 41

5.2 Variaciones de timones. 43

5.3 Dimensiones y características del fin keel y pala de timón 45

5.4 Selección de los perfiles NACA para timón y quilla. 49

CAPÍTULO 6. PLANO VÉLICO **53**

6.1 Tipos de Aparejos. 53

6.1.1 Aparejo "Gaff" 53

6.1.2 Aparejo Bermuda 54

6.2 Variaciones de los Aparejos 55

6.2.1 El "Catboat" 55

6.2.2 El "Sloop" y "Cutter" 55

6.2.3 El "Yawl" 56

6.2.4 El "Ketch" 56

6.2.5 El "Schooner" 56

6.3 Cálculo de las características y dimensiones del Plan Vélico. 59

6.4 Fuerzas sobre un velero. 64

6.5 Relación entre aparejos y casco. 65

6.5.1 Cálculo del CLR. 66

6.5.2 Cálculo del CE 66

6.6 Plano vélico. 67

CAPÍTULO 7. DISPOSICIÓN GENERAL Y ACOMODACIÓN INTERNA 71

7.1 Disposición general. 71

7.2 Acomodaciones Internas. Vista de planta. 72

7.3 Plano de cubierta. 73

CAPÍTULO 8. CÁLCULO ESTRUCTURAL EN FRP. SISTEMA SANDWICH. 74

8.1 Esquemas de cálculo del escantillonado 74

8.2 Escantillonamiento de un panel en fondo y en proa 75

8.3 Escantillonamiento de un mamparo estanco en proa 80

8.4 Escantillonamiento de un longitudinal de costado 82

CAPÍTULO 9. POTENCIA AUXILIAR **84**

9.1 Selección de la potencia instalada 84

9.2 Propulsión de yate a vela 86

9.3 Criterios para seleccionar la hélice. 89

CAPÍTULO 10. ESTABILIDAD **92**

10.1 Estabilidad Estática 92

10.2 Estabilidad Dinámica. 99

10.2.1 Altura Metacéntrica (GM) 99

10.2.2 Momento de Inercia y Desplazamiento 99

10.2.3 Área bajo la curva de estabilidad 100

10.2.4 Índice de estabilidad 101

10.2.4.1 FDS ("Dynamic stability factor") 102

10.2.4.2 FIR ("Inversion recovery factor") 102

10.2.4.3 FKR ("Knockdown recovery factor") 103

10.2.4.4 FDL ("Displacement-length factor") 103

10.2.4.5 FBD ("Beam-Displacement Factor") 104

10.2.4.6 FWM ("Wind Moment Factor") 105

10.2.4.7 FDF ("Downflooding Factor") 105

10.3 Cálculos y resultados del análisis dinámico 106

CAPÍTULO 11. ESTUDIO DE ASPECTOS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS **110**

11.1 Inversión. 110

11.1.1 Inversión fija tangible 111

11.1.2 Inversión fija intangible 113

11.1.3 Capital de trabajo 114

CONCLUSIONES 115

RECOMENDACIONES 119

BIBLIOGRAFÍA 120

ANEXO

Planos: Líneas de forma

Disposición general

Curvas Hidrostáticas

Curvas cruzadas

Balance, quilla, pala de timón y lastre

Acomodaciones y cubierta

PRÓLOGO

Se presenta en este trabajo, el análisis, resultados y conclusiones del diseño preliminar de la Embarcación a Vela Insignia de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA de 15.3 m de Eslora, con aparejos Keche, con una quilla tipo aleta y construido con un sistema sándwich cuyo corazón será de espuma PVC y cubierto por ambos lados por capas de plástico reforzado con fibra de vidrio.

El primer capítulo contempla la introducción a la presente Tesis Profesional, donde se formulan los objetivos, metodología y alcances de estudio. Así mismo, en el segundo capítulo se determina las dimensiones principales iniciales, coeficientes de diseño, desplazamiento, etc. basándose en proporciones obtenidas de una gran base de datos de veleros construidos en todo el mundo. La eslora de flotación se determina aproximadamente gracias al estudio del grado de velocidad para un casco de desplazamiento. Al final del capítulo se presenta la tabla de resultados preliminares que posteriormente son utilizados para darle forma al casco.

En el tercer capítulo se determina principalmente la forma de la sección maestra de la embarcación, para ello determinamos en primera instancia la forma del fondo del casco, decidimos también el tipo de casco con doble codillo. Además, se explica el criterio utilizado para aproximarnos a la manga y al francobordo de la nave, los cuales son muy importantes tanto en la estabilidad y en la seguridad del navío. Así mismo, se determina la forma de las líneas de agua, el ángulo medio de entrada, el ángulo medio de salida, etc. Por último, determinamos el coeficiente prismático que

está en función del Nº de Froude y la posición longitudinal del centro de carena. Al término, se obtiene un esquema preliminar de las secciones y líneas de diseño.

A continuación, en el cuarto capítulo, determinamos finalmente las líneas de forma del casco y cubierta; para conseguirlo, utilizamos software de modelamiento de sólidos en conjunto con un software CAD. Esta unión nos permite alisar completamente la forma del casco, ahorrándonos tiempo y salud, comparado si lo hiciéramos de la forma tradicional.

La forma del plano lateral del velero la determinamos en el capítulo quinto. Esto comprende la selección del tipo de quilla y timón que llevará la nave. Así mismo, se determina la forma, dimensiones y características de estos apéndices. Por último y no menos importante, se define la sección transversal de los apéndices, en base a los perfiles NACA.

El velamen la calculamos en el capítulo sexto. Primero se ha seleccionado el tipo de vela, el aparejo que tendrá la nave sobrecubierta (Yola, Keche, Goleta, etc.). Posteriormente, se ha calculado las características y dimensiones de las velas, su distribución, el aparejo, utilizando la estadística como base. Para asegurar un buen balance de la embarcación, se ha analizado las fuerzas existentes sobre el Velero UNI, la relación existente entre aparejos y casco, se ha calculado los centros de presión del conjunto de velas y del plano lateral sumergido.

En el capítulo séptimo se presenta la disposición general, la vista de planta de las acomodaciones internas y la vista de cubierta, tomando en cuenta un diseño arquitectónico moderno, funcional y estético.

Los cálculos estructurales son realizados en el capítulo octavo. Se ha calculado la estructura general del barco y de acuerdo a ello se ha escantillonado un panel

representativo del fondo del casco en proa, un longitudinal de costado y un mamparo estanco de proa. Se ha utilizado en los cálculos, las Reglas de Clasificación Estándares de la ISO Europea.

Se ha realizado una aproximación de la potencia auxiliar necesaria para el Velero UNI, mediante fórmulas obtenidas de la estadística acumulada a lo largo de los años. También, se presenta en el capítulo 9, los criterios necesarios para poder seleccionar la hélice apropiada y que no represente un incremento significativo en la resistencia al avance.

En el décimo capítulo se analiza la estabilidad estática, dinámica y las características marineras del Velero UNI. Este es un capítulo trascendental en la que se define la categoría oceánica para el Velero UNI.

Para finalizar, en el capítulo once tenemos un estudio de aspectos económicos y financieros.

Quiero agradecer a la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, por haberme dado el honor y privilegio de diseñar su Velero Insignia, encargo que he tratado de cumplir en todo momento, con mucha responsabilidad y profesionalismo.

Además, quiero expresar mi gratitud a todos los profesionales que me han asesorado y apoyado tanto en mis estudios universitarios como en la elaboración de la presente Tesis Profesional. En particular, quisiera agradecer a los siguientes profesionales (en orden alfabético): Ing. Víctor ACOSTA PASTOR, Ing. Oscar BERNABÉ SÁNCHEZ, Dr. Luis LASTRA ESPINOZA, Dr. Víctor OBREGÓN PIZARRO, Ing. Miguel RODRÍGUEZ, Dr. Alexander SUSLOV.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

En todas las Universidades del mundo que cuenta con la especialidad de ingeniería naval, que posea embarcaciones, es una tradición que la primera embarcación sea propulsada a vela y sirve como crucero oceánico a sus estudiantes y especialistas en investigación ambiental, oceanográfica y oceánica, así también, como medio de intercambio cultural con otras naciones y escenario de actividades protocolares, etc.

Los requerimientos iniciales dados por la Dirección Profesional de Ingeniería Naval, fueron los siguientes:

Eslora Total promedio: 15 m.

Propulsión: a vela.

Categoría: crucero oceánico.

Tripulación: 10 personas.

Autonomía: 10 días navegando con agua dulce embarcada.

Acomodaciones: arquitectura innovadora, moderna y con un salón destinado a actividades protocolares.

1.1 Objetivo

El propósito de este trabajo es realizar el diseño preliminar de la Embarcación Insignia de la Universidad Nacional de Ingeniería. De acuerdo a los requerimientos iniciales, muchas características y condiciones son definidas como consecuencia, por

ejemplo, la condición de categoría crucero oceánico, nos lleva a elegir un casco de desplazamiento, la cual puede cargar más consumibles y comestibles que los cascos de semi-desplazamiento, que tiene otras aplicaciones. Los cascos de desplazamiento son más estables y seguros, por lo que se usan en travesías en altamar, soportando las inclemencias del tiempo. Así mismo, la eslora de la embarcación, en conjunto con el casco de desplazamiento nos determina la velocidad máxima y la de crucero de la nave, los cuales son 8.9 nudos y 8.2 nudos respectivamente.

La propulsión principal de la embarcación es a vela con su apropiado aparejo, y por supuesto, llevará una propulsión auxiliar compuesta de un motor diesel a bordo, una línea de ejes y hélice. Para poder conseguir una buena capacidad de aceleración de la nave, se ha determinado disminuir masa del casco, construyéndolo con materiales compuestos en un sistema sándwich, asegurando alta resistencia y con menor masa.

1.2 Metodología

El diseño de yates es un proceso iterativo de "ensayo y error" donde el resultado final tiene que satisfacer ciertos requerimientos, especificados de antemano. Para alcanzar esto, el diseñador tiene que empezar con algunas suposiciones y trabajar así a lo largo del diseño para ver si al final satisface los requerimientos. Generalmente, no se da el caso en la primera iteración, entonces tenemos que cambiar algunas suposiciones y repetir el proceso, normalmente muchas veces. La secuencia de las operaciones es frecuentemente referida a una espiral, donde el diseñador corre a través de todos los pasos de diseño y luego retorna al punto inicial, donde una nueva vuelta comienza. Después de varios giros, el proceso podría haber producido el

resultado deseado. Once diferentes operaciones pueden ser identificadas: actualización de los datos para la próxima iteración, diseño de casco y cubierta, diseño de quilla y timón, diseño de velas y aparejos, disposición general, propulsor y motor, escantillonamiento de casco y cubierta, dimensiones de los aparejos, cálculo de peso, hidrostática y estabilidad, evaluación y empezamos de nuevo con la actualización de datos.

1.2 Alcances

La presente tesis abarca todo lo relacionado con la Arquitectura Naval, que incluye el diseño de las líneas de forma del casco y cubierta, determinación de la velocidad de crucero, el diseño de la forma y dimensiones de los apéndices, determinación del tipo de aparejos, dimensionamiento y forma de las velas, balance de la nave, la disposición general, acomodaciones internas, cálculo estructural, aproximación de pesos y análisis de estabilidad. Todo este trabajo se ha realizado en base a bibliografía especializada en diseño de yates, conseguida de países con larga tradición en diseño y construcción de Veleros y Botes a motor como son los Estados Unidos de América, Inglaterra, Rusia, Suecia, Australia, entre otros.

El diseño del Velero Insignia UNI se culmina con el diseño de la Ingeniería Marina, que incluye la selección del motor, diseño de la línea de ejes, selección de hélice, selección del sistema de gobierno, sistema eléctrico, electrónico, contraincendio, achique, sentina, sanitario, estudio de capacidades de tanques, sistema de combustible, de agua dulce, de expulsión de gases de escape del motor, entre otros sistemas. Esta parte del diseño, será tratado por otro tesista versado en este aspecto.

CAPÍTULO 2

DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES

2.1 Lenguaje del Arquitecto Naval.

Antes de explicar las virtudes y desventajas de los diferentes tipos de formas de casco, es necesario describir en forma clara las diferentes características y medidas que son comunes en todos los botes.

2.1.1 Eslora Total (*length overall* LOA)

La eslora del yate excluyendo el bauprés y bumpkin. Es un término común pero puede ser mal usado. La eslora sobre cubierta es una mejor forma de describir el tamaño de un bote puesto que elimina los rieles de proyección (*overhanging*), proas clíper y otros elementos que no suman espacio interior.

2.1.2 Eslora de flotación de carga (LWL)

La eslora del velero en su línea de flotación. Si el diseñador calcula correctamente esta es la misma que la Eslora de Diseño (DWL) cuando el bote es nuevo. La mayoría de los botes, sin embargo, se hunden un ligeramente más o cambian su trimado al pasar de los años por acumulamiento de equipos, provisiones y efectos personales, por eso el LWL actual es raramente lo que se ha dibujado en los planos.

2.1.3 Manga (Beam B)

El ancho más grande de la embarcación, frecuentemente escrito como Beam (Max), medido en la sección maestra.

2.1.4 Manga WL (BWL)

El ancho más grande medida en el nivel de la Eslora de Flotación (LWL), en la sección media.

2.1.5 Desplazamiento (Δ)

El peso del agua que el bote desplaza. Es equivalente al peso del barco. El desplazamiento es usualmente expresado en libras para embarcaciones pequeñas pero puede también ser dado en pies cúbicos. Se debe multiplicar los pies cúbicos por 64 para obtener el desplazamiento en libras. Los veleros más grandes pueden tener el desplazamiento en toneladas largas de 2240 libras y cada tonelada contiene 35 pies cúbicos de agua de mar.

2.1.6 Centro de Carena (*Center of Buoyancy* CB)

La localización del centro del volumen que desplaza el bote. El CB es el centro del empuje del agua.

2.1.7 Centro de flotación (CF)

El centro del área del plano de carga. Es el punto en la cual el bote trima al movimiento de los pesos.

2.1.8 Superficie Mojada (*Wetted Surface* WS)

El área bajo flotación del casco, incluyendo timón y quilla. Un bote con un alto WS tiene mayor resistencia por fricción viscosa y es más lento en aire ligero que un bote de igual tamaño y área vèlica con un bajo WS. *Por esta razón la mayoría de los yates modernos llevan quillas aleta y timones espada, estos ofrecen menos WS que los diseños antiguos de quilla llena.*

2.1.9 Coeficiente Prismático (Cp)

Un cociente adimensional para comparar formas de cascos. Es calculado por la división del volumen de carena por el área de la sección maestra veces la LWL. Es un coeficiente muy importante en el diseño de veleros.

2.1.10 Centro del Plano Lateral. (CLP)

El centro del área proyectada en el plano de crujía bajo flotación del casco. Importante solamente para veleros porque es una guía para la localización de las velas y aparejos.

2.1.11 Centro de presiones (*Center of Effort* CE)

El centro del área de las velas. Es usualmente calculado usando el 100% del área de la vela triangular de proa. El CE debe estar adelante para evitar un *wether helm* pesado. Lo anterior se explica con más detalle en el capítulo 6.

2.1.12 Ángulo de astilla muerta ("*deadrise angle*")

El ángulo que el fondo hace con la LWL cuando se ve el plano de secciones. Un casco con fondo plano tiene un deadrise igual a cero, mientras que un casco en V profundo tiene un gran deadrise. Aquellos que llevan el mismo ángulo de astilla muerta desde proa a popa son llamados cascos *monohedron*.

2.1.13 Relación Desplazamiento/Eslora

Es un número àdimensional obtenido dividiendo el desplazamiento en ton long. por 0.01*(LWL) elevado al cubo. Este coeficiente nos permite comparar el desplazamiento de cascos de diferentes tamaños. Para un coeficiente mas pequeño, el casco generará pequeñas olas a su paso por el agua y será menor la resistencia por formación de olas.

Generalmente para veleros, los coeficientes menores que 100 son considerados ultraligeros, de 100 a 200 son livianos, 200 a 300 es moderado, de 300 a 400 es pesado y superiores a 400 es ultrapasado para los estándares de hoy [1]. Muchos de los veleros de hoy caen en la categoría de moderados. La relación Desplazamiento/eslora para el Velero Insignia es 213, dentro del rango de moderado.

2.1.14 Relación de Comfort

Está basado en el hecho de que la rapidez de movimiento de un casco en un mar agitado es lo que causa la incomodidad y malestar. La agitación de movimiento está determinado por dos factores principales: la manga del casco y el área de flotación. La fórmula es como sigue:

$$\text{Desplazamiento}/(0.65*(0.7\text{LWL} + 0.3\text{LOA})*\text{B}^{1.333})$$

Donde el desplazamiento está medido en libras y el LWL y LOA son medidos en pies. Cruceros oceánicos están en el rango de los 30 [1]. El Velero Insignia UNI cuenta con un valor superior = 40.

2.2 Proporciones del Casco.

Un análisis de cuarenta y seis yates cruceros, cruceros de competencia y datos de la IMS (International Measurement System) de diversos cruceros _ regatas han proporcionado una información interesante en la práctica actual de selección de dimensiones. ***Una serie de tablas y dibujos de parámetros no dimensionales versus la LWL se tiene como una guía para la selección de proporciones de casco para un nuevo diseño.*** Los datos de botes diseñados en los 50's están incluidos para mostrar los cambios involucrados como resultado de nuevos conceptos de características de cascos los cuales mejoran la velocidad potencial, y las funciones impuestas por la nuevas reglas de medición. Puesto que, las reglas de la CCA (Cruising Club of America) reflejan el desarrollo de los conceptos a lo largo de los 50's sobre las características de los botes, base donde estas reglas sean aplicables, están incluidos en los dibujos. La Tabla I [2] nos da las relaciones de la Eslora Total a la Eslora de Flotación [LOA/LWL].

Tabla I

Razon de la Eslora Total / Eslora de la Linea de Flotacion (LOA/LWL)

Regata N°29 - Botes Crucero desde 1950		
Promedio	Máximo	Minimo
1.32	1.43	1.17
Regata N°46 - Botes Crucero desde 1980		
Promedio	Máximo	Minimo
1.23	1.37	1.08

Fuente [2]: Richard T. Miller, Karl L. Kirkman. "Sailing Yacth Design-a new Appreciation of a Fine Art".

La tendencia actual hacia la estabilidad de forma en oposición a la estabilidad de lastre, está ilustrada por el decrecimiento en un 18% en la relación LOA/B de los diseños de los 50's a aquellos de los 80's como se muestra en la Tabla II [2].

Tabla II

Razón de Eslora Total / Manga (LOA/BOA)		
Regata N°29 - Botes Crucero desde 1950		
Promedio	Máximo	Mínimo
3.96	5.2	3.24
Regata N°46 - Botes Crucero desde 1980		
Promedio	Máximo	Mínimo
3.25	4.1	2.63

Fuente [2]: Richard T. Miller, Karl L. Kirkman. "Sailing Yacth Design-a new Appreciation of a Fine Art".

La fig. 1 [2] muestra que la relación promedio de LWL/BWL requerida por la regla CCA de 1962, se ajusta finamente entre los valores promedio máximos y mínimos de los botes de 1980. La figura 2 [2] se ofrece como una extensión de los datos de la fig. 1. La fig. 2 puede servirnos también, para verificar que los valores obtenidos en tablas y la figura anterior se encuentren dentro de la franja marcada por los diseños existentes.

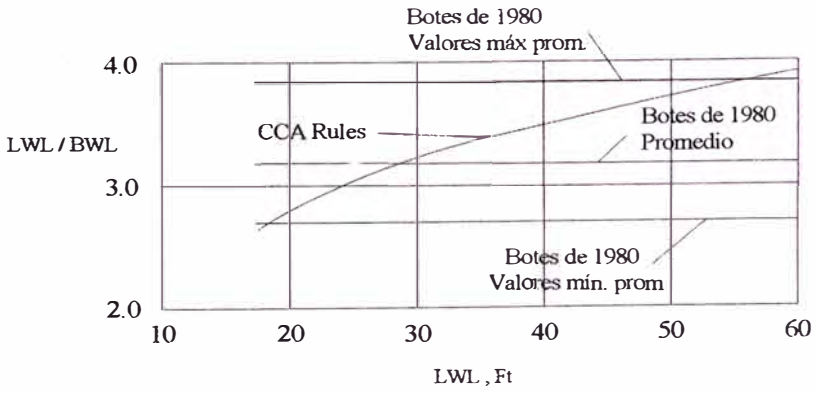


Fig. 1 Relación Eslora de Flotación/Manga de flotación

Fuente [2]: Richard T. Miller, Karl L. Kirkman. "Sailing Yacth Design-a new Appreciation of a Fine Art".

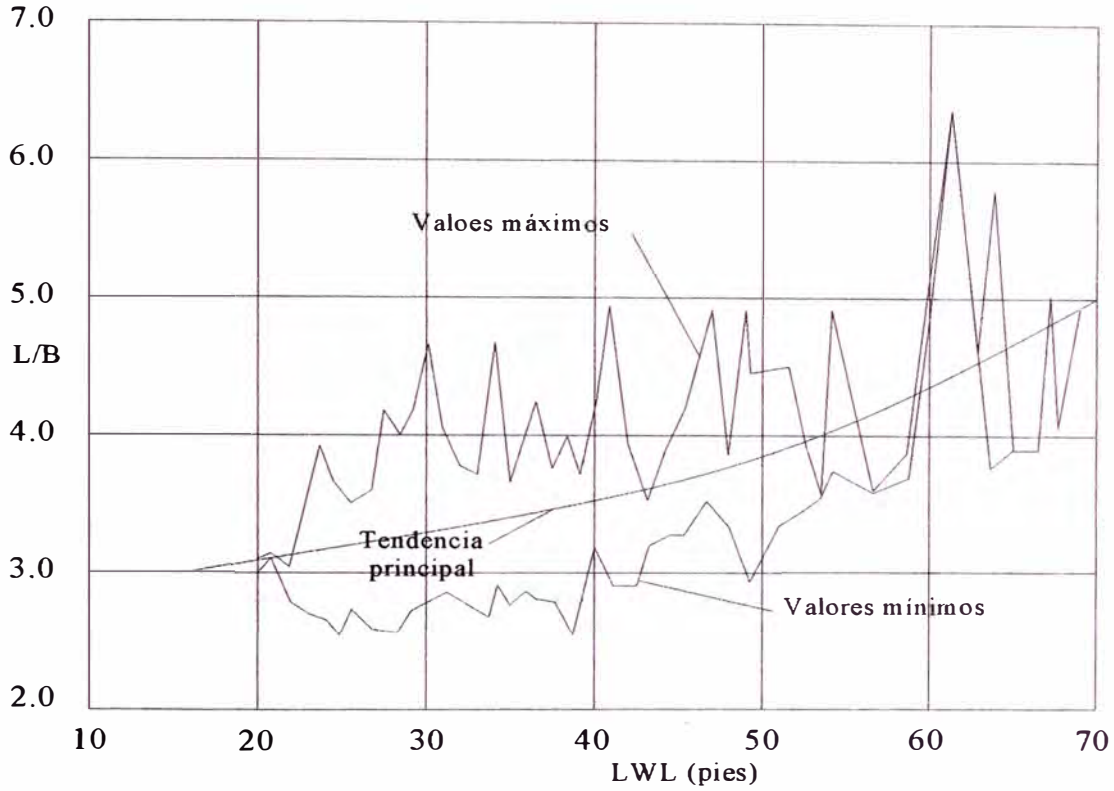


Fig.2 Relación Eslora / Manga

Fuente [2]: Richard T. Miller, Karl L. Kirkman. "Sailing Yacth Design-a new Appreciation of a Fine Art".

Ya que la gran mayoría de diseños actuales son de *fin keel* con una casco cuerpo canoa, la relación LWL/ (calado casco canoa (Hh)) es de gran importancia y es un parámetro bien definido (Ver fig. 3 [2]).

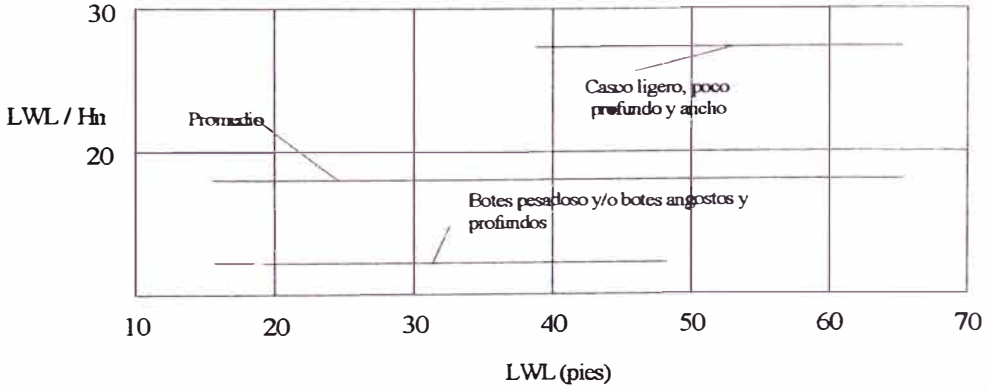


Fig. 3 Relación LWL-Calado casco "Canoa"

Fuente [2]: Richard T. Miller, Karl L. Kirkman. "Sailing Yacth Design-a new Appreciation of a Fine Art".

La relación del francobordo de proa a la eslora de flotación [Ff / LWL] es considerada de mucha importancia como indicador de la habilidad marinera tanto para veleros como para buques (Ver fig. 4 [3]).

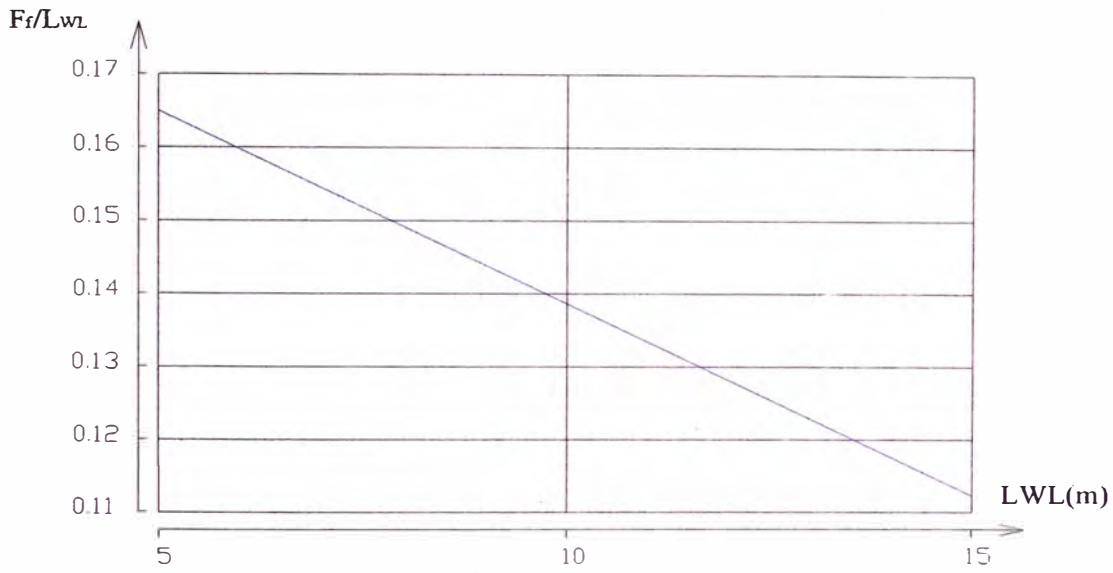


Fig. 4 Relación Francobordo de proa/ Eslora WL
Fuente [2]: Richard T. Miller, Karl L. Kirkman. "Sailing Yacth Design-a new Appreciation of a Fine Art".

Un valor típico de francobordo proa /francobordo popa es 1.3. Comparado con los yates antiguos este valor es bajo, así los yates modernos tienen un arrufo más recto.

2.3 Velocidad Relativa.

El estudio de las líneas de forma de una embarcación a construirse, debe basarse fundamentalmente en las condiciones que impone el grado de velocidad correspondiente. Esto equivale a decir que el estudio de la formación de olas es la que debe prevalecer en la concepción de un plano de líneas. En otras palabras, ***la embarcación debe diseñarse sobre su ola.***

William Froude, padre de la ciencia moderna de la resistencia al avance del buque, observó que la formación de olas sobre cascos similares, pero de dimensiones diferentes, tomaba aspectos idénticos cuando la velocidad guardaba la misma relación que la raíz cuadrada de la eslora. Esto significa, que una embarcación de 9 m de eslora navegará en condiciones similares a otra de 25 m de eslora cuando su velocidad sea inferior en la relación de 3:5 a la velocidad de la embarcación de 25 m de eslora de flotación. A iguales velocidades correspondientes o relativas, todo el comportamiento de las embarcaciones será similar, siempre que posean formas similares. La velocidad relativa, es de suma importancia para el diseño y la resistencia al avance de embarcaciones, la llamamos también grado de velocidad, la designamos con la letra R y establecemos:

Grado de velocidad $R = V / (LWL)^{1/2}$; V en nudos y LWL en pies.

El grado de velocidad máximo que pueden llegar los cascos de desplazamiento, probado en diversos canales hidrodinámicos, es 1.33; este valor corresponde a un número de Fraude de 0.4. La conversión entre los dos números está dado por la siguiente relación: Número de Froud = 0.3 * Grado de Velocidad

2.3.1 Velocidad máxima del casco.

En teoría, esta es 1.33 veces la raíz cuadrada de la eslora de flotación en pies y se alcanza cuando las olas son de la misma longitud que el casco, un máximo de ola tanto a proa como popa (ver fig. 5).

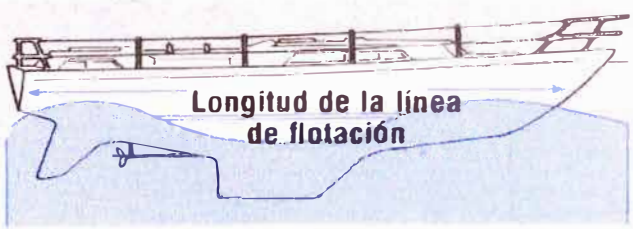


Fig. 5 Embarcación navegando sobre su ola

Los barcos ligeros de nuestros días pueden exceder esta velocidad, planeando sobre la cresta de su ola. Aquellos cascos son de semidesplazamiento.

2.4 Rangos y valores de las dimensiones del casco.

Los valores promedios obtenidos de los rangos son los datos iniciales que se tomó, en el siguiente capitulo, para dibujar el esquema preliminar del Velero UNI (Ver Tabla III). Estos rangos se han obtenido de las consideraciones, conceptos, tablas y gráficas expuestas más arriba, obtenidas de diversos libros especializados en diseño de embarcaciones de recreo.

TABLA III

Descripción	Abrev.	Rango
Eslora	LOA	15 - 15.3
Manga	B	4 – 4.3
Puntal	Dc	2.2 – 2.3
Calado	Hc	0.75-0.85
Eslora de Flotación	LWL	13.4 – 13.7
Manga de Flotación	BWL	4 - 4.1
Desplazamiento	Δ	17 - 19
Calado Casco Tipo Canoa	Hh	0.75 – 0.85
Franco Bordo Proa	Ff	1.6 – 1.8
Franco Bordo Popa	Fa	1.5 – 1.6

CAPÍTULO 3

FORMA DEL CASCO

La mejor forma de comenzar un estudio de formas de casco es examinando las secciones maestras. La sección maestra de una embarcación es un corte transversal en la parte central del casco. La sección maestra nos dice la forma básica del casco, fondo plano, fondo en V o redondo. Un estudio de la forma de la Sección Maestra nos muestra mucho más, inclusive, si el barco es estable o no, de difícil navegación o fácil movimiento, si es rápido o lento. Empecemos con la forma del fondo.

3.1 Tipos de casco

3.1.1 Casco de fondo plano

El bote de fondo plano es un tipo ideal para el constructor amateur novato, porque es el más simple de diseñar, se construye más rápido y se requiere menos herramientas y usualmente menos dinero que formas más complejas. Las embarcaciones de fondo plano tienen una mala reputación por los golpeteos en

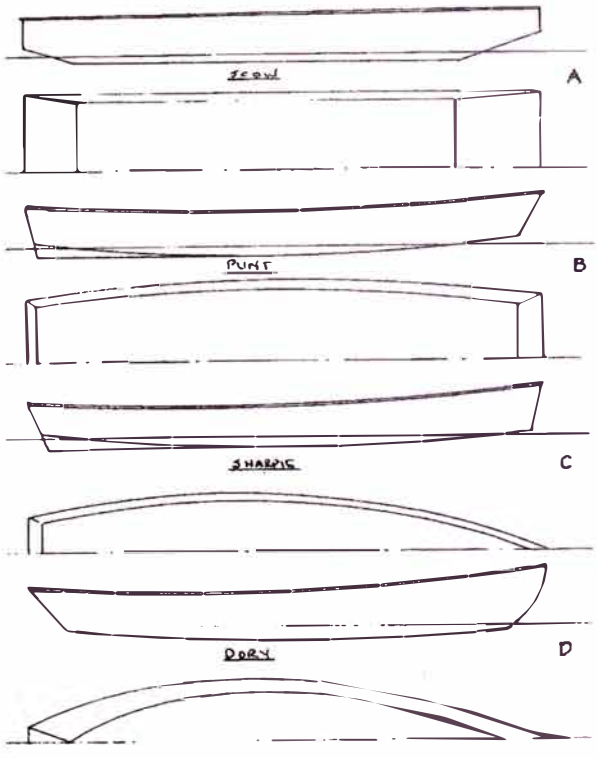


Fig. 6 Cascos con fondo plano
Fuente [1]: Ted Brewer. "Understanding Boat Design"

mares embravecidos, pero un diseño inteligente puede reducir esto substancialmente teniendo en cuenta que la embarcación se use para recreo familiar en bahías protegidas, de ninguna manera para cruceros de competencia como el Velero UNI. Por tal motivo está descartada esta posibilidad de selección.

3.1.2 Casco de fondo arco

El fondo arqueado se obtiene de curvar un fondo plano en la mitad de la embarcación para incrementar el desplazamiento sin un gran incremento en la superficie mojada. Está limitado a veleros pequeños y no es popular debido a la crecida dificultad de construcción. Este tipo de casco está en desuso, por lo expuesto anteriormente, por lo tanto, no se toma en cuenta para el presente diseño.

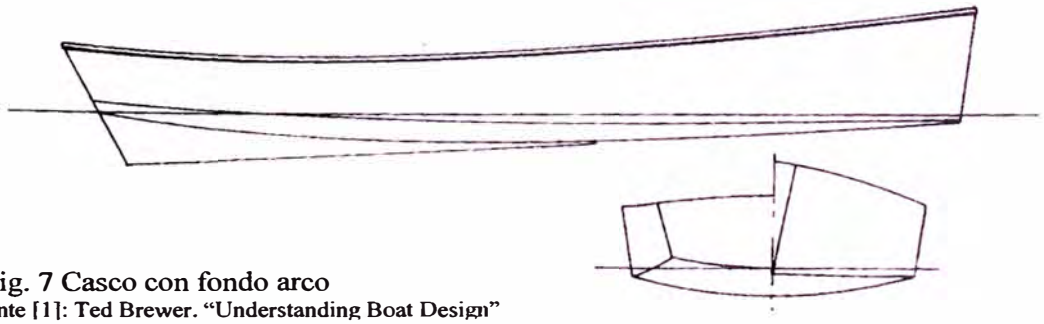


Fig. 7 Casco con fondo arco
Fuente [1]: Ted Brewer. "Understanding Boat Design"

3.1.3 Casco de fondo V o con astilla muerta

Los cascos con fondo en V tienen una gran variedad de formas y tipos que los cascos de fondo plano y son más difíciles de catalogar. Muchos diseños caen dentro de los tipos que se muestran en la figura 8 siguiente. Se describe la forma básica que el casco del velero UNI tiene como característica. El casco del velero con fondo V (Esquema D de la fig. 8) muestra una astilla muerta mayor y más quilla que los botes modificados anteriores. Estos botes pueden ser cruceros con muy buena

navegabilidad, y muchos veleros con esta forma de casco han circunnavegado el globo. Ángulos de astilla muerta muy elevados y quilla profunda y grande, incrementan el desplazamiento, permitiendo a los veleros contar con un lastre externo pesado. Estos elementos también tienden a reducir el golpeteo, pero el desplazamiento añadido puede tener un efecto negativo en el rendimiento si el ángulo de astilla muerta y la quilla son elevados en exceso, este último factor ha sido tomado en cuenta en la elaboración del esquema preliminar. Muchos veleros con fondo V y unos cuantos botes a motor de poca velocidad (remolcadores, arrastreros) han sido diseñados con dos o mas codillos. Esto habilita al diseñador acercarse a la forma y características del casco de pantoque redondeado y obtener mejor rendimiento por reducción de turbulencias y superficie mojada. Los codillos extras añaden trabajo a la construcción, costo de material en comparación a un caso de un solo codillo, pero vale la pena si se desea un alto rendimiento y a la vez elevar el valor de reventa.

3.1.4 Casco de pantoque con radio

Es un intento de simplificar la construcción, ya que se produce un casco que parece tener pantoque redondeado. Básicamente, las líneas de forma son las mismas que un casco de fondo V con un solo codillo, pero se introduce un radio más grande desde proa a popa a lo largo del codillo. Una ventaja de este diseño es reducir levemente la resistencia, puesto que la turbulencia en el codillo es eliminado. La ventaja más grande, sin embargo, es mejorar la apariencia y elevar el valor de reventa substancialmente comparado con un casco de un solo codillo.

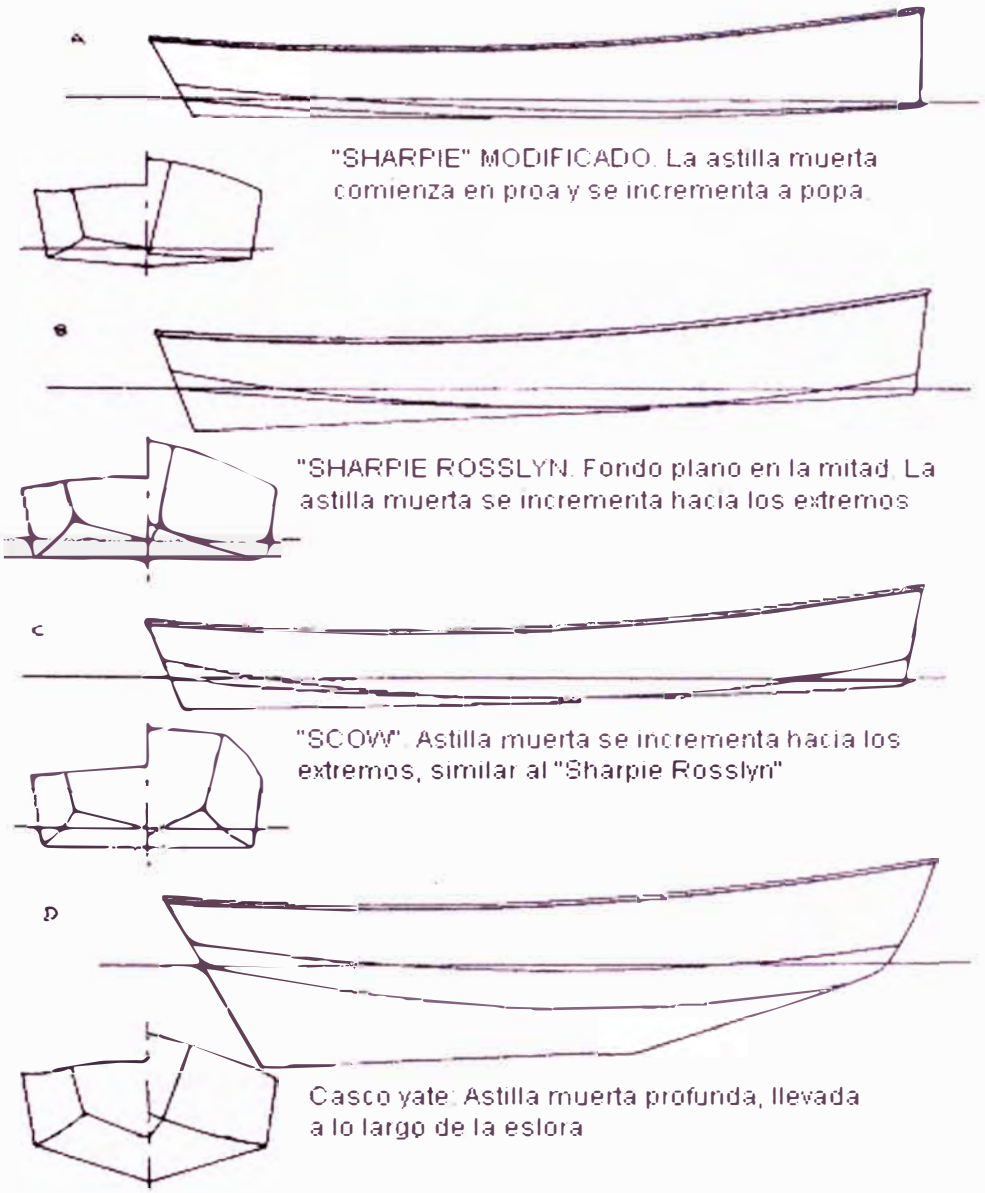


Fig. 8 Casco con fondo V
Fuente [1]: Ted Brewer. "Understanding Boat Design"

Hay más trabajo en un casco de pantoque con radio y los costos del material son levemente mayores comparados con cascos de un solo codillo. El casco de pantoque redondeado se ve mucho en yates de semi - desplazamiento, para obtener mayor velocidad y sobrepasar de esa manera Fr = 0.4, también en lanchas a motor como remolcadores. El casco del Velero UNI es de desplazamiento, ya que es un crucero de competencia, por lo tanto, no es para esta clasificación.

3.1.5 Casco de fondo redondo

En general, el casco de pantoque redondo es mejor que los cascos de fondo plano o fondo_V para uso fuera de las costas y en aguas difíciles. Es más fuerte y tiene un rolido más suave con menos chispeos que un casco con codillos del mismo tamaño, en general. Para veleros o botes a motor de desplazamiento, la forma redondeada reduce la superficie mojada y elimina las turbulencias a lo largo de los codillos supuestos, disminuyendo el arrastre e incrementando el rendimiento (Ver fig. 9).

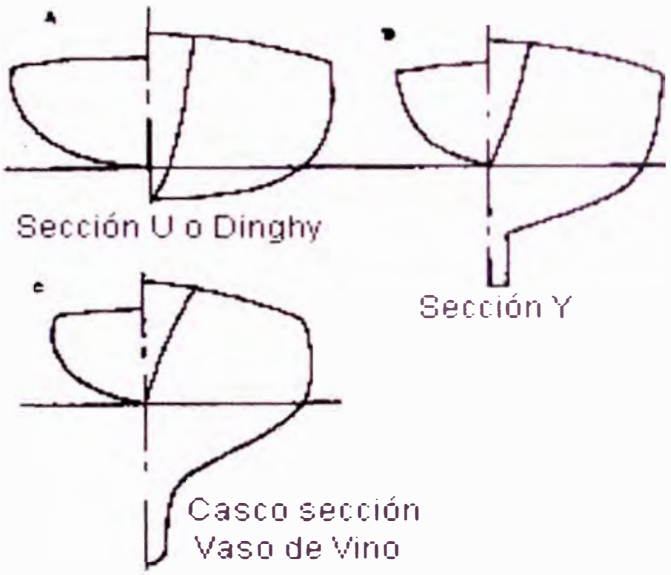


Fig. 9 Cascos con fondo U
Fuente [1]: Ted Brewer. "Understanding Boat Design"

En suma, para poder elegir la forma del fondo del casco y así determinar en gran parte la forma del casco, se buscó un compromiso entre los conceptos de mayor estabilidad, superficie mojada no elevada, baja formación de turbulencias, menor tiempo promedio de fabricación del casco, número de materiales que pueden ser usados con facilidad para fabricar el casco, menor costo añadido de fabricación, información amplia y detallada disponible sobre este tipos de cascos, estética, etc. Este compromiso se logra con un casco con fondo en V de doble codillo y astilla muerta moderada y complementada con la forma estándar de un casco para veleros. Las características de este casco UNI, se ha expuesto anticipadamente en el acápite de forma de fondo V.

3.2 Interpretación de las líneas de dibujo.

3.2.1 Manga.

La manga es, tal vez, la primera y más importante característica del plano de secciones a considerar. Es obvio que un casco ancho tiene más espacio interior que su hermano angosto, pero hay muchas otras formas en que la manga influye en el diseño. La estabilidad de un bote aumenta con el incremento de la manga. La fig. 10 muestra dos ejemplos teniendo la misma manga en la cubierta. El bote a la derecha tiene una manga de flotación mayor y posee gran estabilidad inicial o estabilidad de forma. Estos cascos son muy seguros con un balance rápido en mares movidos. Los veleros a la izquierda tienen una manga máxima en la cubierta y son bastante angostas en la LWL. Estos botes son poco estables y tienen una tendencia a balancearse lentamente pero a grandes ángulos en mares movidos.

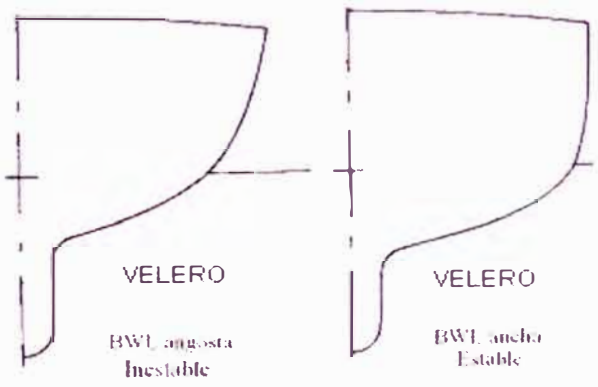


Fig. 10 Veleros con igual Bmáx. pero diferente BWL
Fuente [1]: Ted Brewer. "Understanding Boat Design"

La estabilidad también es afectada por la forma del casco bajo flotación. Los codillos combinados con ángulos bajos de astilla muerta contribuyen a la estabilidad inicial y dan a la embarcación un rolido rápido. (Ver fig. 11.)

Pantoque más suave, astilla muerta elevada y una forma llena indican un casco inestable. La forma del casco de un velero no es el solo criterio de determinar la estabilidad, sino también, la localización y cantidad de lastre, que es un factor principal y se le debe dar igual consideración.

Como fue señalado anteriormente, la manga ancha incrementa la estabilidad, pero el exceso de estabilidad puede afectar adversamente el comfort y la habilidad marinera de la embarcación. Muchas embarcaciones con una gran manga, amplios espejos, fondos con baja astilla muerta, tienen tanta estabilidad inicial que la tripulación e invitados son sacudidos de un tirón cuando la nave se balancea en ciertas condiciones de ola, estando navegando o anclado. Para trabajos en altamar el movimiento fácil y suave impartido por pantoques redondos, así como relaciones bajas de manga/LWL y una astilla muerta razonable son muy aconsejables.

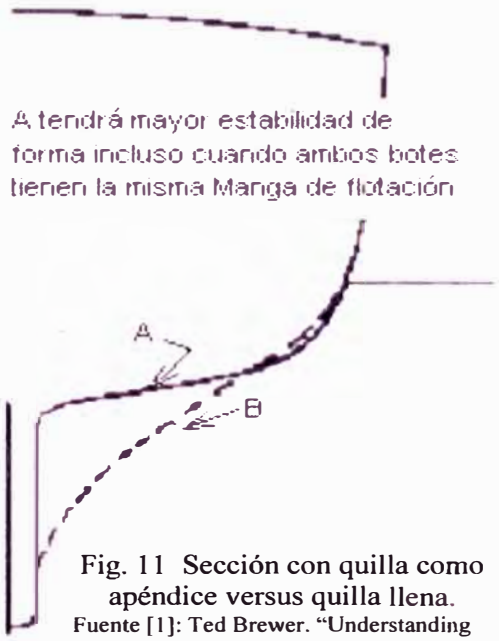


Fig. 11 Sección con quilla como apéndice versus quilla llena.
Fuente [1]: Ted Brewer. "Understanding Boat Design"

En los veleros, esto último tiene una variante. La estabilidad mayor obtenida por una manga más grande no reduce grandemente el comfort del movimiento porque la presión del viento sobre las velas tiene un efecto estabilizante y hace que el rolido sea más lento. También, el velero se beneficia de la estabilidad agregada, en dos formas. Primero, reduce el ángulo de escora en una brisa y esto a su vez

incrementa el área vélica efectiva y mejora la fuerza de empuje sobre las velas. Segundo, el ángulo de escora reducido, permite que la quilla esté más enderezada, incrementando la eficiencia de éste, el área del plano lateral y el calado del bote. Una embarcación más ancha también tiene una superficie mojada mayor, y esto incrementa el arrastre y reduce la velocidad en aires ligeros. A pesar de eso, la estabilidad agregada le permite llevar un plano vélico más grande; esto puede vencer la resistencia extra. ***Es la interacción de estos factores –resistencia, estabilidad y empuje- que contribuye grandemente a mantener el diseño de veleros como un arte en vez de una ciencia exacta.***

Las relaciones Manga/LWL de los veleros han oscilado ampliamente a través de los años debido a los cambios en las reglas de regatas. Lo que es popular hoy podría no serlo mañana.

3.2.2 Francobordo

En la actualidad, hay una tendencia hacia un francobordo mayor en embarcaciones de todos los tipos, excepto posiblemente canoas y botes de remo. El francobordo, se define como la distancia entre el LWL y el borde de la cubierta. Es un factor muy importante en ambos: a vela y botes a motor. Generalmente, a menos que un bote tenga un centro de gravedad excesivamente alto o excesivo "*tumblehome*" (cuando las secciones se curvan hacia adentro y

de cubierta sea menor que la de flotación), su estabilidad crece con el ángulo de escora hasta que el borde de la cubierta se sumerja, después la estabilidad decrece a cero en el punto de volcamiento. Así, un francobordo más alto provee un banco de reserva de estabilidad que uno puede notar cuando el bote se escora en condiciones extremas. Obviamente, sobre un bote abierto, a mayor francobordo el bote está más lejos de que pueda inundarse por la borda cuando se escora; un francobordo alto puede ser un salvavidas algunas veces. Un buen francobordo en botes abiertos también permite al bote llegar una gran carga de personas y cosas.

En los veleros cruceros o de regatas es raramente posible proveer suficiente francobordo para mantener el borde de la cubierta sin sumergirse cuando el yate es duramente presionado en vientos difíciles, pero es deseable tener suficiente francobordo de modo que la cubierta no se cubra por el agua a ángulos de escora moderados. Francobordo demasiado pequeño podría permitir que el agua de mar alcance sobre el riel de sotavento a relativamente ángulos bajos de escora, creando turbulencia agregada y también peligro a la tripulación.

Un francobordo excesivamente alto puede ser un peligro si se combina con un casco, angosto, ligero, y poco profundo. Esto eleva el centro de gravedad del bote, posiblemente reduciendo la estabilidad a un grado peligroso, y se incrementa el efecto de escora del viento. Esta combinación peligrosa puede llevarlo a un volcamiento. En suma, el área de un francobordo más alto agrega superficie al viento, que actúa como una vela no deseada u potencialmente crea dificultades golpeando o maniobrando en vientos cruzados. En general, un francobordo alto es

apropiado para cascos más pesados, profundos, anchos, y está definitivamente fuera de lugar sobre cruceros ligeros, angostos o poco profundos.

3.2.3 Vista de planta

Hace mucho tiempo atrás en el siglo XVIII, los diseñadores de botes británicos preferían el tan llamado "cod's-head-and-mackerel tail", figura 12-A. Este diseño tenía líneas de agua llenas en proa. Esta forma se abandonó en las carreras de crucero británicos después del fiasco ocurrido en la Copa América de 1960, cuando el "Defensor US" vapuleó al yate "Sceptre" de 12 m Británico en todas las carreras de la serie. La desventaja de esta forma es que tiene una proa llena bajo flotación que crea resistencia gratuita, particularmente cuando se navega a barlovento en mares agitados. En los años 30, una proa y popa balanceada fue desarrollada como respuesta para obtener un mejor balance en la caña cuando se navega a barlovento en una brisa difícil, ver fig. 12-B. Este diseño tiene una proa más fina levemente y una popa más llena que la "cod's-head-and-mackerel tail", aunque esta mejora no produce un bote más rápido. Sin embargo, se gobierna más fácilmente porque la forma del casco no varía grandemente con ángulos de escora mayores. La fig. 12-C muestra la forma tipo cuña, el cual ha sido ampliamente usado en América por años y todavía se ven en todos los diseños contemporáneos. La entrada en la proa es fina, frecuentemente recta, la sección más ancha está en medio del barco alrededor del 55% del LWL, y la popa es bastante llena. Las líneas de agua en la proa han sido afiladas en los últimos 30 años en tanto que el LWL ha llegado a ser progresivamente más largo en relación a la Eslora total.

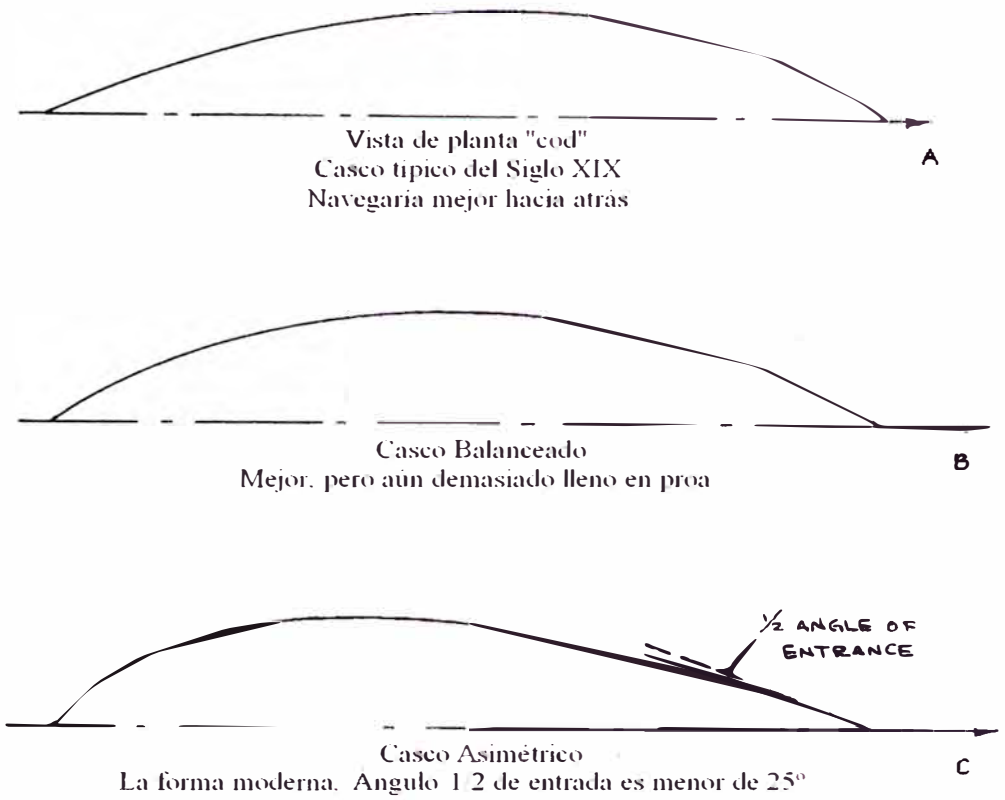


Fig. 12 Diferentes vistas de planta
Fuente [1]: Ted Brewer. "Understanding Boat Design"

Los ángulos medio de entrada (el ángulo que el plano de flotación hace con la línea de crujía) de 25° o mayor fueron la norma sobre los yates de los 60's, pero los ángulos de 20 grados y menos son comúnmente vistos hoy. Estas líneas de proa deben ser recta o ligeramente convexas; las líneas de flotación cóncavos deben evitarse en lo posible. Conforme las líneas de agua de proa se aproximan a la cubierta, llegan a ser sucesivamente más llenas, aunque las regatas tienden a tener líneas de agua relativamente finas para mantener pesos mínimos en los extremos. Los cruceros necesitan más llenura porque el volumen del casco mayor provee reserva de flotabilidad para llevar carga más pesada en los almacenes, las cadenas, anclas y mecanismos cuando el bote está navegando.

Una línea de cubierta llena, también tiende a mantener las cubiertas secas y proveer una plataforma de trabajo más amplia.

3.3 Determinación del Coeficiente prismático.

En términos generales, el diseñador tiene que decidir a que velocidad su yate tendrá su desempeño óptimo. Navegar a barlovento en viento ligero, el coeficiente prismático debería ser 0.5 o incluso menor, mientras navegar a sotavento en viento elevado, el coeficiente prismático debería ser 0.6 o levemente mayor, si el casco es del tipo tradicional pesado o mediano.

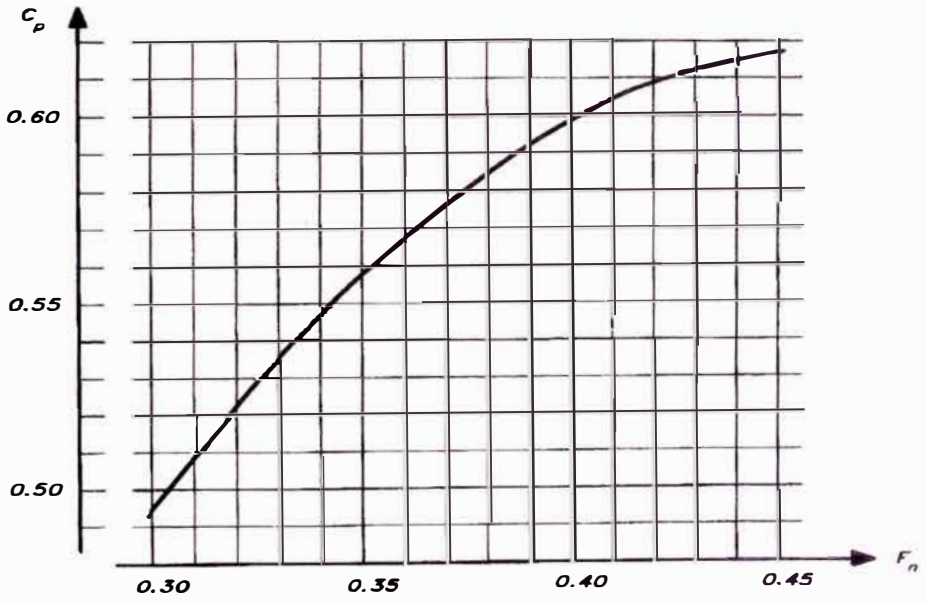


Fig. 13 Selección del Cp óptimo
Fuente [3]: Larson L. & Eliasson R.E. "Principles of Yacht Design".

Normalmente los cascos son diseñados para desarrollar su máximo rendimiento en navegación a barlovento en una brisa golpeante. El número de Fraude es alrededor de 0.35, lo cual nos da un coeficiente prismático de 0.56, obtenido de la fig. 13 [3]. Este valor se da en veleros cruceros de competencia.

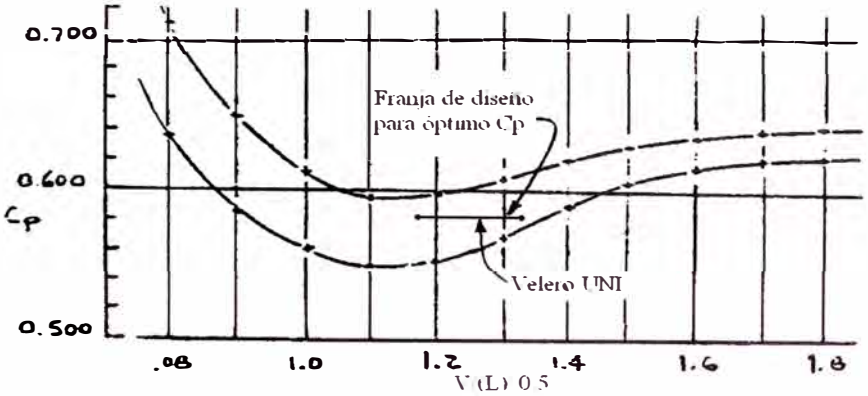


Fig. 14 Cp para casco canoa
Fuente [2]: Richard T. Miller, Karl L. Kirkman. "Sailing Yacth Design-a new Appreciation of a Fine Art".

Con el complemento de la Figura 14 brindada por la SNAME [2], podemos elegir con mayor exactitud nuestro Cp, para *un número de Fraude = 0.36, que resulta un grado de velocidad = 1.2. También se sabe que los cruceros siempre tratan de aprovechar al máximo su potencial de velocidad, muestra de ello que los grados de velocidad que se usa en el diseño es 1.33 lo que nos da un coeficiente prismático promedio de 0,6.* ***De acuerdo a las dos gráficas anteriores y a la comparación con otros diseños similares, determinamos el Cp del Velero UNI, cuyo rango es 0.55-0.6 y valor promedio es 0.575. De los planos (ver capítulo siguiente) obtenemos el siguiente valor: Vol casco/ (Área sección media*LWL) = 18.06/(2.355*13.6) = 0.56, para su máxima condición de carga Tc = 0.85 m. Para su mínima condición de navegación tenemos lo siguiente, de los planos: 14.43/(1.962*13.17) = 0.55 para un calado de 0.75 m. En la condición de navegación denominada crucero, calado del casco = 0.8 m obtenemos los siguientes datos: 16.21/(21.57*13.3)= 0.56. Queda entonces determinado que dentro de la fluctuación de la línea de agua desde el calado 0.75 hasta 0.85 m, el valor promedio del Coeficiente Prismático es 0.56. Logrando de esta manera***

aprovechar en buena proporción su máximo potencial y con buen comportamiento en navegación a barlovento. La figura 15 [3] da la localización óptima del centro de carena, LCB. Esta curva es solamente destinada a cascos de desplazamiento. Notar que el signo negativo significa detrás de la sección media, y los números dados representan la distancia desde esta sección en porcentaje del LWL.

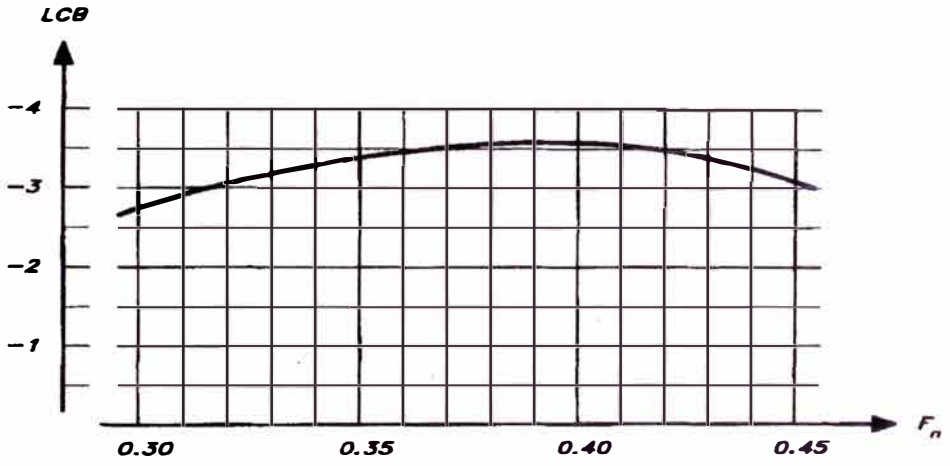


Fig. 15 Posición óptima del centro longitudinal de carena
Fuente [3]: Larson L. & Eliasson R.E. "Principles of Yacht Design".

Nosotros podemos determinar el LCB directamente del sólido del casco y comparar con lo establecido en la curva. Así, tenemos lo siguiente: para un Froude = 0.35 necesitamos tener un LCB % = 53.5. Del sólido obtenemos un volumen = 14.43 m^3 y un LCB % (calado = 0.75 m) = 52.3. Calado = 0.8 m.; Vol = 16.2 m^3 y LCB % = 52.3; para un calado = 0.85 m tenemos un volumen de 18 m^3 y un LCB % = 52.23. En conclusión estamos muy próximos al ideal, lo importante es que nuestro LCB % está detrás de la sección media para poder disminuir la resistencia por formación de olas. Además se debe mencionar que si incluimos la orza y el timón nuestro LCB se sitúa más a popa.

En la siguiente figura 16 [2] podemos determinar en que categoría de casco nos encontramos.

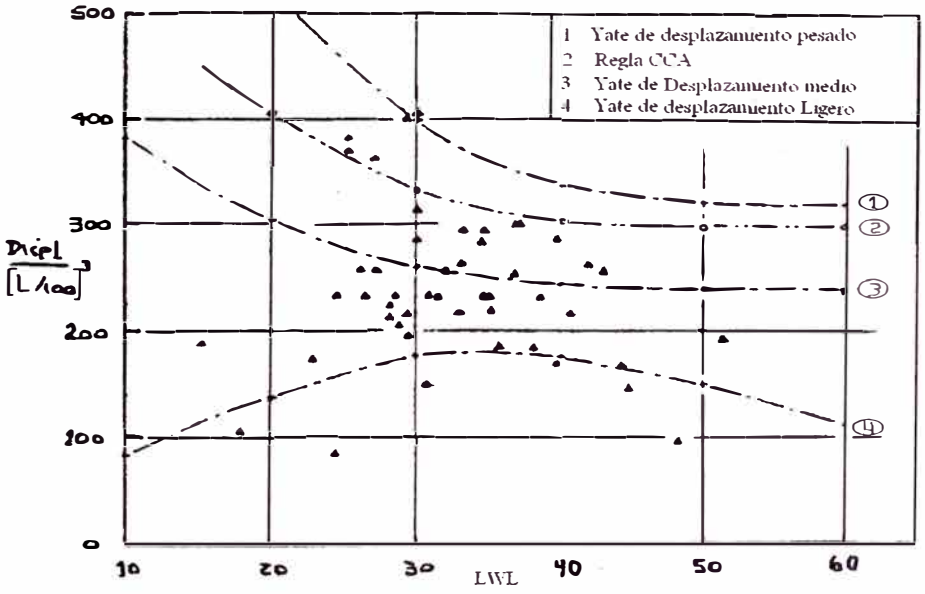


Fig. 16 Relación Desplazamiento - Eslora
Fuente [2]: Richard T. Miller, Karl L. Kirkman. "Sailing Yacth Design-a new Appreciation of a Fine Art".

*De la figura anterior obtenemos para LWL = 44' (calado = 0.8m), una relación Desplazamiento – Eslora = 170 perteneciente a un casco ligero. Según el cálculo directo obtenemos un D-LWL = 16.34/(0.01*44)^3 = 190. Esto nos indica que nuestro casco está entre las categorías de casco ligero y mediano.*

3.4 Esquema preliminar de las líneas de forma.

Los valores promedios obtenidos en el primer capítulo. nos sirven como primera iteración en el diseño de las líneas de forma. La primera parte de este capítulo, nos señala los criterios usados para desarrollar el bosquejo de las líneas de forma, nos indica la forma que deberá tener, en específico, la proa, la popa, como influye la

manga en el diseño y estabilidad, asimismo, el francobordo y sus relevancias, etc. Teniendo los valores promedios y los criterios para dibujar las líneas de forma, pasamos a un nivel superior, ***el diseño asistido por computadora (CAD)***. El software utilizado ene esta etapa fue ***AUTOCAD***, en este programa se determinó la curvatura longitudinal de la cubierta (arrufo), la roda, la rampa, la curvatura longitudinal en el fondo del casco (alefriz); en la vista de planta se ha dibujado el plano de flotación de diseño, la cubierta, los codillos preliminares, ángulo medio de entrada (25°), etc. En el plano de secciones se ha dibujado la sección maestra, secciones auxiliares, los codillos y se desarrolló la forma general del casco. Todas estas líneas definen casi en su totalidad la forma del casco, por ser éste de doble codillo y sus líneas de sección son rectas. Como conclusión, de este capítulo tenemos, después de un largo proceso y un arduo trabajo de alisado y verificación de puntos en las tres vistas, el bosquejo general que nos permite encontrar el plano de líneas de forma. Se presenta el bosquejo de las líneas de forma representativas del Velero UNI, (Ver gráfica 17). En esta gráfica se incluye una tabla con los valores promedio como datos iniciales de diseño, y las dimensiones finales de la nave Velero UNI.

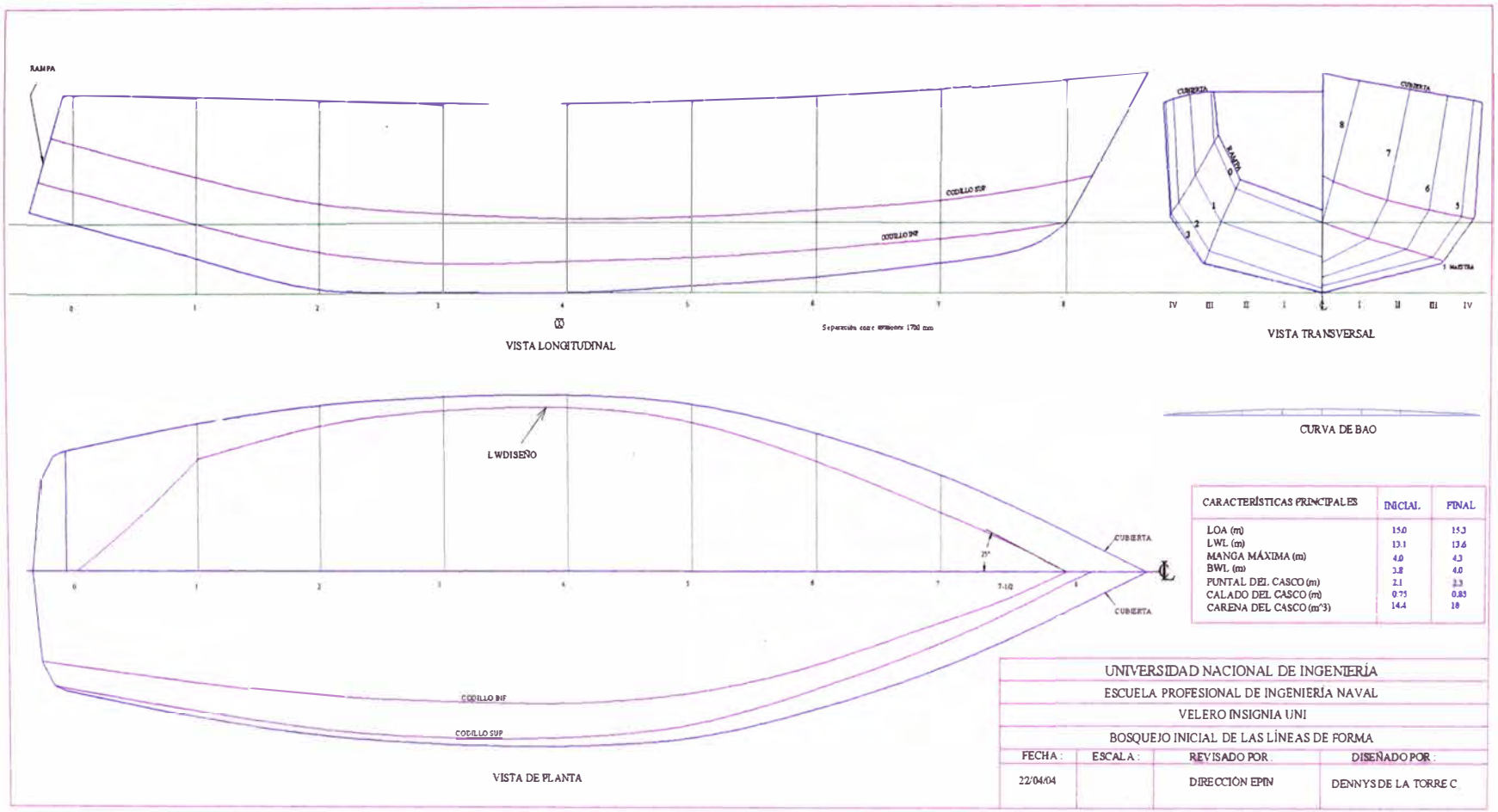


Fig. 17 Bosquejo final exportado a software 3D

CAPÍTULO 4

DETERMINACIÓN DE LAS LÍNEAS DE FORMA.

4.1 Modelamiento del casco en tres dimensiones.

A continuación se muestra unas vistas del casco en tres dimensiones, que fue utilizado para determinar con exactitud las líneas de forma, en especial las líneas de flotación y los "finos", con éste método nos aseguramos un casco alisado y cuyos puntos correspondientes en las tres vistas coincidan plenamente, ahorrándonos mucho tiempo y dolores de cabeza, claro que no se compara éste método con los sofisticados software para Ingeniería Naval que existen en el mundo; sin embargo si no se cuenta con uno de esos software, podemos hacer una combinación efectiva del AUTOCAD con el SOLIDWORKS.

También, es útil este casco 3D para determinar los volúmenes de desplazamiento, superficie mojada y localización del centro de carena a distintos calados. Y por último, podemos ver si el casco es estético, ya que lo vemos en diferentes vistas en perspectiva, ***en suma es de gran ayuda para el cálculo de ingeniería y para promocionar el proyecto.*** Ver figuras 18, 19, 20.

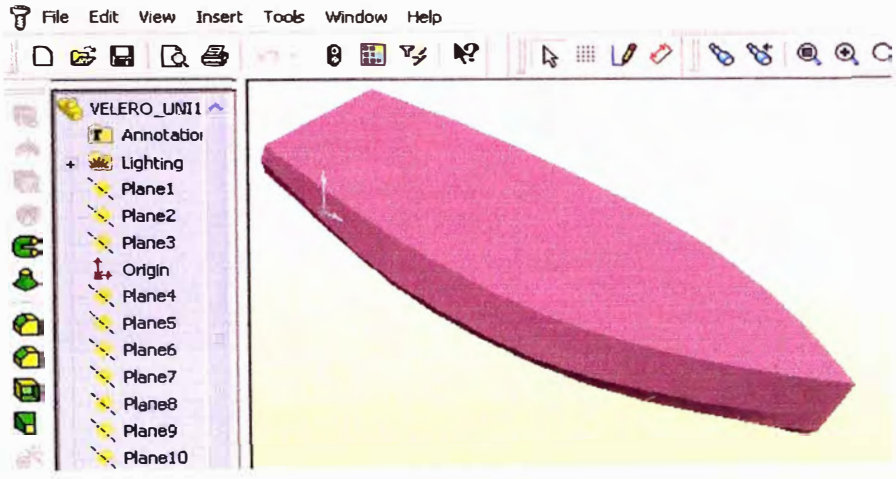


Fig. 18 Vista del casco en Isométrico

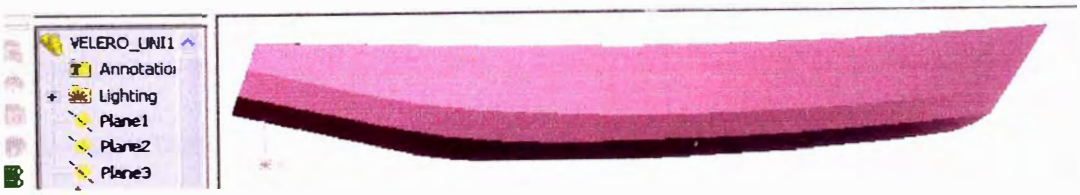


Fig. 19 Vista del casco en 3D

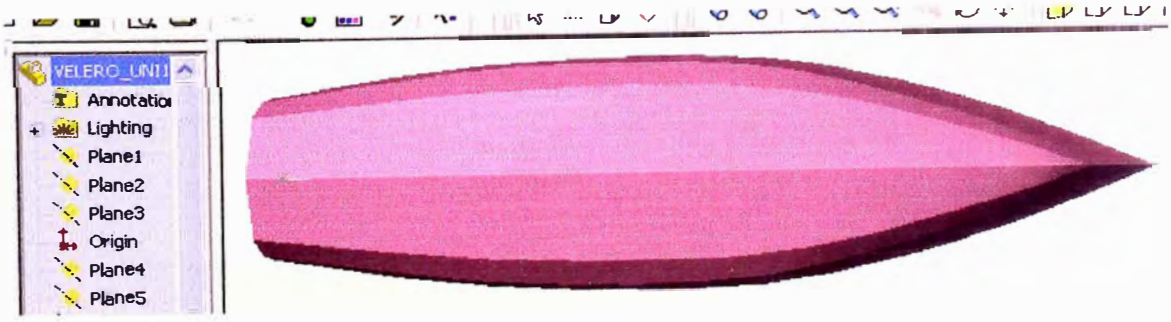


Fig. 20 Vista del fondo del casco 3D

Teniendo el sólido del casco podemos obtener directamente las líneas de flotación y los finos, como se muestra en un ejemplo pequeño la siguiente figura 21.

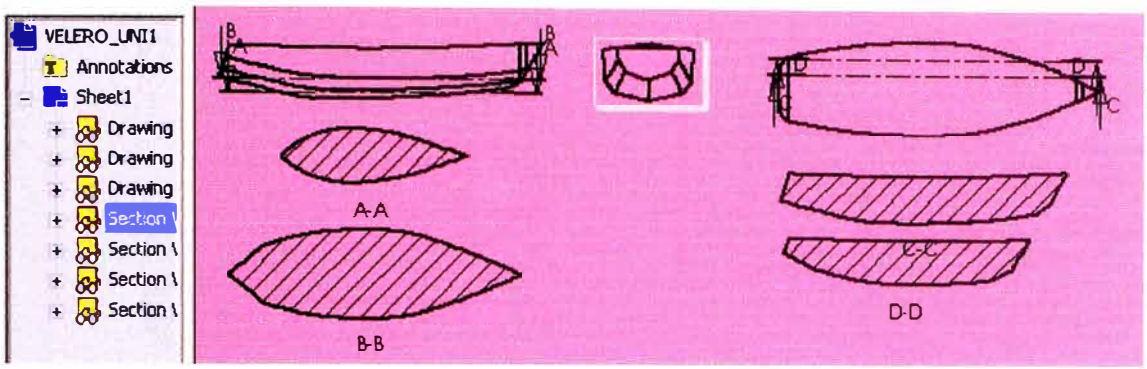


Fig. 21 Esquema de obtención de las líneas de forma

4.2 Desarrollo completo de las líneas de forma.

A continuación se presenta el plano de líneas de forma terminado, que fue obtenido con ayuda del Software SolidWorks, tal como se mostró arriba, para luego exportarse a un programa CAD.

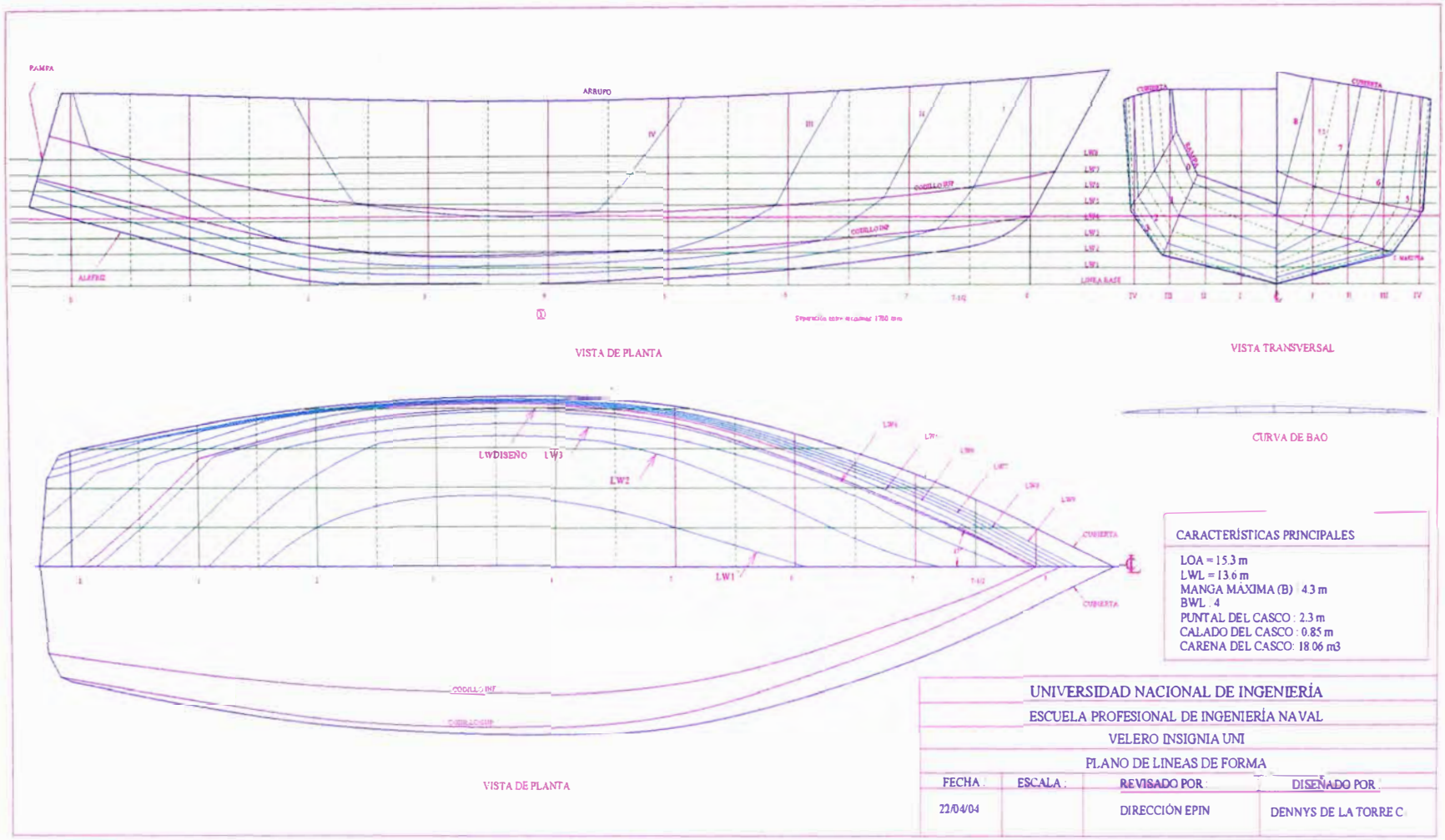


Fig. 22 Plano de Líneas de forma

4.2 Curvas Hidrostáticas y su cuadro de valores.

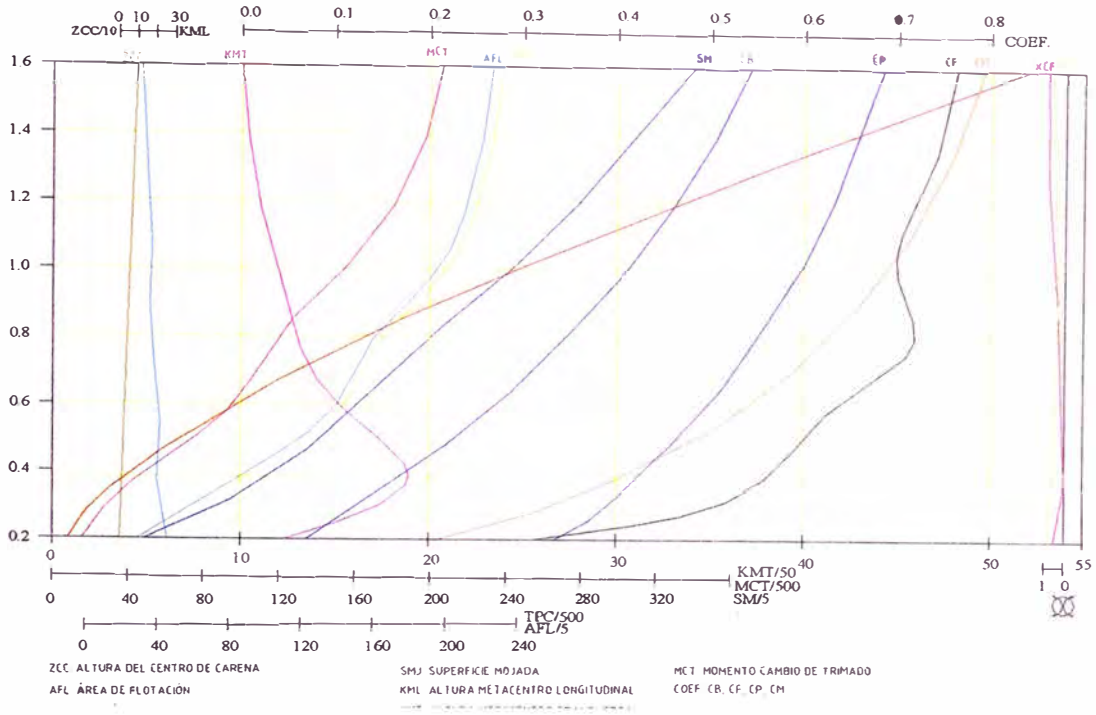


Fig. 23 Curvas Hidrostáticas

CALADO	DESP	AFL	SMO	KML	KMT	TPC
0.2	0.8	9.0	9.8	26.5	2.46	0.09
0.4	4.2	20.8	23.9	20.6	3.78	0.21
0.6	9.6	30.2	32.8	22.7	3.03	0.31
0.8	16.1	34.2	40.1	17.0	2.59	0.35
1	24.1	40.9	48.7	18.2	2.42	0.42
1.2	32.5	44.0	56.0	16.7	2.19	0.45
1.4	41.5	45.7	62.3	14.5	2.08	0.47
1.6	50.8	46.6	68.2	12.6	2.01	0.48

MCT	CB	CM	CF	CP	XCC	ZCC	XCF
0.03	0.07	0.21	0.31	0.33	5.98	0.14	6.29
0.10	0.18	0.42	0.57	0.43	6.22	0.28	6.87
0.19	0.27	0.55	0.64	0.50	6.44	0.41	6.65
0.24	0.35	0.63	0.72	0.55	6.52	0.53	6.65
0.31	0.41	0.69	0.70	0.60	6.42	0.65	6.24
0.37	0.46	0.74	0.72	0.63	6.35	0.77	6.01
0.40	0.51	0.77	0.75	0.66	6.26	0.88	5.92
0.41	0.54	0.79	0.76	0.68	6.20	1.00	5.92

CAPÍTULO 5

DETERMINACIÓN DE QUILLA Y TIMÓN COMO APÉNDICES.

5.1 Plano Lateral del velero

Nathael Herreshoff en los inicios del siglo veinte inventó la quilla aleta *"fin keel"* como una forma de reducir la superficie mojada y así incrementar la velocidad del velero. El concepto, sin embargo, fue exagerado por los diseñadores más tarde, en un intento de ganar aun más velocidad a expensas del balance y navegabilidad. Esto dio a los botes fin keel una mala reputación, como resultado, el fin keel descendió en aceptación por mas de 50 años, excepto para unos cuantos veleros de regatas tales como el famoso Sloop "Star Class". *En los 60, Bill Lapworth revivió el fin keel para cruceros-regatas con su exitoso sloop Cal 40. Desde entonces, el fin keel en diversas variaciones ha sido el bosquejo común bajo LWL.*

5.1.1 Quillas llenas

Antes del redescubrimiento del fin keel habían tres formas básicas: la quilla llena, la quilla llena modificada y la quilla corta. La fig. 24-A muestra una quilla larga tradicional profunda que fue la regla por muchos años y aún es vista en unos cuantos cruceros, motoveleros y grandes goletas. Tiene la ventaja de una buena estabilidad direccional, pero su falta, es la gran superficie mojada incluida, plano lateral ineficiente, lentitud de rumbo, y en general falta de maniobrabilidad.

Solamente unos cuantos tradicionalistas están a favor de este diseño para el crucero promedio de hoy.

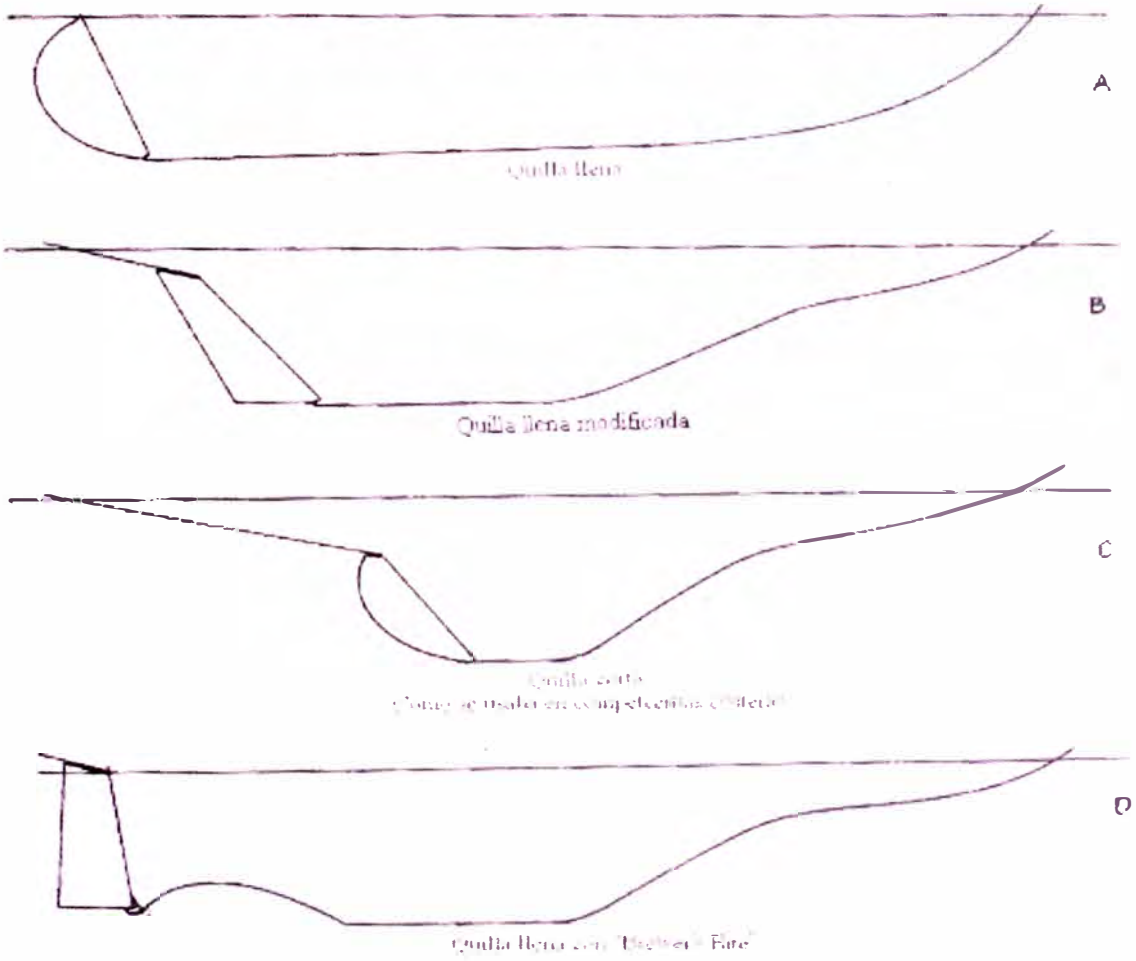


Fig. 24 Quillas llenas
Fuente [1]: Ted Brewer. "Understanding Boat Design"

La forma presentada en la fig. 24-B aumenta maniobrabilidad y reduce superficie mojada y hace más rápido al bote en aire ligero, que el anterior. Como muchas cosas, la forma anterior fue exagerada como se muestra en la fig. 24-C. Algunos regatas costeros y cruceros tuvieron tales quillas cortas y que fueron extremadamente difíciles, incluso peligrosas, cuando se navegaba a vela "spinnaker"

en cualquier condición de mar. *Estas quillas excesivamente cortas no son apropiadas para cruceros o regatas.* La fig. 24-D nos da un plano lateral con aproximadamente la misma superficie mojada como el estilo más antiguo, pero con mejor estabilidad direccional, una mejor relación de alargamiento para la quilla y una maniobrabilidad mejorada en atracaderos estrechos.

5.1.2 Centerboarders

En la actualidad se encuentran en pequeños botes "daysailers" o en botes diseñados para ser remolcados. *Muchos tripulantes de estos botes piensan que el centerboarder es demasiado problema porque debe ser ajustado frecuentemente cuando se navega a vela si se quiere que éste sea efectivo, y porque requiere un agujero en el fondo del bote.*

5.1.3 Quillas tipo aleta (*Fin Keels*)

Una vez que los yates fin keel fueron redescubiertos, llegaron a ser fabulosos como regatas costeras y oceánicas; ahora es estándar para embarcaciones crucero. El fin o aleta reduce la superficie mojada a su mínimo y mejora la habilidad a barlovento, mientras que la fuerza de su timón a popa provee buena estabilidad direccional, fácil de gobernar y mucha maniobrabilidad en atracaderos. Por estas razones, el fin keel es el más recomendado para cruceros y regatas, y no es otra moda.

Hay numerosos tipos de fin keel. Ver figura 25. Para un crucero promedio, el "fin keel" tiene una forma con una relación baja de alargamiento, bastante larga y de un calado moderado. La razón para esto es que la baja superficie mojada y la alta eficiencia no son tan importantes para el crucero como los son un calado razonable y la habilidad de entrar a las aguas costeras. El yate regatas, de otro lado, muestra un *fin* con una relación de alargamiento muy alta, profunda y angosta, para ganar máxima eficiencia con mínima resistencia y superficie mojada. Algunas regatas oceánicas extremas, tales como los yates alrededor del mundo BOC, pueden tener fins tan profundas como 13 a 17 pies.

Los "*Fins*" tienen formas hidrodinámicas, por supuesto, y las líneas de agua del fin son usualmente seleccionadas de algunas de las formas NACA, los cuales han sido ensayados para sustentación y resistencia a varias velocidades. Estos perfiles serán seleccionados más adelante en este capítulo. ***De acuerdo a estas razones, se decidió que el tipo de quilla que llevará el Velero UNI sea "Fin keel" para crucero de competencia.***

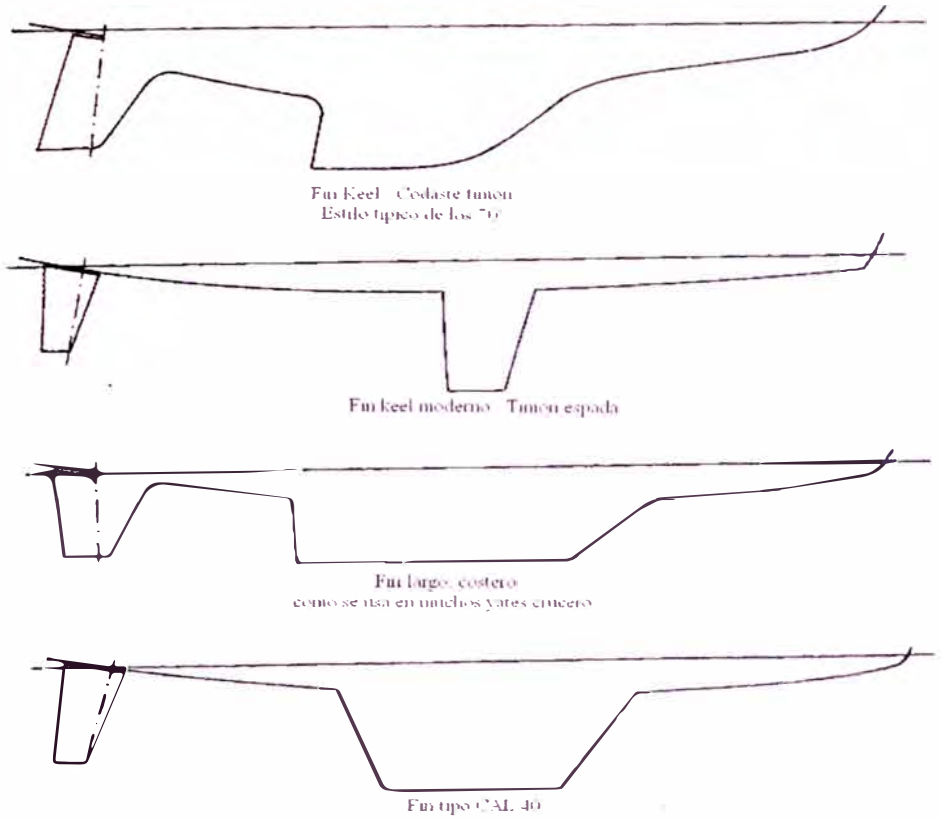


Fig. 25 Quillas aleta tipo "fin keel"
Fuente [1]: Ted Brewer. "Understanding Boat Design"

5.2 Variaciones de timones.

El timón de pala balanceada, comúnmente usado con el fin keel, tiene una seria falla. Puede atascarse y perder toda la habilidad de gobierno si es girada rápidamente a ángulos moderados (12 – 15 grados). Esto puede crear una excitante y peligrosa inclinación. ***Por esta razón muchos diseñadores prefieren un timón "skeg-hung" (timón apoyado sobre un tintero) para los veleros crucero (Ver fig. 26).***

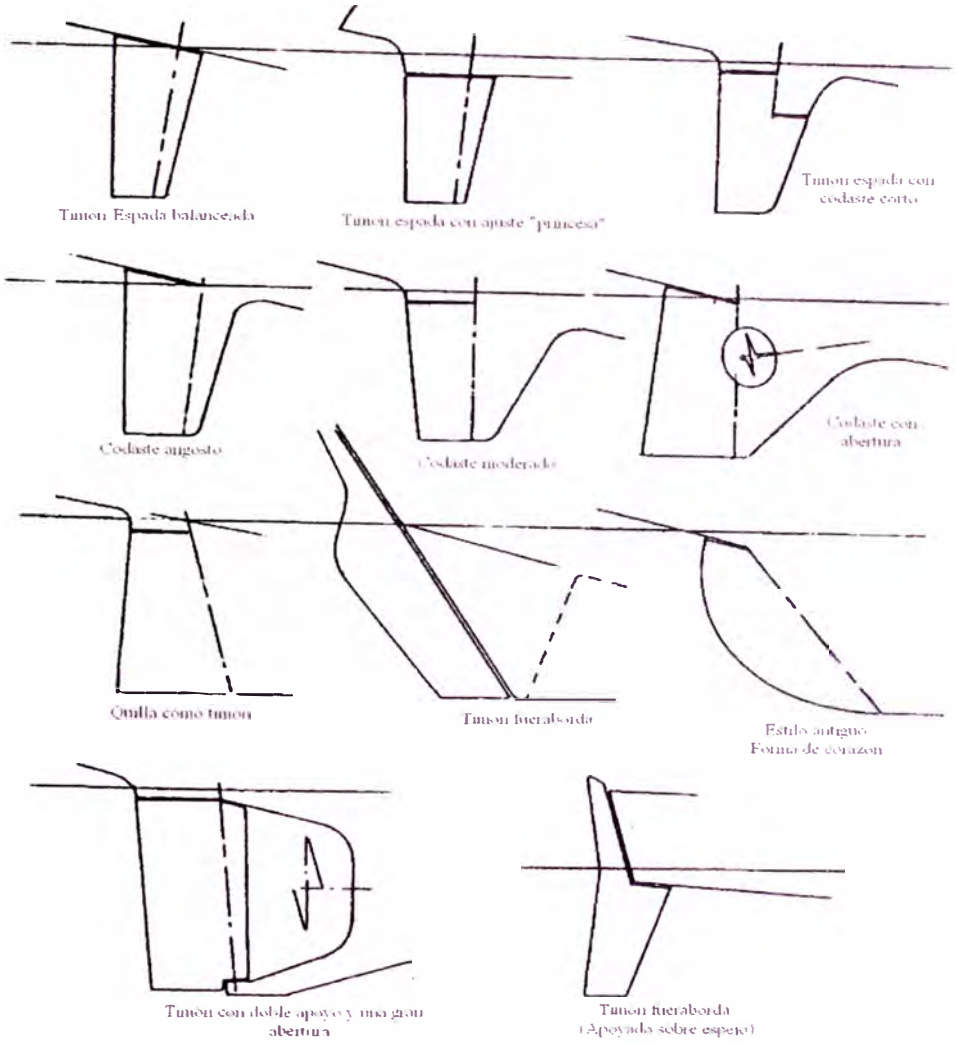


Fig. 26 Variaciones de timones
Fuente [1]: Ted Brewer. "Understanding Boat Design"

Al colocar un codaste a proa del timón se incrementa el ángulo de giro y reduce la posibilidad de inclinación. En adición, una abertura para el propulsor puede ser practicada en un codaste, de tamaño moderado. Éste protege al propulsor de los golpes y al eje de las eslingas al levantar el bote. ***Es por estas razones, que el velero UNI cuenta con un timón apoyado por codaste y tintero.***

Una ventaja de un timón balanceado sin codaste es poder gobernar el bote en reversa. Ningún otro timón puede hacer esta maniobra. Podría parecer ser muy insignificante, pero la habilidad a gobernar en reversa puede hacer la vida más fácil en atracaderos muy estrechos.

5.3 Dimensiones y características del fin keel y pala de timón.

La función del timón y quilla o centerboarder junto con el casco como una unidad es proveer la necesaria fuerza de sustentación transversal para contrarrestar la fuerza lateral de la velas. Los botes que no tienen "fin keel" tienen características de sustentación menos eficiente que los de "fin keel", así, ellos han sido analizados separadamente.

El timón tiene una función adicional y es la de proveer una sustentación de corrección para ajustar las características de giro a barlovento y sotavento y además proveer maniobrabilidad y control de gobierno.

Tabla IV. Razones Plano Lateral, Área de Aleta y Área de Timón

Pl. lateral / Area Vélica	Promedio	Máximo	Mínimo
Botes sin "Fin Keel"	0.16	0.19	0.11
Pl. lateral / Area Vélica	0.11	0.14	0.07
Botes con "Fin Keel"			
"Fin -Keel"/Pl. lateral	0.32	0.44	0.25
Botes con "Fin Keel"			
Area Timón / Pl. Lateral	0.10	0.18	0.06

Fuente [2]: Richard T. Miller, Karl L. Kirkman. "Sailing Yacth Design-a new Appreciation of a Fine Art".

La tabla IV nos muestra los valores promedio, máximo y mínimo de las relaciones de las áreas vélica/A. lateral, A. Lat. /A. quilla, y A. Lat. /A. timón.

Sea:
v = área vélica

c = área lateral del casco, dato de los planos = 7.784165 m^2

t = área del timón.

q = área de la quilla fin.

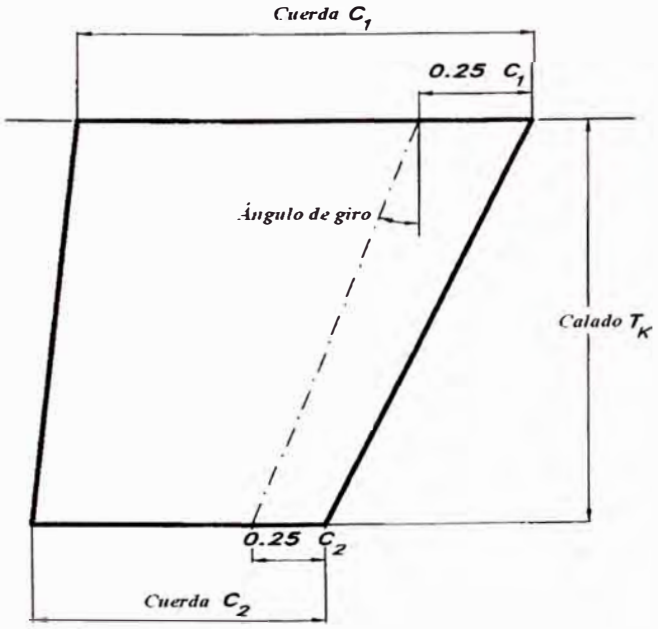
$(c + t + q) / v = 0.11 \Longrightarrow c + t + q = 0.11 * v$;

$q / (c + t + q) = 0.32 \Longrightarrow 0.68 * q = 0.32 * c + 0.32 * t$;

$t / (c + q + t) = 0.1 \Longrightarrow 0.9 * t = 0.1 * c + 0.1 * q$;

Obtenemos: $q = 4.3\ m^2$ y $t = 1.342\ m^2$

Por lo tanto, $v = 122\ m^2$



Relación Alargamiento : $AR = \frac{T_K}{\bar{C}}$

$\bar{C} = \frac{C_1 + C_2}{2}$

Relación conicidad = $\frac{C_2}{C_1}$

Ángulo de giro definido por el 25% de la cuerda

Fig. 27 Definición de la forma longitudinal de la quilla
Fuente [3]: Larson L. & Eliasson R.E. "Principles of Yacht Design".

La figura 27 nos define la forma longitudinal de un apéndice, ya sea quilla o pala de timón, que nos servirá para explicar sus características a continuación. La fig. 28 [3] muestra relaciones de conicidad como función del ángulo de flecha, notar que se recomienda una relación mínima de 0.2 para prevenir torbellinos en el borde inferior del apéndice.

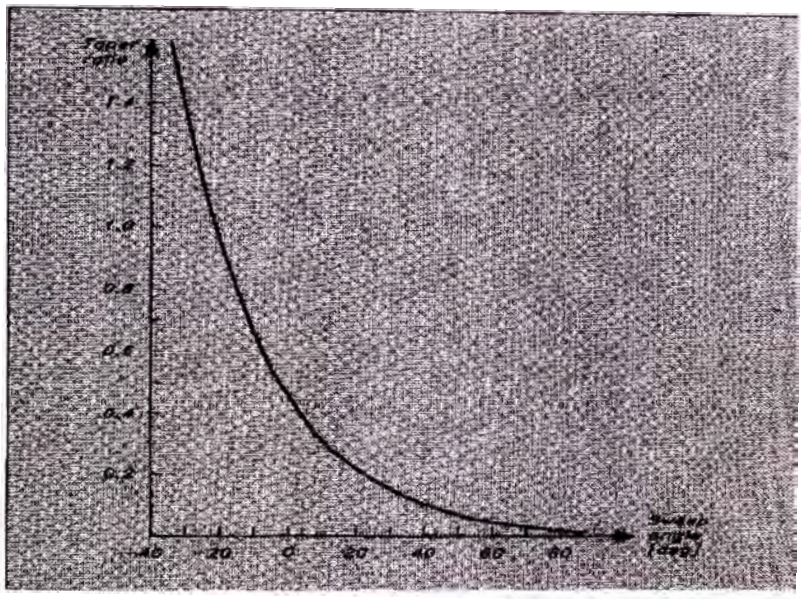


Fig. 28 Relación óptima entre la conicidad versus el ángulo de flecha
Fuente [3]: Larson L. & Eliasson R.E. "Principles of Yacht Design".

El artículo de diseño de yates [2] presenta un estudio efectuado por DeSaix el cual reporta una relación entre la relación de alargamiento y el ángulo de giro, derivado de sus estudios experimentales sobre yates con apéndices. Ver figura 29. La siguiente figura 30, nos muestra tres formas longitudinales de quilla presentados en el artículo de diseño de yates [3].

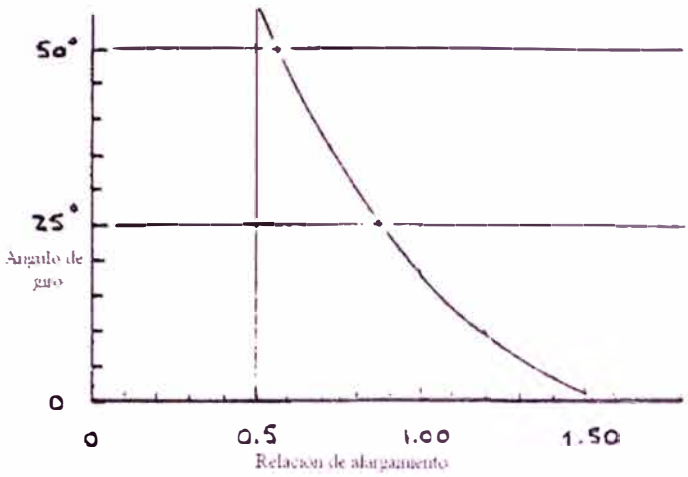


Fig. 29 Gráfica Ángulo de giro o flecha versus relación de conicidad
Fuente [2]: Richard T. Miller, Karl L. Kirkman. "Sailing Yacth Design-a new Appreciation of a Fine Art".

Estas tres formas con borde inferior recto y cuyas características se muestran abajo, son aplicables a diferentes tipos de veleros. *Por ser el Velero UNI un crucero de competencia necesita una forma con relación de alargamiento no muy grande, que pueda alojar una buena cantidad de lastre en su interior y que sea fácil de construir, así mismo que le de estética a la nave. Por tales razones, la tercera forma se ajusta a los nuestros requerimientos y a las recomendaciones antes presentadas; esta es la forma elegida para el diseño del Velero UNI. Sin embargo se han variado las características presentadas, para poder albergar mucho más lastre y situar el centro de gravedad más debajo de lo que se hubiera conseguido con las características intactas. Es importante recordar que esta es una embarcación crucero donde el factor seguridad es más importante que ganar unas décimas en velocidad.*

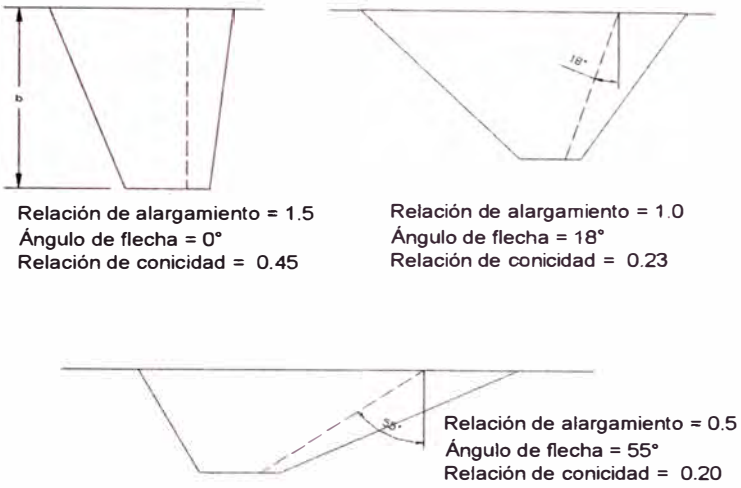


Fig.30 Geometrías de quillas de áreas iguales
Fuente [2]: Richard T. Miller, Karl L. Kirkman. "Sailing Yacth Design-a new Appreciation of a Fine Art".

5.4 Selección de los perfiles NACA para timón y quilla.

Nosotros tenemos que tratar a la quilla y al timón separadamente, puesto que sus condiciones de operación y función son diferentes. Así, la quilla normalmente opera en pequeños ángulos de ataque y la velocidad del yate ***depende del arrastre producido*** en estos pequeños ángulos. El timón, por otro lado, podría ayudar a la quilla a producir la necesaria fuerza lateral, pero su principal tarea es proveer suficiente momento para maniobrar el yate bajo todas las condiciones. Por lo tanto, el timón tiene que ser diseñado con énfasis en la máxima fuerza de ***sustentación lateral requerida.***

Puesto que la sustentación y el ángulo de ataque de la quilla son pequeños, los perfiles de la serie 6 son los más recomendables por tener un coeficiente de arrastre menor comparado a la serie de cuatro dígitos. Los perfiles de la serie 63 y 65 pueden ser usados, pero la relación de espesor no debería ser demasiado pequeño para

mantener un arrastre mínimo para navegación a barlovento. Se puede aceptar como límites inferiores aceptables un 12% para la serie 63 y 15% para la 65 (Ver figura 31 [3]).

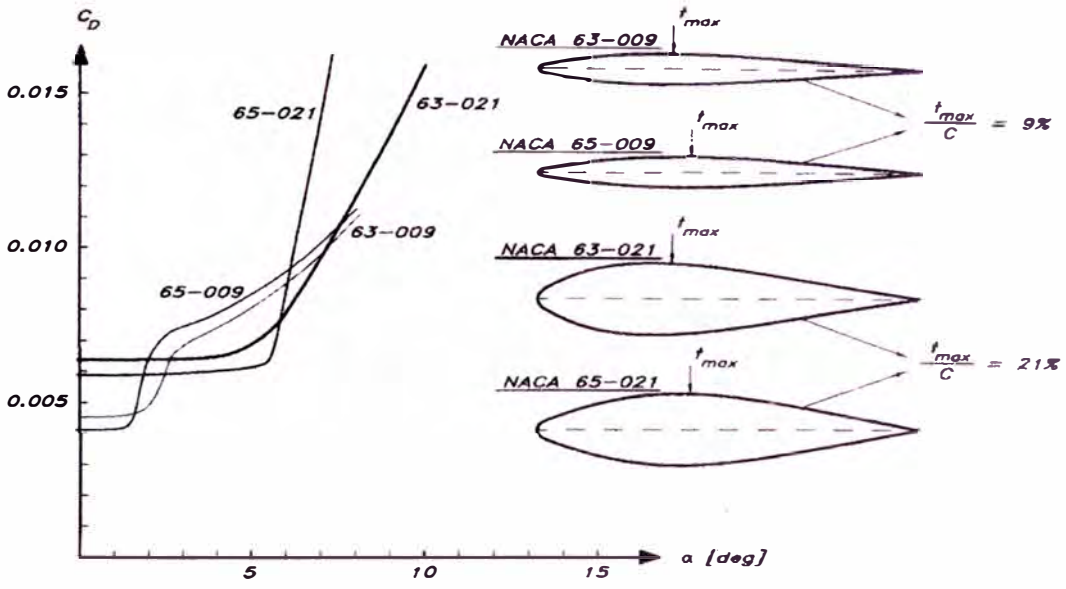


Fig. 31 Influencia de la forma del perfil sobre el arrastre
Fuente [3]: Larson L. & Eliasson R.E. "Principles of Yacht Design".

Se recomienda también, una sección con espesor considerable, por supuesto, favorable desde el punto de vista para el lastre, pero por aumentar su resistencia viscosa por presión, se recomienda no exagerar. Así, el arrastre en un ángulo de ataque cero se incrementa con el espesor y la serie de cuatro dígitos presenta un alto coeficiente de arrastre en comparación de la serie 6. ***El perfil elegido para la quilla del Velero UNI es el 63012 NACA para la parte superior y 65018 para la parte inferior.***

El timón tiene que ser diseñado para la máxima fuerza lateral requerida, y esta fuerza es proporcional al producto del máximo coeficiente de sustentación y el área de la forma longitudinal. Un C_{Lmax} (Coeficiente de sustentación máximo) grande significa que el área debe ser pequeña y que la superficie mojada debe disminuirse. Por otro lado, una superficie mojada grande puede ser tolerada si tiene un área mayor de flujo laminar. Resumiendo, el timón opera normalmente a ángulos más grandes que la quilla, particularmente si el yate está navegando en una corriente y se tienen que hacer correcciones al curso continuamente. Con todo esto en mente es obvio que los perfiles laminares más extremos deben ser evitados, tales como la serie 65 puesto que tienen un C_{Lmax} muy bajo y una gran resistencia a grandes ángulos que los otros dos tipos de perfiles discutidos anteriormente. Para cascos ligeros y rápidos tales como catamaranes, botes salvavidas, y cascos de desplazamiento ligero, donde se requieren ángulos de ataque relativamente pequeños, podría hablarse a favor de la serie 63, mientras que para grandes yates con ángulos de ataque mayores es preferible la serie de cuatro dígitos.

Un espesor aceptable para la mayoría de yates es de 12 - 15%, puesto que el C_{Lmax} se obtiene en este rango, como se muestra en la Fig. 32. ***Por lo tanto, siguiendo todas las conclusiones para el diseño de una pala de timón, se ha seleccionado un perfil NACA 0012.***

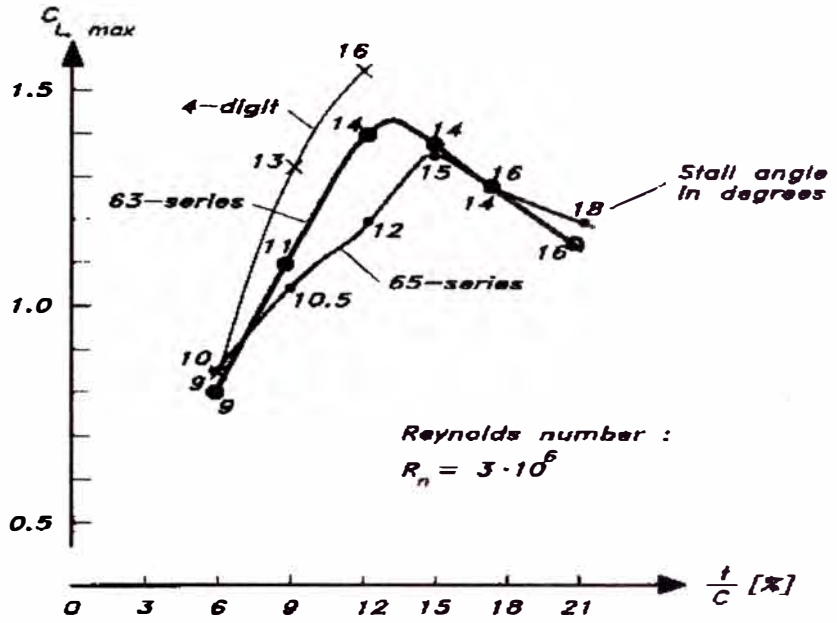


Fig. 32 Sustentación máxima para diferentes perfiles.
Fuente [3]: Larson L. & Eliasson R.E. "Principles of Yacht Design".

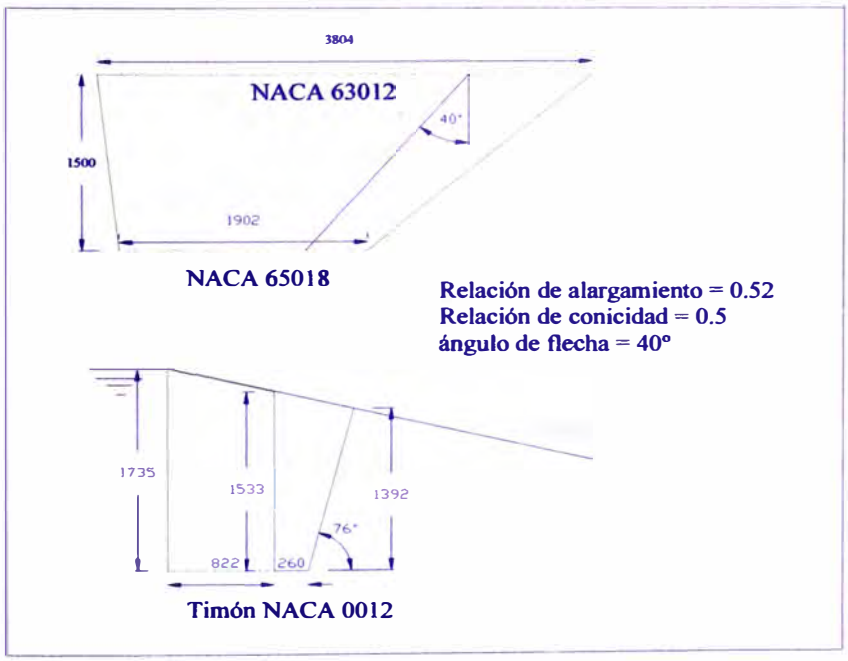


Fig. 33 Geometría y dimensiones de los apéndices

CAPÍTULO 6

PLANO VÉLICO

A través de las épocas, los tipos de aparejos en los veleros han evolucionado desde el aparejo latino "lateen", vela al tercio "lugsail", vela cangreja "gaff" y la vela guaira "sliding gunter" a la vela Bermuda "Bermudian" (también llamado Marconi). Hoy, la mayoría de las formas de velas son "gaff" (cangreja) o Bermuda. Otras formas son muy raras.

6.1 Tipos de Aparejos.

6.1.1 Aparejo Gaff

Hay mucho que decir de la vela Gaff (Ver figura 34). Comparado con otras formas, tiene un bajo centro de presiones y mucho momento escorante reducido porque el área vélica está distribuida a proa y popa. Los aparejos usan mástiles más cortos y jarcia simple, y si las cosas van mal en el mar, como sucede frecuentemente, es más fácil reparar, que un bermuda. También, el aparejo gaff es flexible y generalmente transfiere menos tensión al casco. Este tipo de aparejos es más eficiente navegando a sotavento que el aparejo bermuda. Las desventajas del aparejo gaff son: tener los mástiles más pesados; inferior rendimiento a barlovento comparado al Bermuda. La baja relación de alargamiento de la vela gaff y su unión

al mástil, por aros o amarre, no se puede comparar con la eficiencia de la alta relación de alargamiento del aparejo Bermuda.

6.1.2 Aparejo Bermuda

El aparejo Bermuda (Marconi o jibheaded) tiene un gran comportamiento a barlovento que el aparejo gaff debido a su alta relación de alargamiento, como se nota en la figura 34. El mástil y las plumas son mucho más ligeros para una área vélica comparable, y los modernos desarrollos en extrusiones de aluminio han dado al aparejo Bermuda una ventaja en ambos, peso y costo sobre las plumas sólidas o de madera. ***Este tipo de aparejo fundamental se ha seleccionado para el velero 0UNI, por ser ésta un crucero de competencia, lo que significa que debe navegar muy bien tanto a sotavento como a barlovento, precisamente el último es más importante porque es ahí donde se mide la calidad de un crucero de competencia.***

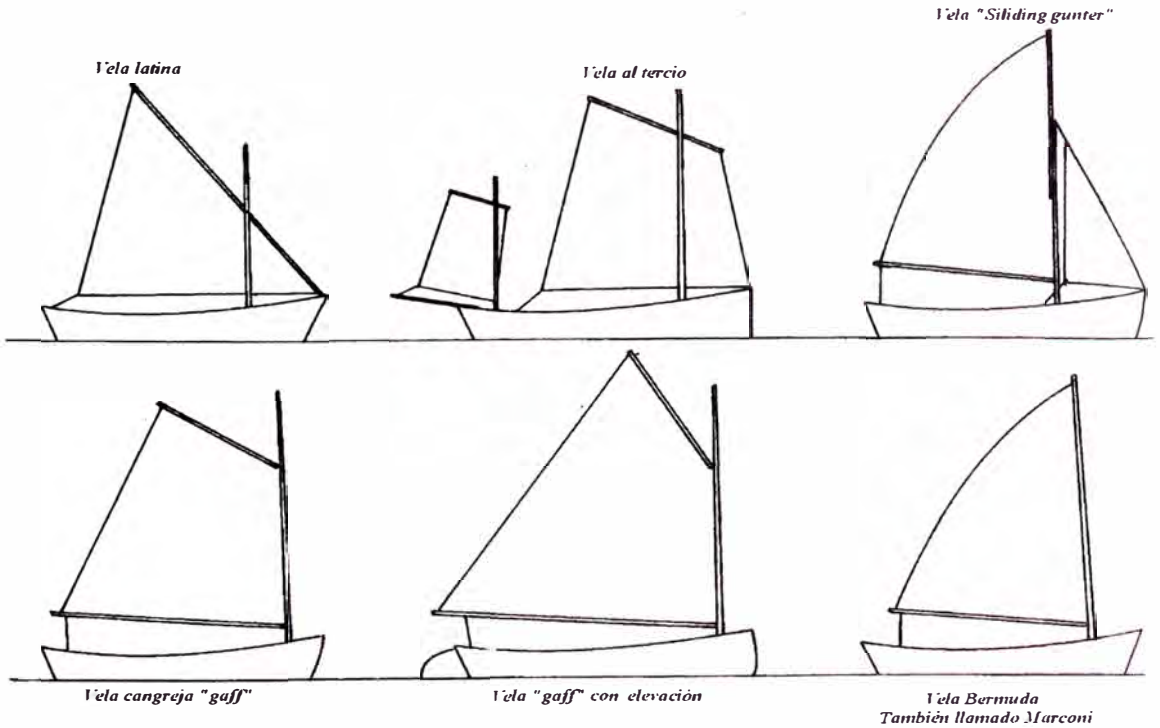


Fig. 34 Tipos de velas
Fuente [1]: Ted Brewer. "Understanding Boat Design"

6.2 Variaciones de los Aparejos.

6.2.1 El "Catboat"

El "catboat" es el aparejo más simple para navegar, pero algunos dicen que es el más difícil también (Ver fig. 35). Las ventajas de los "catboats" son la simplicidad y excelente habilidad a sotavento. En general, el aparejo "*cat*" ha sido siempre popular para veleros pequeños, particularmente cuando usa una vela Bermudan. *Sin embargo, muchos marinos no consideran a los catboats con condiciones marineras para cruceros oceánicos.*

6.2.2 El "Sloop" y "Cutter"

El "sloop" y "cúter" (balandra y cúter respectivamente) originalmente tuvieron velas gaff con velas altas cuadradas y diversos conjuntos de velas frontales a lo largo de un bauprés (Ver fig. 35). La diferencia fue que los sloops eran cargueros, mientras que los cutters fueron para uso militar. Hoy los aparejos son difíciles de diferenciar. El sloop y cutter son los aparejos con más condiciones marineras de todos, y la flota oceánica de regatas es casi el 100% sloop por esa razón. Estos aparejos son ampliamente usados para veleros oceánicos, y con un equipo moderno de manipulación de velas y técnicas son seguras y fáciles de navegar a esloras superiores de 50 pies. *Esta es una muy buena alternativa para tomarla como aparejo para el Velero UNI, pero existen otras consideraciones que debemos tomar en cuenta para la selección de parejos, los cuales serán explicados más adelante.*

6.2.3 El "Yawl"

El "yawl" o "yola" ha sido llamado un sloop con un mástil de mesana. Tiene una gran reputación como aparejo para crucero. Es casi tan eficiente a barlovento como un sloop, le permite colocar fácilmente una vela en el mástil de mesana para incrementar el área vélica. En aire fuerte puede dejar caer la vela principal y el bote se balanceará muy bien con las velas jib y de mesana. *El yawl pierde un poco a barlovento, porque el mástil de mesana pequeño frecuentemente tiene mayor arrastre que empuje.*

6.2.4 El "Ketch"

El "ketch" o keche tiene su mástil de mesana colocado más a proa que el yawl y lleva más área vélica. Esto permite al aparejo balancearse bien, bajo una amplia variedad de combinaciones de velas. Sin embargo, a causa de que la mesana grande es tapada por la vela principal cuando trabaja a barlovento, el velero disminuye su eficiencia pero es compensado por su muy buena habilidad para navegar de bolina. *El ketch es justamente popular para yates crucero, en el cual una perdida de habilidad a barlovento no es tan importante como la facilidad de maniobra en tiempo difícil.* Como el yawl, el ketch puede incorporar una portátil y efectiva vela triangular.

6.2.5 El "Schooner"

Los "schooners" o goletas vienen en variedades interminables y con dos, tres o más mástiles. Si están bien diseñados, un schooner de vela trinquete puede trabajar lentamente a barlovento en una borrasca corta con solamente el juego de velas de

trinquete, de esta forma este aparejo se hace maniobrable. El aparejo schooner hoy en día, son poco vistos, excepto en botes diseñados para reflejar el pasado.

Con equipos modernos de izado y manipulación de velas, no hay virtualmente un límite fijo para el tamaño de los aparejos. Incluso las balandras más grandes pueden ser maniobrados con winches y equipos de izado y tomas de rizos de velas- pero que Dios ayude a la tripulación si algo se rompe en un clima furioso. Para cruceros de altamar, el límite real es lo que tú y tu tripulación pueda maniobrar en la peor de las condiciones. Se ha llegado a las siguientes conclusiones, los balandros "sloops" para embarcaciones de 40 a 45 pies de eslora, de 45 a 60 pies los cúter y yolas, y de cualquier tamaño si Ud. desea para keches y goletas [1].

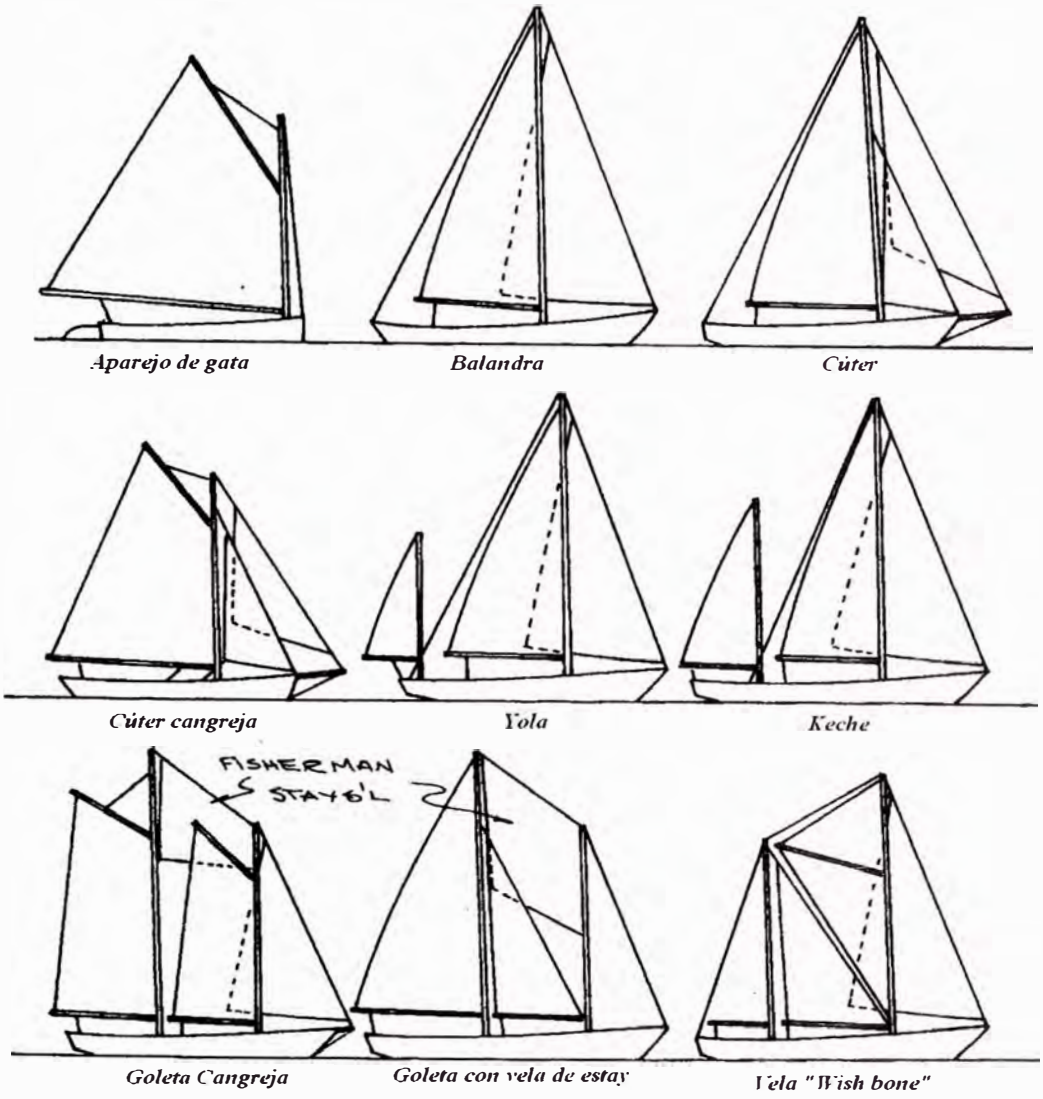


Fig. 35 Aparejos de veleros
Fuente [1]: Ted Brewer. "Understanding Boat Design"

Como consecuencia de las conclusiones y la superposición con los requerimientos del Velero UNI, se ha seleccionado el Aparejo Keche, ya que es muy buena en navegación de bolina, segura, fácil de maniobrar, navega bien a sotavento y la tripulación de veleros a nivel mundial la recomienda para los cruceros, entre otras cosas más que se explica más adelante.

El aparejo sloop es recomendable para regatas y no se acomoda a nuestra eslora de 50'.

6.3 Cálculo de las características y dimensiones del Plan Vélico

El área vélica es obviamente una medida de la fuerza motriz obtenible para un velero. Para juzgar si el área es suficientemente grande debe ser comparado de alguna manera con las características que producen resistencia al velero. Éstas son la superficie mojada y el desplazamiento, mientras que el primero determina la resistencia por fricción, la cual es dominante a bajas velocidades, el último factor es la propiedad más importante para la resistencia por formación de olas, el componente es más grande a altas velocidades. Los parámetros adimensionales apropiados son por lo tanto: (área vélica) / (superficie mojada) ó ("SA / WS") y (área vélica) / (volumen del desplazamiento$^{2/3}$) ó ("SA/V$^{2/3}$").

Las estadísticas presentadas por R. T. Millar y K. L. Kirkman [2] y tomada en consideración totalmente por Lars Larsson y Rolf E. Eliasson [3], basadas en la flota de USA, muestra que prácticamente todos los botes tienen una relación "SA/WS" entre 2.0 y 2.5, con un valor promedio igual a 2.25. Parece ser que no hay influencia por el tamaño del yate. La relación "SA/V$^{2/3}$" está dentro de 15 y 22 para la vasta mayoría de yates y el valor promedio es19. Los cálculos de estas relaciones para el velero UNI son los siguientes:

SA	calculado en el capítulo anterior =	122	m^2
WS:(T = 0.8)	calculado en el software 3D =	41.5198	m^2
Vol (T = 0.8 m.)	calculado con el casco en 3D =	16.21	m^3
$SA/V^{2/3}$ =		19.0474929	
SA/WS =		2.25342539	

Los resultados confirman que los parámetros y características del velero están correctamente diseñados puesto que sus relaciones adimensionales caen finamente entre los rango y más aún los resultados son los valores promedios de las estadísticas. Con la seguridad y confianza que nos dan estos resultados seguimos adelante con la distribución del área vélica y determinación de las dimensiones de las velas.

Tabla V. Distribución del área vélica

	Triangular de Proa (%)	Principal (%)	Mesana (%)
Promedio de los 80's Sloop/ cutters	50	50	-------
Principal máximo del 80, Sloop/ cutters	27	73	-------
Principal mínimo del 80, Sloop/ cutters	58	42	-------
Yola típico de los 80's	43	47	10
Keche típico de los 80's	46	39	15

Fuente [3]: Larson L. & Eliasson R.E. "Principles of Yacht Design".

De la tabla V [2] obtenemos la distribución del área vélica, y es la siguiente:

Triangular de proa = 56.12 m^2;

Vela principal = 47.6 m^2

Vela de mesana = 18.3 m^2

Se usará una cuarta vela triangular cuando se navegue en la condición de máxima carga, esta vela se denomina "mule", entre la traversa y el mástil de mesana como se aprecia en el plano vélico más adelante. El área de esta vela auxiliar es de 14.5 m^2 lo que haría un total de 136.5 m^2.

Por lo tanto, se adelanta que, el estudio de estabilidad está basado en tres condiciones de carga. La primera, máxima carga, la segunda en condición de crucero y la tercera en condición de crucero de competencia. La estadística mostrada por [2], nos dice que para veleros de los 80's los valores promedios de la relación de alargamiento de la vela principal es de 2.95:1. Este valor se obtiene de dividir la altura de la vela entre su base, hablamos de una vela triángulo rectángulo. Esta relación nos servirá para determinar las dimensiones de las velas y como consecuencia las dimensiones del mástil y botavara principal. Valores altos de las relaciones de alargamiento de vela es favorable por que ofrecen mejor coeficiente de empuje dentro del viento. Esta conclusión se ha logrado con la ayuda de experimentos en túneles de viento.

Otro parámetro importante en el diseño del plano vélico es la relación de alargamiento del aparejo, normalmente se encuentra con un valor promedio de 5.5. Este valor se determina elevando al cuadrado la altura de la vela, todo esto dividido por su área vélica correspondiente. De acuerdo a lo expuesto anteriormente, proseguimos con el diseño asistido por computadora.

Esto nos va a permitir dar un ajuste final teniendo en cuenta la geometría de los elementos, la ergonomía, distancia entre uno y otro elemento, la disposición de pesos y los aspectos constructivos, como por ejemplo, el mástil principal debe estar adelante que la raíz de la quilla fin y a la vez no debe exagerarse para no encabuzar el barco, etc.

Por último, se muestra a continuación el esquema preliminar del plan vélico. Notar la distribución del área vélica en los dos mástiles y el cumplimiento de los parámetros definidos anteriormente.

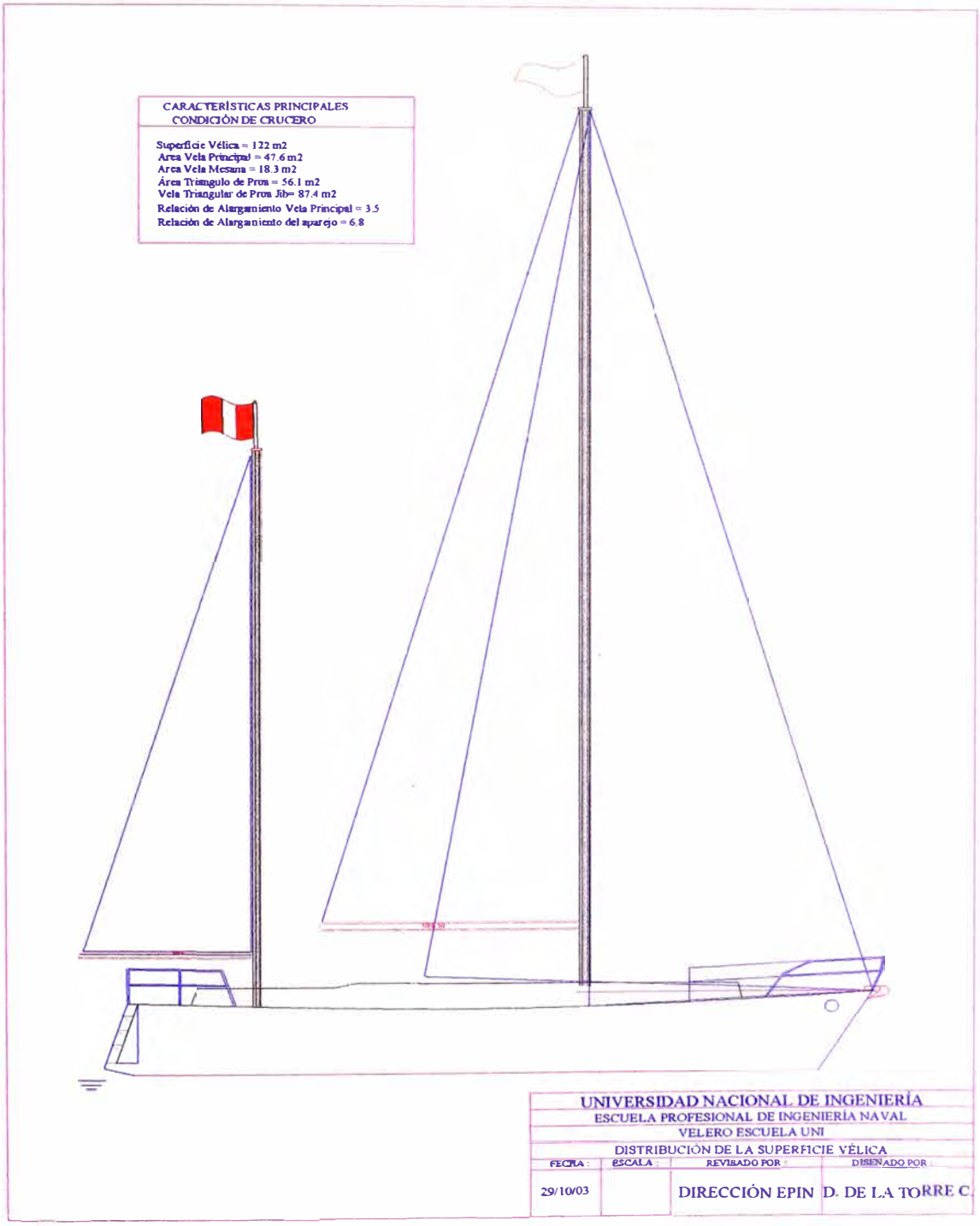


Fig. 36 Distribución de la superficie vélica

6.4 Fuerzas sobre un velero

Son las que se muestran en la figura siguiente.

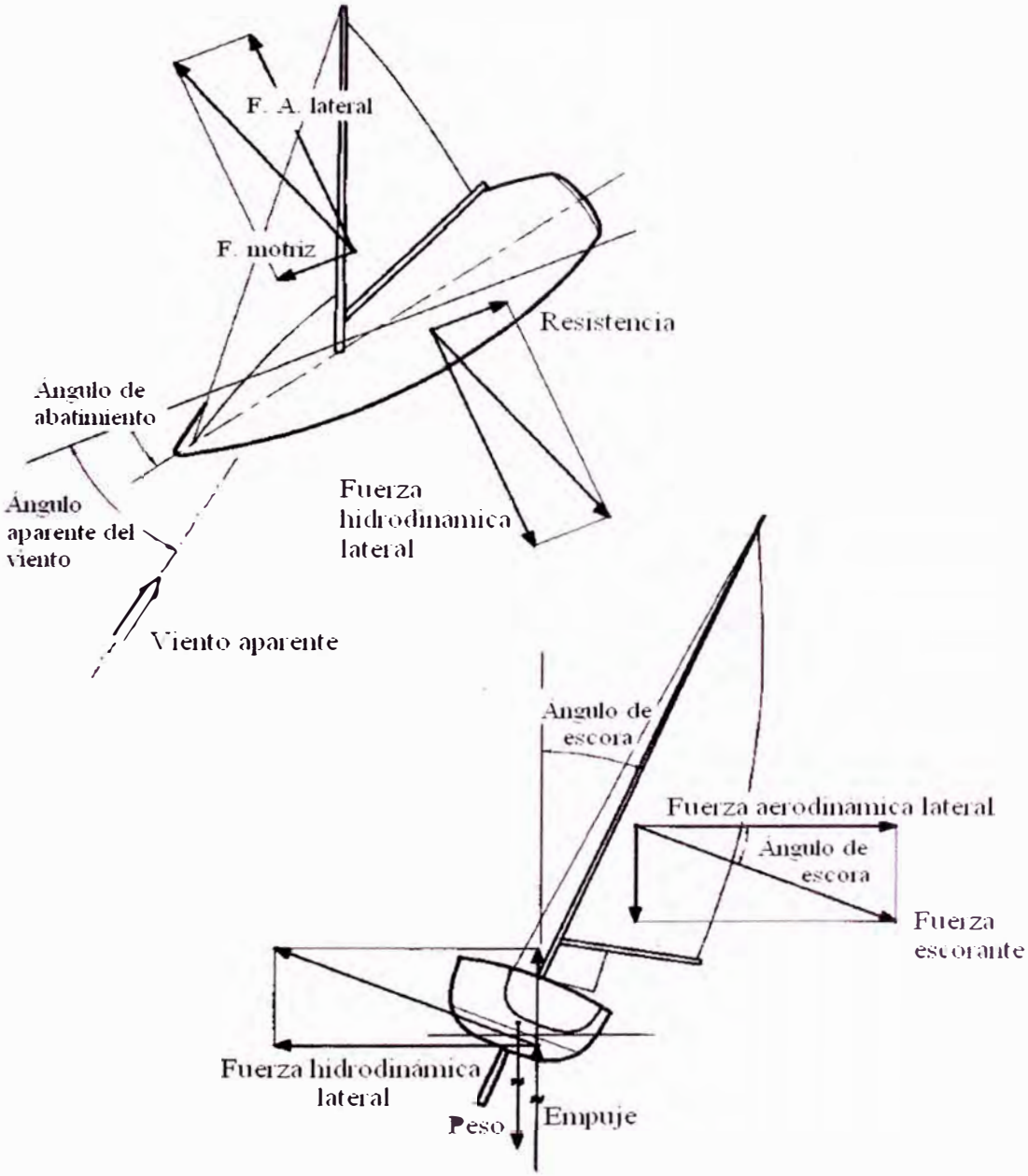


Fig. 37 Fuerzas que actúan sobre un velero
Fuente [3]: Larson L. & Eliasson R.E. "Principles of Yacht Design".

La figura 37 anterior, muestra las diferentes fuerzas actuando sobre el velero. En la vista de planta se asigna las componentes principales de estas fuerzas. Cuando

el velero está navegando, se desarrolla una resistencia al avance. Bajo condiciones de equilibrio, cuando el yate navega a velocidad constante en una dirección dada, la resistencia tiene que ser balanceada por una fuerza motriz generada desde las velas. Desafortunadamente, se genera también al mismo tiempo una fuerza lateral, el cual a su turno tiene que ser balanceado por una fuerza lateral hidrodinámica. La última fuerza es desarrollado por el cuerpo bajo flotación cuando se desvía ligeramente hacia un costado, es decir cuando el velero tiene un ángulo de abatimiento. Estas dos fuerzas laterales en la vista de planta deben actuar en la misma recta. El momento escorante de la fuerza aerodinámica e hidrodinámica es balanceada por el momento adrizante producida por el empuje y el peso. En la fig. 37 se puede apreciar la dirección del viento aparente, marcado con una flecha ancha; puesto que el viento "real" es influenciado por la velocidad del bote.

6.5 Relación entre aparejos y casco

Una decisión final en el diseño del plan vélico concierne a su posición longitudinal relativa al casco. Para propósitos prácticos esto significa decidir en cuanto el centro geométrico de presiones de las velas (CE) aventaja al centro de presiones lateral d caco sumergido (CLR). Esta distancia que adelanta el CE al CLR se denomina "lead". Si el CE está muy adelante del CLR, es decir tiene suficiente lead, este momento balanceará al momento fuerza motriz-resistencia al avance y asegurará una condición neutra de gobierno manteniendo un curso estable. Si el lead es demasiado pequeño, el momento producido por la fuerza motriz vencerá y se requerirá girar la caña de timón a barlovento para mantener el curso deseado. Si el

lead es demasiado grande el momento transversal vencerá y se requerirá girar la caña de timón a sotavento para mantener el curso. Por razones de seguridad se prefiere girar la caña a barlovento, vale decir, tener un lead relativamente pequeño. El problema es que los centros dinámicos no corresponden a los geométricos los cuales han sido usados históricamente como una base de diseño; la magnitud del momento producido por las fuerzas motriz-resistencia es muy complejo de determinar.

6.5.1 Cálculo del CLR

Un método propuesto por [3] basados en el estudio realizado por el profesor Gerritsma nos permite determinar el centro de presiones lateral del cuerpo sumergido. Este método está expuesto en la siguiente figura 38. El método expresa que el CLR se encuentra sobre la línea del 25% de la cuerda y por debajo de la línea de flotación en un 0.45* T.

6.5.2 Cálculo del CE

El CE dinámico se aproxima mucho al CE geométrico por lo tanto la determinación del CE es puramente geométrico. Debemos tener en cuenta que sólo se toma en cuenta el área triangular de proa mas no del total del área de la vela triangular de proa. Además, el área vélica de la mesana debe considerarse para el cálculo sólo el 50% [3]. A continuación, en la gráfica 38, se determina el CE, CLR y además el lead.

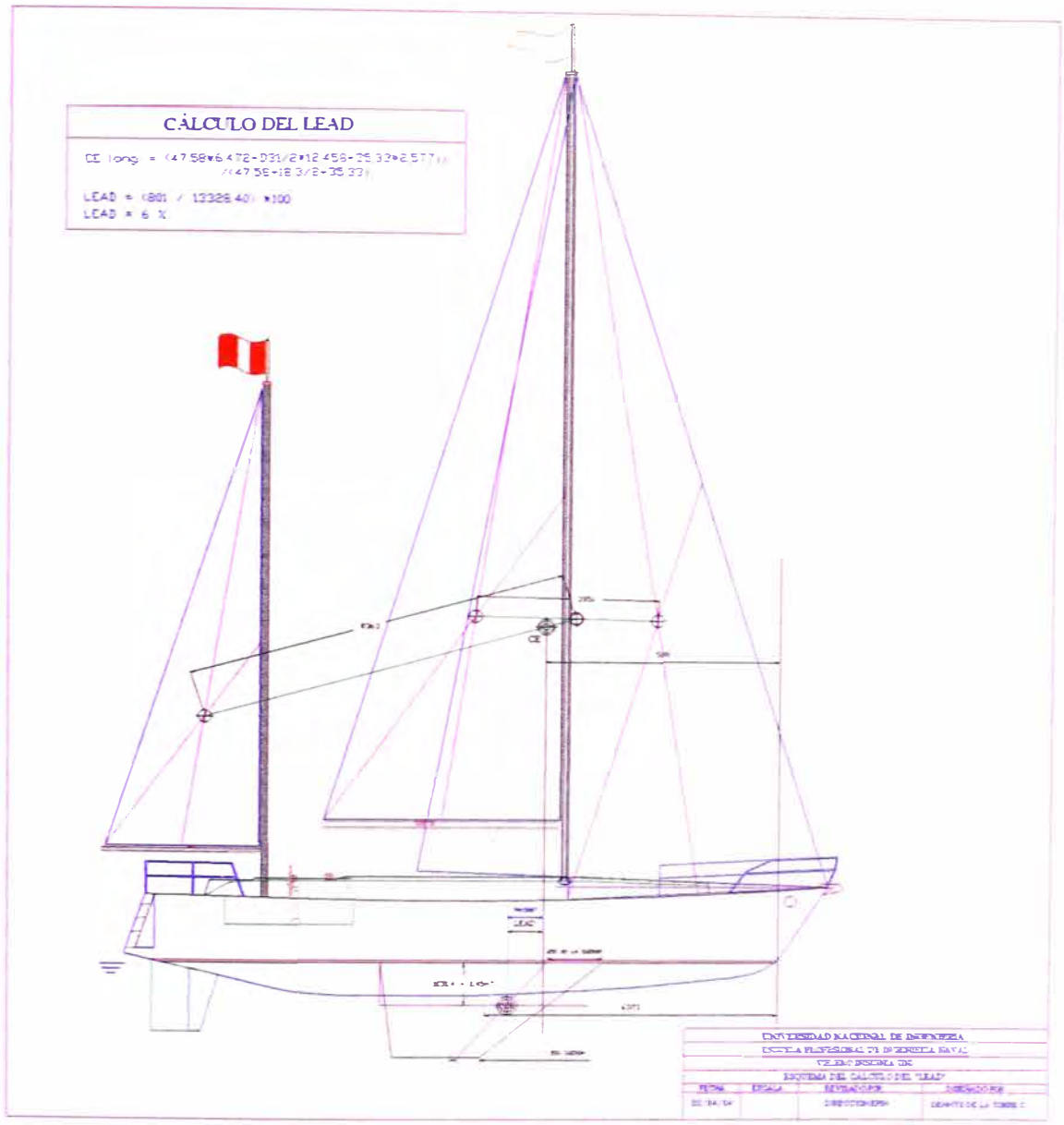


Fig. 38 Determinación de CE, CLR y el "LEAD"

6.6 Plano vélico

Se presenta en la gráfica 39 el plano vélico, una vez terminado los cálculos de distribución de Área vélica, posición y alturas de los mástiles, situación de la vela auxiliar, situación de los elementos de amarre, etcétera.

La cantidad de "lead" es un factor importante en la determinación del plano vélico. En principio, los siguientes parámetros incrementarán la cantidad de "lead":

- Una gran manga. Una embarcación ancha se torna más asimétrico bajo la flotación cuando se escora, por lo tanto crea un momento a barlovento.

- Una quilla larga. El CLR real está en o al frente del 25% de la cuerda y este se mueve mas a proa del casco cuando la quilla es más larga.

- Una relación de alargamientos grande de las velas. El movimiento a sotavento del CE con ángulos de escora es más grande para una vela alta.

- Una estabilidad baja. Los cascos con baja estabilidad obviamente escora más y causa un movimiento mayor a sotavento del CE.

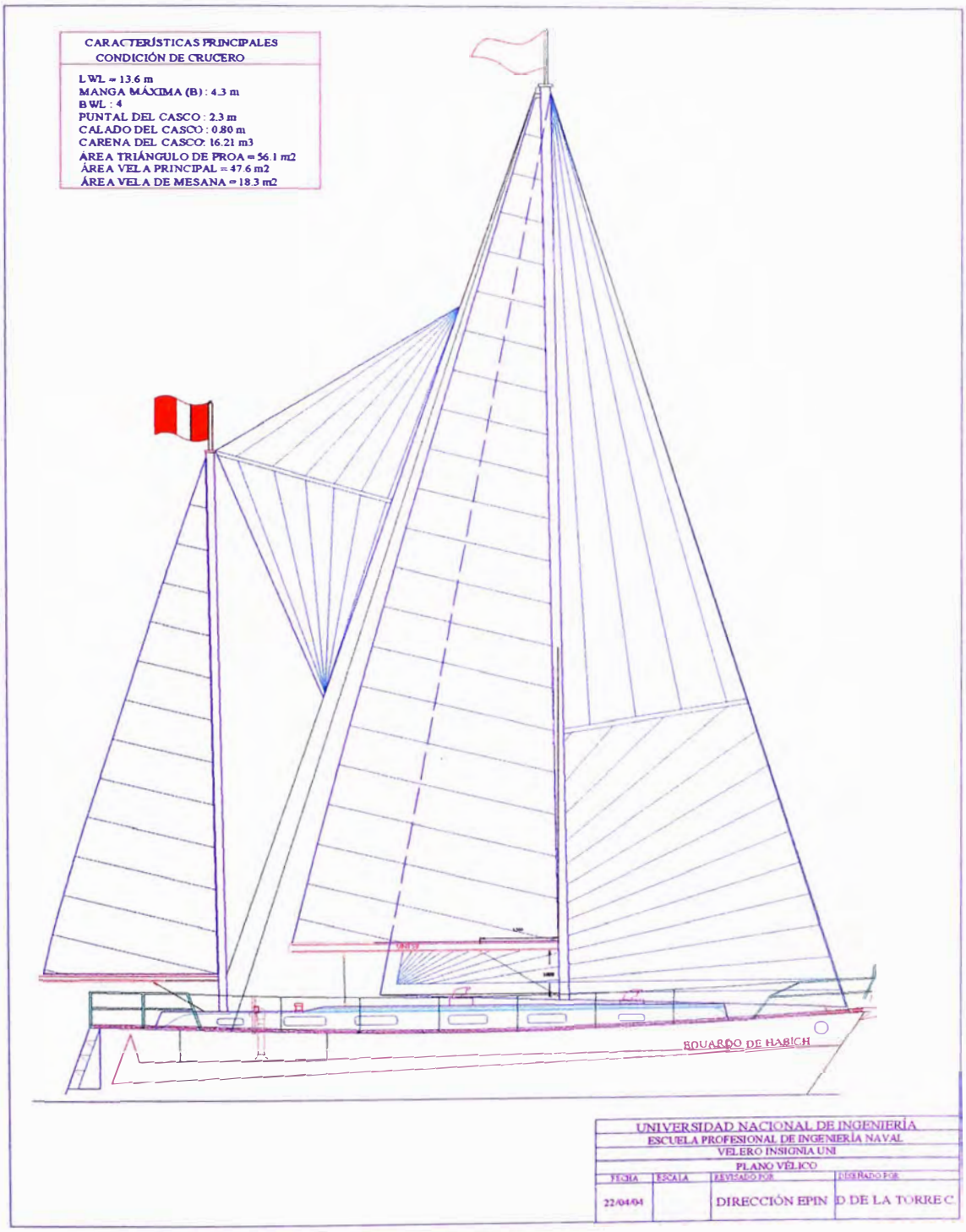


Fig. 39 Plano Vélico

Según [3] el valor promedio de lead para un crucero de forma estándar es 6%, y el resultado del cálculo del lead para el velero es 5.7%. Debido a esto

continuamos con el diseño, con gran seguridad y confianza dada por los parámetros correctos. Por último, para la condición de carga máxima es necesario una vela auxiliar cuya área es 14.5 m^2, para llegar a una velocidad de crucero igual a 8 nudos.

CAPÍTULO 7

DISPOSICIÓN GENERAL Y ACOMODACIÓN INTERNA

7.1 Disposición general.

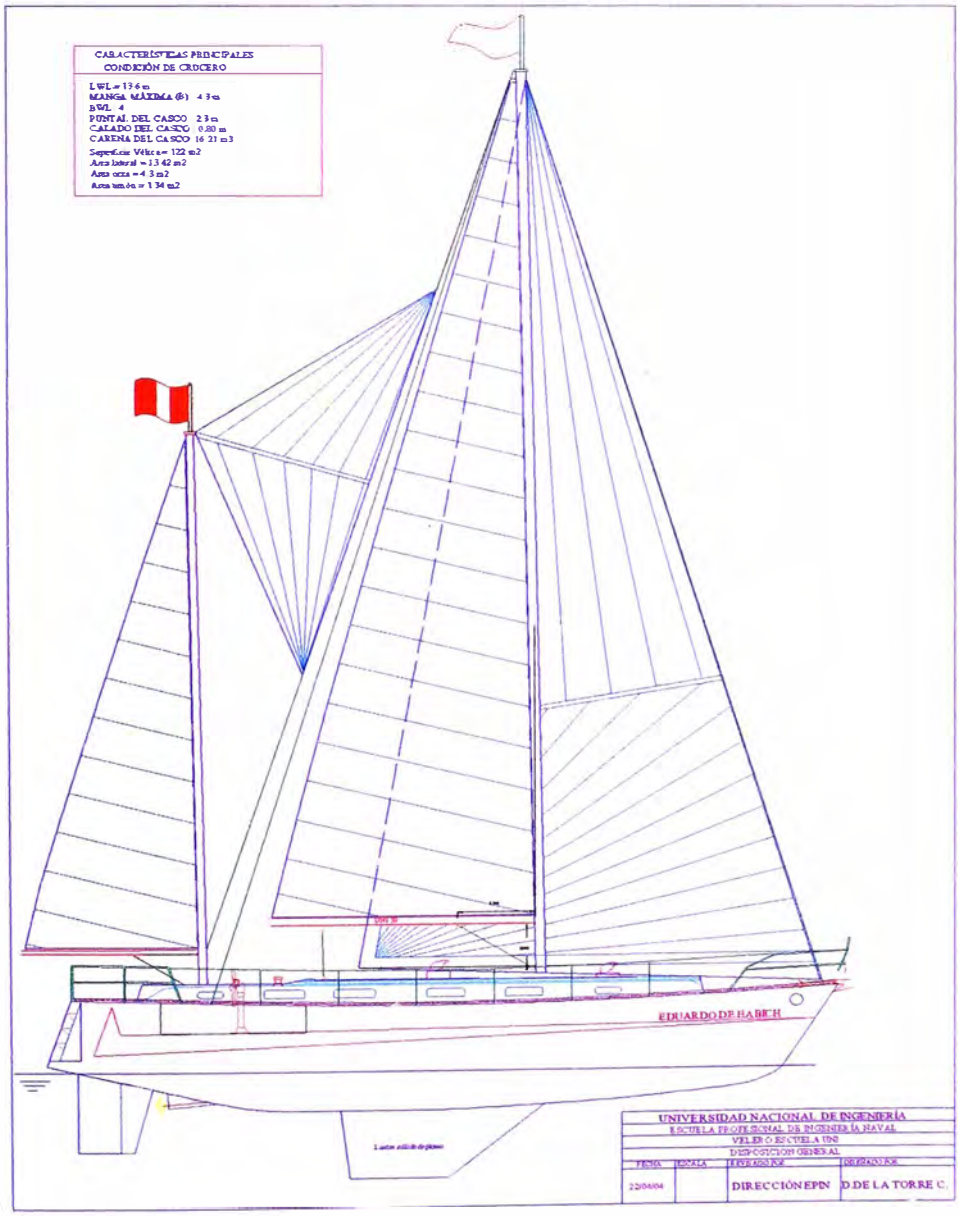


Fig. 40 Disposición General

7.2 Acomodaciones Internas. Vista de planta.

Cuenta con una sala protocolar amplia y se le ha incluido una barra de servicio. La cocina es amplia y cuenta con todas las comodidades. Las acomodaciones cuentan con camarotes para ocho tripulantes y dos para visitantes. Podemos encontrar un baño privado en proa y otro público a la entrada principal. La sala de máquinas tiene accesos por diversos sectores. Ver fig. 41

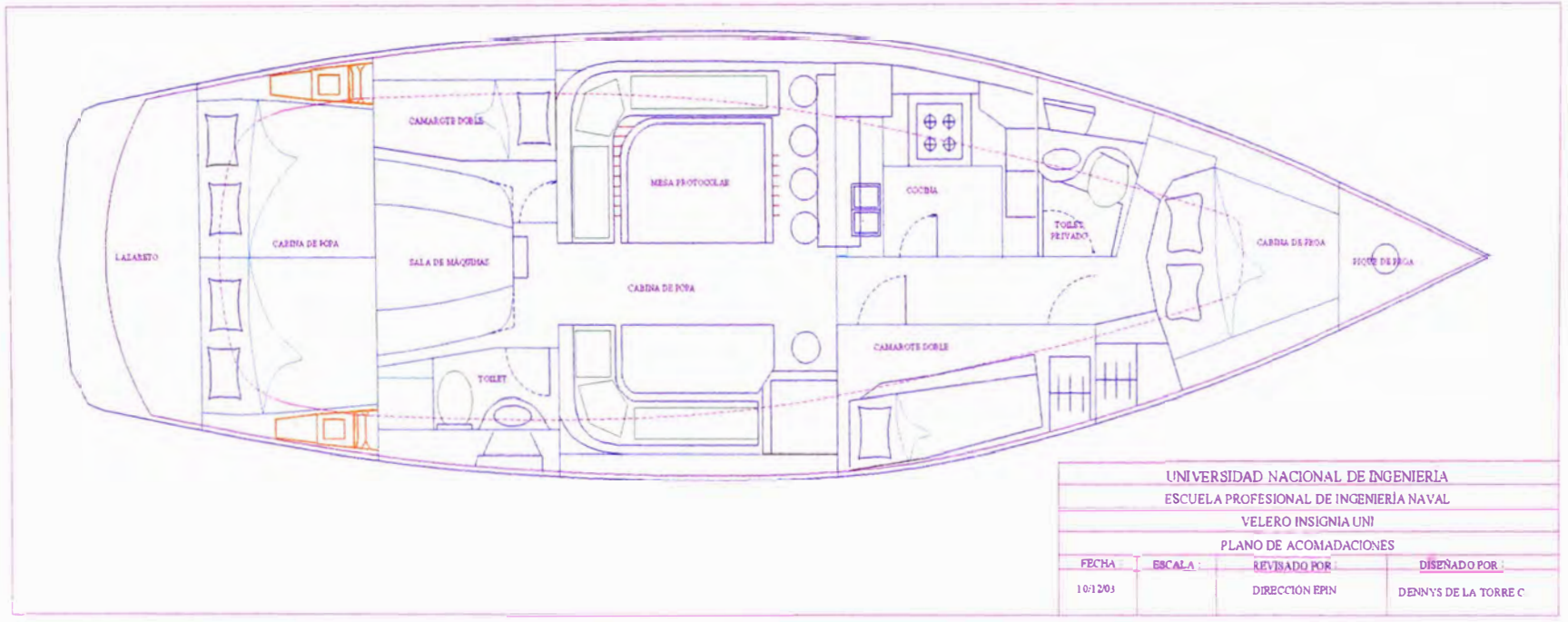


Fig.41 Acomodaciones del Velero Insignia UNI

7.3 Plano de cubierta.

En este plano de cubierta se aprecia la posición y número de ventiladores, tanto como las escotillas, lumbreras, chigres, cornamusas, etc. Se aprecia la forma y posición del área de navegación del velero. En la popa tenemos una escalera de acceso a cubierta desde el muelle. Tiene una amplia zona de trabajo a lo largo de la cubierta y también una zona para equipos de pesca e investigación. Ver Fig. 42.

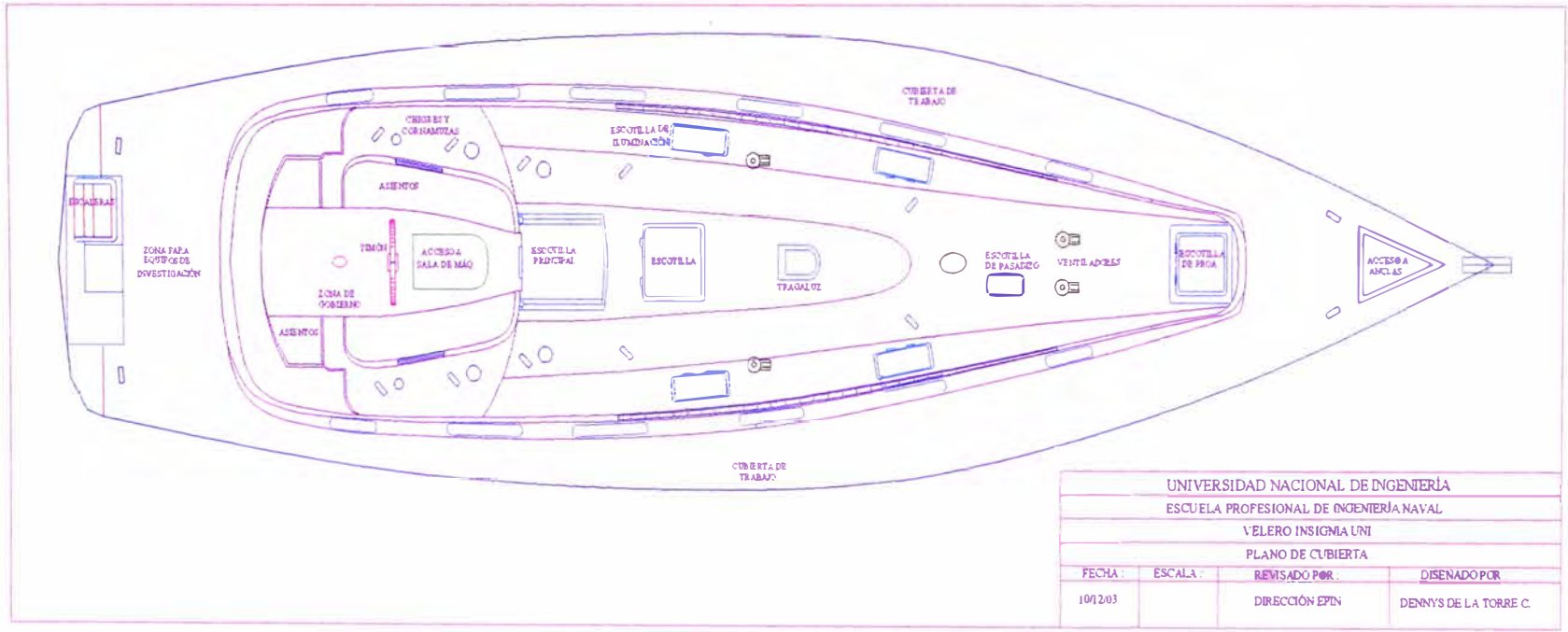


Fig. 42 Plano de cubierta del Velero Insignia UNI

CAPÍTULO 8

CÁLCULO ESTRUCTURAL EN FRP. SISTEMA SANDWICH.

8.1 Esquema de cálculo del escantillonado.

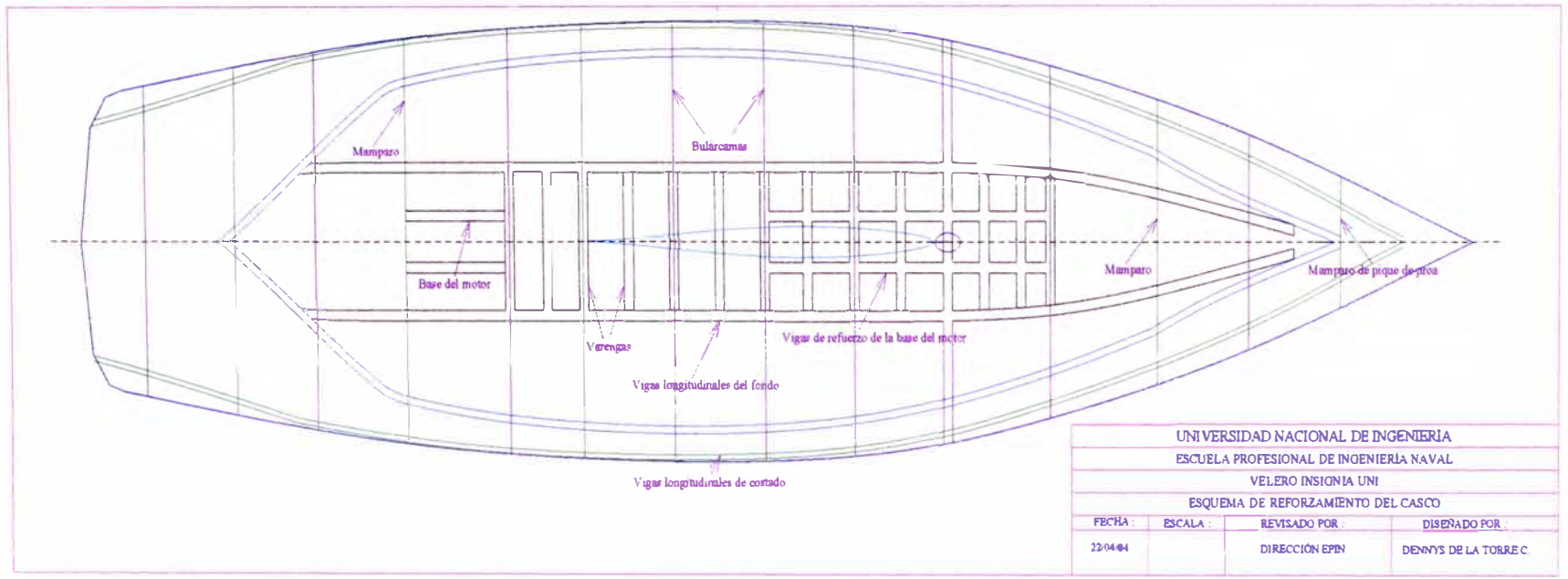


Fig. 43 Sistema estructural de reforzamiento del casco

8.2 Escantillonamiento de un panel en el fondo y en proa

Datos

Velocidad máx. del casco =	8.9	dato	LAMINADO				
Puntal m =	2.3	dato	50%CSM+50%WR; Wf = 39%				
Tc =	0.8	dato	σ_{ut} = (120+190)/2; (N/mm2) =	155	σ_a (N/mm2)=	77.5	
h altura presión costado m =	0.75	dato	E_t = (10300+13200)/2; (N/mm2	11750			
Área de flotación m2 =	37.44	dato	σ_{uc} = (195+113)/2; (N/mm2)=	154	σ_a (N/mm2)=	77	
Calado del casco (Tc) m =	0.85	dato	Ec = (9300+12500)/2; (N/mm2	10500			
Eslora de flotación m =	13.33	dato	σ_{uf} = (215+253)/2; (N/mm2)=	234	σ_a (N/mm2)=	117	
Eslora del casco LH m =	15.3	dato	E_f = (6800+12400)/2;(N/mm2	9600			
masa desplazamiento kg =	18450	dato	E_{TC} = (11750+10900)/2; (N/mm	11125			
Factor de categoría f_{w2}	1	Categoría A Y B (C=0.9; D=0.8)		dato			
Posición Long. desde popa X Ratio =		1 dato	Para X>=0.45 entonces Kl=		1		
			X<= 0.25 entonces Kl =		0.65		

Cálculos						
vel/(lwl)^0.5 =	2.4376701					
Factor de Impacto long. K	0.13*[(1.4*X)*(10-V/(lwl^0.5))+(0.706*V/(lwl^0.5)+0.64]					1.6832734
Área real de panel (m2) A	3.62	dato	calcular en el plano;		no menor que 2*s^2	
Área de referencia Ar =	13.4784	m^2				
u = 100*Ad/Ar =	26.857787					
Kar =	[0.455-0.35*((u^0.75-1.7)/(u^0.75+1.7)]*1.35=			0.260769	0.4	mínimo Sándwich
PRESIÓN BÁSICA, Pb2	11.76*(3*Tc+0.16*LWL+1.62)*fw2 [KN/m2]				74.120928	
Kv coef. presión costado	0.5					
Si LWL > 12m entonces fl = 1; Si L<6 entonces fl =			0.5			
Resultados: Presión						
Posición		Presión de diseño				
Fondo desde 0% al 50% del LWL		Pb2*Kar	29.648371	[KN/m2]		

Datos para calcular el panel				
s = short span of panel en mm =	900	De los planos		
l = long span of panel in mm =	1000			
Pd = Presión de diseño =	29.648371	[KN/m2]		
K1 : coeficiente de deflección admisible	0.025	para el fondo		
K2 : Factor de relación de forma =	0.5/ (1+0.623*(s/l)^6) =	0.3756326		
K3 : Factor de relación de forma =	0.028/ (1+1.056*(s/l)^6)	0.0179349		
A : Profundidad de la curva, en mm =	104			
fk: Corección de curva, no será menor que 0.8 o mayor que 1; fk = 1.1-3*A/s			0.7533333	0.8

Cálculos para resolver el espesor del casco

t1 = s * fk *(Pr*K2/(1000*sa))^0.5 ó t2 = s*fk*(Pr*K3/(1000*K1*Ef))^(1/3) mm

f1: factor de reducción del material = (130/suf)^0.5= 0.745356

Espesores mínimos permitidos

t min (fondo) = f1 * (3 + 0.5*LH + 0.06 * Vmax + 0.2*m^0.33) mm

t min (costado) = f1*(3 + 0.5*LH+0.2*m^0.33) mm

t min (cubierta) = f1 * (2 + 0.2 * LH) mm

Resultados del cálculo del panel

t1 mm =	9.7603296	ó	t2 =	11.687562	mm
t min (fondo)	12.148234	mm			
t min (costad	11.750214	mm			
t min (cubier	3.7715013	mm			

Cálculo construcción sándwich

K4 = 1.1 para el fondo 1 para costado y cubierta

tos mm= 0.35 * k4 *(3.2 + 0.26*LH); Smo = (s^2*fk^2*Pd*K2/(6*10^5*sat) cm3/cm

tis mm = 0.25 * k4 *(3.2 + 0.26*LH) Smo = (s^2*fk^2*Pd*K2/(6*10^5*sac) cm3/cm

Resultado construcción sándwich			de la gráfica 44 obtenemos				
tos mm =	2.76353		t =	5	mm		
tis mm =	1.97395		tc =	28	mm		
Smo cm3/cm =	0.2396966		ti =	4	mm		
Smi cm3/cm =	0.2412531		to =	5	mm		
I cm^4 =	0.1148052		SM =	1.4	de gráfica	es mayor que Smo y Smi	¡Bien!
				I =	4.5726667	cm^4	

PVC FOAM Esfuerzo último de corte =	1.4	N/mm^2	
R82.110 AIREX CROSS LINKED, Densidad kg/cm^3 =	110		
Módulo de corte	30	N/mm^2	
Módulo de compresión	83	N/mm^2	

Requerimiento de esfuerzo último de corte					
u = 1.95038-6.10417*(l/s)+8.98536*(l/s)^2-6.2205*(l/s)^3+2.08115*(l/s)^4-				factor de reducción	
u =	0.5	0.4387058			
do =	espesor total sándwich;		dc =	espesor del núcleo	
tu mm =	2*u* 0.001*Pd*s/(0.5*(do+dc)) =		1.3907499	es menor que Esfuerzo último de corte	¡Bien!
Criterio de pandeo de las capas					
Esfuerzo de pandeo de capas, sc:		σχ =	0.6* (Es*Ec * Gc)^(1/3)	no será menor que 2*sao y 2*sai	
σχ =	178.07958	¡Bien!			
Ec =	Módulo de compresión de las capas;		Gc =	Módulo de corte del núcleo	
Es =	Módulo de compresión del núcleo				

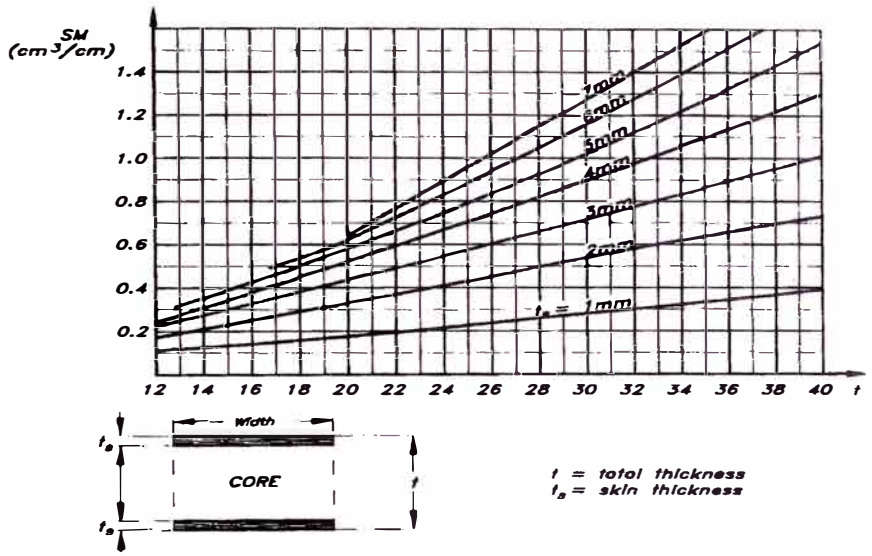


Fig. 44 Módulos de Sección de paneles sándwich.
Fuente [3]: Larson L. & Eliasson R.E. "Principles of Yacht Design".

Los cálculos de escantillonamiento están basados en la Reglas de Clasificación ISO Europea. Se ha incidido en diseñar el sistema estructural de reforzamiento del casco, el conjunto de mamparos, las bulárcamas y los longitudinales. Así mismo, en la presente Tesis Profesional se incluye los cálculos de escantillonamiento de elementos representativos del casco, como son: un panel de proa en el fondo de la embarcación, mamparo estanco en el pique de proa y un longitudinal de costado. En estos cálculos se pueden apreciar la determinación del espesor del núcleo del sistema sándwich y los espesores finales de las dos capas de GRP. También, se incluyen las características de espuma que se utilizará en el sistema sándwich.

8.3 Escantillonamiento de un mamparo estanco en proa.

Datos		LAMINADO 50%CSM+50%WR; Wf = 39%			
Velocidad máx. del casco =	8.9	σut (N/mm2) = (120+90)/2 =	155	σa (N/mm2) =	77.5
Puntal m =	2.3	Et (N/mm2)= (10300+13200)/2	11750		
Tc =	0.85	σuc (N/mm2)= (195+113)/2 =	154	σa (N/mm2) =	77
Altura del mamparo	1.98	Ec (N/mm2)= (9300+12500)/2 =	10900		
Área de flotación m2 =	37.44				
Calado del casco (Tc) m =	0.8	σuf (N/mm2)= (215+253)/2	234	σa (N/mm2) =	117
Eslora de flotación (LWL) m =	13.33	Ef (N/mm2)= (6800+12400)/2 =	9600		
Eslora del casco m =	15.3	ETC (N/mm2) = (11750+10900)/	11325		
masa desplazamiento kg =	18.45				
Factor de categoría fw2	1	Categoría A Y B (C=0.9; D=0.8)			
Posición Long. desde popa X Ratio =		0.35 Para X>=0.45 entonces Kl=	1	;	
		X<= 0.25 entonces Kl =	0.65		

Cálculos para la presión.		
vel/(lwl)^0.5 = 2.437670109		
Factor de Impacto long. Kl=	0.13*[(1.4*X)*(10-V/(lwl^0.5))+(0.706*V/(lwl^0.5)+0.64	1
Presión de mamparos =	7.2 * (hb-hb/3) KN/m^2	

Resultados: presión	
Posición	Presión de diseño
Mamparo de proa	9.504 kPa

Datos para calcular el mamparo

s = longitud menor del panel en mm =	1000		
l = long. Mayor del panel en mm =	2000		
Pd = Presión de diseño =	9.504		
K1 : coeficiente de deflección admisible =	0.0167	para mamparos sándwich	
K2 : Factor de relación de forma =	0.5/ (1+0.623*(s/l)^6) =		0.495179735
K3 : Factor de relación de forma =	0.028/ (1+1.056*(s/l)^6) =		0.027545499
K4 =	1.1 para el fondo;	1 para costado y cubierta	

Cálculo construcción sándwich

tos mm = 0.35 * k4 *(3.2 + 0.26*LH);	Smo = (s^2*fk^2*Pd*K2/(6*10^5*sat))	cm3/cm
tis (mm) = 0.25 * k4 *(3.2 + 0.26*LH)	Smo = (s^2*fk^2*Pd*K2/(6*10^5*sac))	cm3/cm

Resultado construcción sándwich

		de la gráfica 44 obtenemos		PVC FOAM Esfuerzo último de corte N/mm^2 =	0.5	
		t (mm)=	5	R63.50 AIREX lineal, Densidad kg/cm^3 =		59
tos mm =	2.76353	tc mm=	17	Módulo de corte	11	N/mm^2
tis mm =	1.97395	ti mm =	3	Módulo de compresión	30	N/mm^2
Smo cm3/cm =	0.101208348	to mm =	3			
Smi cm3/cm =	0.101865545	SM cm3/cm=	0.65	de gráfica	es mayor que Smo y Smi	¡Bien!
I cm4=	0.115350943	I cm4=	1.64025	cm^4		

Requerimiento de esfuerzo último de corte

υ = 1.95038-6.10417*(l/s)+8.98536*(l/s)^2-6.2205*(l/s)^3+2.08115*(l/s)^4-0.27244*(l/s)^5 ;			factor de reducción
υ =	0.5	0.4998	
do =	espesor total del sándwich;	dc =	espesor del núcleo
tu mm =	2*u* 0.001*Pd*s/(0.5*(do+dc)) =	0.47500992	es menor que Esfuerzo último de corte ¡Bien!

8.4 Escantillonamiento de un longitudinal de costado.

Datos		LAMINADO 50%CSM+50%WR; Wf = 39%			
Velocidad máx. del casco kn=	8.9	σut N/mm2 = (120+90)/2 =	155	σa =	77.5
Puntal m =	2.3	Et N/mm2 = (10300+13200)/2	11750		
Tc m =	0.85	σuc N/mm2 = (195+113)/2 =	154	σa =	77
h altura de presión costado =	0.725	Ec N/mm2 = (9300+12500)/2 =	10500		
Área de flotación m2 =	37.44	σuf N/mm2 = (215+253)/2	234	σa =	117
Calado del casco (Tc) m =	0.85	Ef N/mm2 = (6800+12400)/2 =	9600		
Manga de flotación m =	4	Etc N/mm2 = (11750+10900)/2	11125		
Eslora de flotación (LWL) =	13.6				
Eslora del casco LH m =	15.3				
masa desplazamiento kg =	18450				
Factor de categoría fw2	1	Categoría A Y B (C=0.9; D=0.8)		dato	
Posición Long. desde popa X Ratio =	1	dato	Para X>=0.45 entonces Kl=		1
			; X<= 0.25 entonces Kl =		0.65

Cálculos						
vel/(lwl)^0.5 =	2.413351343					
Factor de Impacto long. Kl=	0.13*[(1.4*X)*(10-V/(lwl^0.5))+(0.706*V/(lwl^0.5)+0.64			1.6855	Kl máx =	1
Kar =	0.25	fl = LWL/12; fl = 0.5 Si LWL<6m, fl = 1 si LWL >12		fl =	1	
PRESIÓN BÁSICA, Pb2 =	10.57*(2*Tc+0.16*LWL+1.62*fl)*fw2 [KN/m2]		58.09			
hsc m = altura de escantillonamiento sobre la línea de flotación = LH/12 * fw2 * (m/(20* LWL^1.7 * BWL^1.5)) ^0.5 =						1.49
h del long. Sobre DWL =	0.5					
Kv coef. presión costado =	0.66					
Resultados: presión						
Posición		Presión diseñc Pd				
Longitudinal de costado	Pb2*Kar*Kl*Kv		9.647	KN/mm2		

Datos para calcular el longitudinal de costado		
s = longitud menor del panel en mm =	0.754	
l = longitud mayor del panel en mm =	1	
Pd = Presión de diseño =	9.64686876	KN/mm2

Datos construcción sándwich			
K4 =	1.1	para el fondc	1 para costado y cubierta
Cl =	26040	para longitudinales	
C =	83.3	para longitudinales	

Cálculo construcción del long.
SM = C*Pd*s*l^2/(sa) cm^3
I = Cl * Pd *s *l^3/ETC cm^4

Resultado de los cálculos			De cálculos geométricos se obtiene		
SM =	7.81809629	cm^3	H (altura) =	80 mm	
I =	17.025453	cm^4	ts espesor de la parte superior del long. mm =		10
			B ancho del extremo superior del long. mm =		50
			I =	213 cm^4	!Bien!

CAPÍTULO 9

POTENCIA AUXILIAR

9.1 Selección de la potencia instalada

Puesto que la mayoría de los veleros tienen, potencia auxiliar, es importante considerar el diseño del propulsor y de la potencia requerida bajo diferentes circunstancias. Primero, los atracaderos de los veleros están frecuentemente atestados y es difícil maniobrar a vela en el espacio limitado disponible. En algunos atracaderos, incluso, no es permitido por razones de seguridad.

Segundo, si las condiciones de navegación a vela no son perfectas, podría ser por falta de viento, muchos navegantes prefieren utilizar el motor, particularmente si están cortos de tiempo. Tercero, el motor puede ser un salvavidas bajo condiciones críticas en tempestades.

El primer caso no requiere mayor demanda en el diseño del motor-propulsor, puesto que solamente se necesita una potencia muy limitada. Es importante, sin embargo, que el propulsor trabaje bien en marcha atrás. En el segundo caso la velocidad es un factor importante, mientras que en el tercer caso se debe desarrollar suficiente empuje para poder escapar de situaciones peligrosas inclusive en contra de vientos huracanados y mares bravos.

Estos dos últimos casos solicitan demandas diferentes al propulsor, y es importante encontrar un buen compromiso para alcanzar un desempeño favorable en ambas situaciones. Posiblemente el requerimiento más importante, será que el propulsor permita al motor trabajar cerca de su punto óptimo bajo severas condiciones de clima.

La selección del conjunto propulsor motor-hélice involucra un análisis completo de la resistencia al avance en aguas tranquilas, para el segundo caso, en agua movidas para el tercero, incluyendo a éste la resistencia agregada por olas y la resistencia generada por los aparejos y la jarcia. Habiendo encontrado la resistencia al avance para ambas condiciones se prosigue a seleccionar la hélice para cada condición. La decisión final debe ser el compromiso para los requerimientos y debemos considerar también, que lo seleccionado esté disponible por los fabricantes, para ambos el propulsor y el motor.

La selección del conjunto hélice-motor, abarca tantas disciplinas, requiere de mucha información, software aplicado y trabajo dedicado a tiempo completo, lo cual, resumiría que esta selección hélice-motor, es sin duda, para los especialistas, un tema de tesis completo.

9.2 Propulsión de yate a vela

Cuando un yate a vela navega impulsado por su propulsión auxiliar, deja de ser un velero para convertirse en embarcación a motor. *La mayoría de los yates a vela posee líneas y proporciones parecidas entre sí y sus velocidades máximas están limitadas por la condición de popa fina. Esto es primordial para el estudio estadístico de ¿cuanta potencia auxiliar se necesita?*

En muchos casos, la potencia auxiliar para los veleros parece ser seleccionado sobre la base del tamaño y peso del motor que puede ser acomodado en las acomodaciones; y cualquiera que sea la velocidad que desarrolle el velero a motor, ésta se acepta. Generalmente esa velocidad será igual o mejor que la velocidad promedio producida por las velas. Según las estadísticas mostradas en su artículo [2] por Richard T. Millar y Karl L. Kirkman, el rango de la potencia instalada varía desde 3.4 hasta 6.5 HP por tonelada de desplazamiento con un valor promedio de 5.0. Éste valor ofrece, por supuesto, un camino para aproximarse a la respuesta de ¿cuánta potencia auxiliar debe ser instalada?

Otra aproximación, tomada por algunos diseñadores en años recientes, ha sido la de instalar suficiente potencia auxiliar para propulsar el velero a su velocidad permitida por el casco, en un viento contrario y mar de proa.

La velocidad relativa máxima, alcanzable por un yate a vela de carena normal, oscila alrededor de un grado de velocidad $R = \frac{V}{\sqrt{LWL}} = 1.33$, como ya se había mencionado antes, con la velocidad expresada en nudos y la eslora de flotación en pies. Más aún, dicha velocidad produce un asiento longitudinal desfavorable, una marejada violenta y comportamiento indeseable, todo lo cual conduce a fijar una velocidad máxima utilizable con un R = 1.275 Recién con una velocidad relativa R = 1.2 tendremos un navegar agradable y una marejada normal, como para poder considerarla velocidad constante ideal.

Un cuidadoso estudio comparativo del tipo normal de yacht a vela con motor auxiliar, ha permitido establecer una fórmula muy simple para determinar la potencia necesaria, cualquiera que sea la eslora en flotación y el desplazamiento, y está expuesta en [7]. Dicha potencia la expresamos en HPa por tonelada de desplazamiento, significando HPa la potencia sobre la punta de eje. Para los HP nominales de fábrica, deben agregarse de 10 a 25% según el tipo de motor e instalación, además, se supone un régimen adecuado para permitir un rendimiento total de la propulsión de aproximadamente 50%.

La potencia necesaria HPa para una velocidad constante ideal, Vi = $1.2\sqrt{Lwl}$

Se obtiene por la siguiente fórmula de [8]: $\frac{HPa}{t} = 0{,}8 + 0{,}08Lwl$

Siendo t, el desplazamiento en m^3. Una embarcación a vela de 10 m de eslora en flotación y que desplaza 12,5 m^3, tendría una velocidad constante ideal = $1.2\sqrt{32}$

= 6.788 nudos, y precisaría para ello una potencia HPa/t = 0,8 + 0,08L = 1,6 HP por tonelada, o sea 1,6*12,5 = 20HP_a.

Agregamos, además, 20% de aumento por razones de instalación, etc. y obtenemos así 24 BHP nominales. Esta fórmula es válida para cualquier eslora y cualquier desplazamiento, siempre tratándose de yates del tipo normal. En nuestro caso, el Velero UNI en su condición de crucero desplaza 17 m^3 incluido apéndices, tiene una LWL = 13.3 m, entonces para una velocidad ideal constante corresponde un HPa =31.68, si sumamos el 20% obtenemos un BHP = 38. Para la condición máxima, tenemos un desplazamiento de 19 m^3 y una LWL = 13.6 m, entonces nos corresponde un HPa = 35 y un BHP = 43

Para la velocidad máxima alcanzable, V = 1.33 $\sqrt{LWL}$, la fórmula duplica sus valores y resulta [8]: $\frac{HPa}{t} = 1{,}6 + 0{,}16L$

Condición crucero = 76 BHP. Velero UNI

Condición máxima = 86 BHP. Velero UNI

Relación BHP / TONS = 76 / 17 = 4.5 aprox.

Mientras que para la velocidad muy económica obtendremos la siguiente expresión [8]: $\frac{HPa}{t} = 0{,}2 + 0{,}02L$

Condición crucero = 10 BHP. Velero UNI

Condición máxima = 11 BHP. Velero UNI

Por lo tanto, queda claro que la potencia instalada, debe estar priorizada en la condición de crucero y a una velocidad máxima, por varias razones: primero, condición de crucero será la normalmente apropiada para viajes en mar abierto y segundo, deberá tener la potencia suficiente para desarrollar su máxima velocidad.

9.3 Criterios para seleccionar la hélice

Un yate a vela, sólo tiene mínimos inconvenientes por la existencia de una hélice. No es de menor importancia la posición de la hélice, ya sea en el centro con el correspondiente corte en timón y codaste, o bien al costado, con el pie de gallo saliente.

Una hélice de pequeño diámetro y de dos palas, colocada al centro en un pequeño corte practicado en codaste y timón, ofrecerá probablemente la mínima pérdida de velocidad navegando a vela. En este caso, la hélice debe bloquearse pues con sus dos palas angostas permanecerá dentro de la zona de máximo arrastre, o sea, el agua pasa por sus palas con mínima pérdida de velocidad. La conveniencia de una hélice plegable es discutible, pues su cubo de mayor diámetro puede anular las ventajas de las palas plegadas, las que, debido al aspecto helicoidal del paso, nunca pueden estar ubicadas totalmente en dirección de la corriente.

Colocada en el mismo lugar, una hélice de tres palas, es imposible de esconder en la abertura del codaste, ella debe girar obligadamente.

El reductor de velocidad resulta, particularmente desfavorable, pues obliga al empleo de una hélice de mayor diámetro, y por otra parte se hace muy difícil que la hélice gire, pues ella debe mover no sólo el eje de propulsión, sino también, todo el reductor de velocidad. En este caso, el reductor debe actuar como multiplicador y accionar una parte del cambio de marcha a velocidad multiplicada.

Por ello, un velero de regata debe usar una hélice pequeña, de rendimiento inferior cuando marcha a motor, pero de reducida resistencia en navegación a vela. Si debido a determinadas razones resultase aconsejable el empleo del reductor, debe intercalarse un "sailing clutch", es decir un embrague para desacoplar el eje del cambio de marcha y permitir a la hélice girar con mayor facilidad navegando a vela.

Cuando el yate a vela no está destinado a correr regatas y cuando además debe navegar frecuentemente a motor, la situación cambia de aspecto. El reductor de velocidad será ventajoso para !a navegación a motor, la hélice es confeccionada con su diámetro normal para una mayor eficiencia, pero siempre resultará beneficioso hacerla girar, cuidando que el eje de propulsión ofrezca la menor resistencia posible.

El empleo de una hélice plegable o reversible es realmente tentador. La hélice reversible suele poseer una posición para navegación a vela en el caso de que su fabricante hubiera tenido en cuenta esta aplicación. En tal situación las palas pueden ponerse casi totalmente en el sentido de la corriente por medio del mecanismo piloto. Por otra parte, una hélice reversible evitaría la necesidad del empleo de un cambio de marcha, permitiendo la instalación de motor opcional no marino.

Pero el mecanismo de comando es ciertamente delicado. No deja de ser costoso en adquisición e instalación, y en aguas barrosas existe posibilidad de que su cubo se llene da barro y haga difícil o imposible actuar al mecanismo de reversión. Por idéntica razón, la hélice automáticamente plegable dejaría de plegarse, perdiendo toda su ventaja. Estas y muchas más consideraciones serán tomadas en cuenta para la selección del conjunto motor_hélice. Esta selección será hecha con la condición de que el casco es crucero.

CAPÍTULO 10

ESTABILIDAD

10.1 Estabilidad Estática

Todos los cálculos de estabilidad se resumen en encontrar la posición del centro de gravedad G y el centro de carena B; para los cálculos, cuando un velero se escora, se asume que el centro de gravedad, permanece en su lugar. En todos los casos el peso de la embarcación actúa verticalmente hacia abajo, a través del centro de gravedad, G, mientras que el empuje, igual y opuesta, actúa verticalmente hacia arriba y a través de B.

Para calcular el la posición del centro de gravedad, la herramienta fundamental para lograrlo, es un sistema de conteo de pesos por medio de una partición detallada de todos los elementos de un yate en grupos funcionales coherentes, los cuales pueden ser relacionados a una base de datos histórica. La siguiente tabla V [2], muestra categorías de elementos. Los elementos que tienen un propósito dual son incluidos en una categoría que mejor describa su función principal. Elementos accesorios para completar un componente, tales como cables y tuberías han sido incluidos con el componente, a menos que exista una categoría específica para ese elemento.

Se ha utilizado la base datos y la metodología propuesta por la Sociedad Norteamericana de Arquitectos Navales e Ingenieros Marinos (SNAME). Esta base de datos se resume en la Tabla V, la Tabla VI y la Tabla VII.

Tabla V Grupos de pesos sugeridos

Fuente [2]: Richard T. Miller, Karl L. Kirkman. "Sailing Yacth Design-a new Appreciation of a Fine Art".

110	**Casco, Carlinga, Bulárcamas -**Incluye todo el planchaje del casco y todo el cuadernaje transversal y longitudinal; la base del motor.
120	**Mamparos** - Incluye todos los mamparos longitudinales y transversales
140	**Cubiertas** - Incluye el planchaje de la cubierta, cuadernaje, barandas, . Rieles de seguridad, zona de gobierno, etc.
150	**Aparejos y Velas** - Incluyen mástiles, templadores y sujetadores; polos de vela spinnaker; jarcia fija y jarcia de labor, winche principal del mástil y otros más de cubierta; velas y bolsas, cubierta de velas; luces de mástiles, cableado interno, instrumentos.
160	**Estructura de la cabina o caseta**
165	**Piso, Sollado.**
171	**"Ebanistería"** - Incluye camarotes, escritorios, cajones, gabinetes, piletas, baños y duchas; escaparates y aparadores de cocina, mesa de navegación, insulado del casco, cubierta y mamparos, etc.
173	**Equipamiento de Cocina** – Incluye horno, refrigerador, fregadero y plomería relacionada.
190	**Lastre** – Incluye la quilla lastre y el material de lastre interno.
210	**Propulsión Auxiliar** - Incluye motor(Es), escape(s), línea de ejes, la caja de prensa-estopa, cojinete de popa y arbotante, instrumentos y controles.
250	**Gobierno** - Incluye timón y eje varón, cuadrante, apoyos del timón, rueda de timón, sistema de transmisión desde la rueda hasta el cuadrante. piloto automático, compás, caña de emergencia.

300	**Sistema Eléctrico** - Incluye generador, sistema de escape del generador, baterías principales, cableado y luces (todo excepto aquellos incluidos con el mástil), interruptores y panel de fusibles.
510	**Equipo Auxiliar** - Incluye herramientas, máquinas de repuesto, lavador y secador, desalinizador de agua; radar, navegador por satélite, radio Comunicaciones, corredera y equipos misceláneos.
520	**Gasfitería y tuberías** - Incluye sistema de combustible, bombas y filtros, Calentador de agua, bombas de agua dulce y tuberías, tanques de Almacenamiento y/o sistema de tratamiento de aguas servidas, bombas de achique y mangueras.
530	**Ventilación** - Incluye Ventiladores, sopladores y ventilaciones, ductos de aire condicionado y extractores.
540	**Tanques** - Incluye todos los tanques de combustible y agua.
710	**Personas, efectos, Provisiones** - Incluye el máximo número de personas Acomodadas abordo, efectos personales, elementos misceláneos tales como libros, cartas, utensilios, vajilla, sábanas y frazadas,; almacenes de baños, Elementos de limpieza, almacenes de pintura, chalecos salvavidas, provisiones, Almacenes de bebidas, etc.
720	**Combustible**
725	**Aceite Lubricante**
730	**Agua fresca**
899	**Márgenes** - Incluye márgenes de crecimiento en el diseño, construcción en el futuro.

Tabla VI Grupos de Pesos Incluidos en Resúmenes.

Casco - Grupos 110, 120, 130, 140, 160, 165
Acomodaciones – Grupos 171, 173
Accesorios de Casco y cubierta - Grupo 600
Velas, Mástiles y Jarcia - Grupo 150
Maquinaria y electricidad - Grupo 210, 250, 300
Armamento – Grupos 510, 520, 530, 540
Lastre - Grupo 190
Carga - Grupos 710, 720, 725, 730

Fuente [2]: Richard T. Miller, Karl L. Kirkman. "Sailing Yacth Design-a new Appreciation of a Fine Art".

Tabla VII Relaciones Lastre- Desplazamientos

	Yates Crucero de los 50's	CCA	Yates 1980's
Promedio	0.35	0.44	0.41
Máximo	0.43		0.54
Mínimo	0.27		0.31

Fuente [2]: Richard T. Miller, Karl L. Kirkman. "Sailing Yacth Design-a new Appreciation of a Fine Art".

La Tabla VII nos indica los rangos de la relaciones lastre_desplazamiento encontrados en diseños de los años 50's, 80's y valores de la base CCA (Club Cruising of América).

Los veleros modernos generalmente tienen un alto valor de GM que incrementa su estabilidad de forma o inicial y no tienen un rango adecuado de estabilidad positiva. La región de variación del GM para los veleros de hoy, con esloras desde 20 a 66 pies, está dentro de 0.4 m a 1.8 m. **De la curvas hidrostáticas, se tiene un KM_T = 2.5, calado = 0.8 m, y el KG_V = 0.86, por lo tanto, el velero UNI tiene un GM de 1.64 m,** está dentro del rango especificado y a la vez es relativamente alto.

Los diversos autores recomiendan un rango de estabilidad positiva de 120°, para asegurar la estabilidad de peso, entre los cuales tenemos al Arquitecto Naval, Lars LARSSON y al Ingeniero Naval Constructor Rolf E. ELIASSON en su libro texto "Principles of Yatch Design" entre otros. A continuación se muestra la tabla VIII de distribución de pesos del Velero UNI.

Tabla VIII Distribución de pesos del Velero UNI

CLASE	PORCENTAGES	PESOS (TM)	YCG
Casco	25	4.92	1.3
Acomodaciones & mueblería	10	1.968	1.5
Equipos de casco y cubierta	3	0.5904	2
Mástiles, jarcia & velas	4	0.7872	7
Maquinarias & Electricidad	3	0.5904	0.6
Armamento	3	0.5904	1
Lastre	30	5.904	-0.985
Carga	22	4.3296	1.25
Desplazamiento a plena carga	100	19.68	YCG = 0.86 desde LB

Esta tabla ha sido elaborada en base a la Tabla IX de la SNAME. Puesto que la distribución de pesos, de equipos y accesorios móviles es muy subjetiva en lo que concierne a la posición de las cosas, y a la sensibilidad del velero respecto al movimiento de personas sobre la cubierta. Las correcciones precisas sobre la posición del centro de gravedad del velero, se obtendrán en la prueba de estabilidad, una vez que haya sido construido. La localización vertical y longitudinal aproximada del centro de gravedad de los equipos e instrumentos, se ha calculado directamente de los planos de disposición general y acomodamientos. Se ha tenido en cuenta, como criterio, la experiencia de los constructores de veleros de países desarrollados, que indican que el peso del casco reforzado es tanto como el peso de la cubierta con caseta y "cockpit" reforzado. Se ha realizado un cálculo del centro de gravedad del casco reforzado para poder hallar aproximadamente la localización vertical y

longitudinal del centro de gravedad. Gracias a esto se puede determinar con una muy buena aproximación los porcentajes en peso de las diferentes categorías, apoyándonos en la Tabla IX de Distribución de pesos de la SNAME.

Tabla IX Distribución de pesos, % del Desplazamiento a plena carga

Clase	Rango 1950's	Navy 30's Wood	Navy 30's GRP	Navy 44's GRP	Kaufman ULP GRP
Casco	30-43	40	29	23	50
Acomodaciones	3_7	5	5	7	3
Accesorios de casco y cubierta	2_4	4	5	2	4
Mástiles, velas y Jarcia.	4_7	6	5	8	6
Maquinarias y equipos Eléctricas	0_7	1	5	7	5
Armamento	2_4	1	1	3	2
Lastre	30_45	38	43	39	20
Carga	6_8	5	7	11	10

Clase	Albin -42 GRP	Kaufman-49 GRP	Kaufman-50 Aluminum	Skye - 51 GRP	ULD-Max GRP
Casco	27	37	23	35	23
Acomodaciones	12	9	9	9	4
Accesorios de casco y cubierta	3	3	4	4	2
Mástiles, velas y Jarcia.	3	3	4	3	8
Maquinarias y Eléctricas	4	5	7	4	6
Armamento	2	2	5	2	4
Lastre	44	33	31	38	33
Carga	5	8	17	5	20

Fuente [2]: Richard T. Miller, Karl L. Kirkman. "Sailing Yacth Design-a new Appreciation of a Fine Art".

Teniendo esta tabla de distribución de pesos del Velero UNI como base (Tabla VIII) y la localización vertical del centro de gravedad, podemos calcular la curva de estabilidad estática. Ver gráfica 45. Esta gráfica ilustra lo sgte: el rango de estabilidad positiva sobrepasa largamente lo recomendado por la bibliografía especializada y por la IMS (Internacional Measurement System) lo cual no deberá ser menor de 100°. El valor del rango de estabilidad positiva, que se refiere a la estabilidad de peso del Velero UNI, está alrededor de 135°. Este valor es muy superior a lo recomendado por la IMS.

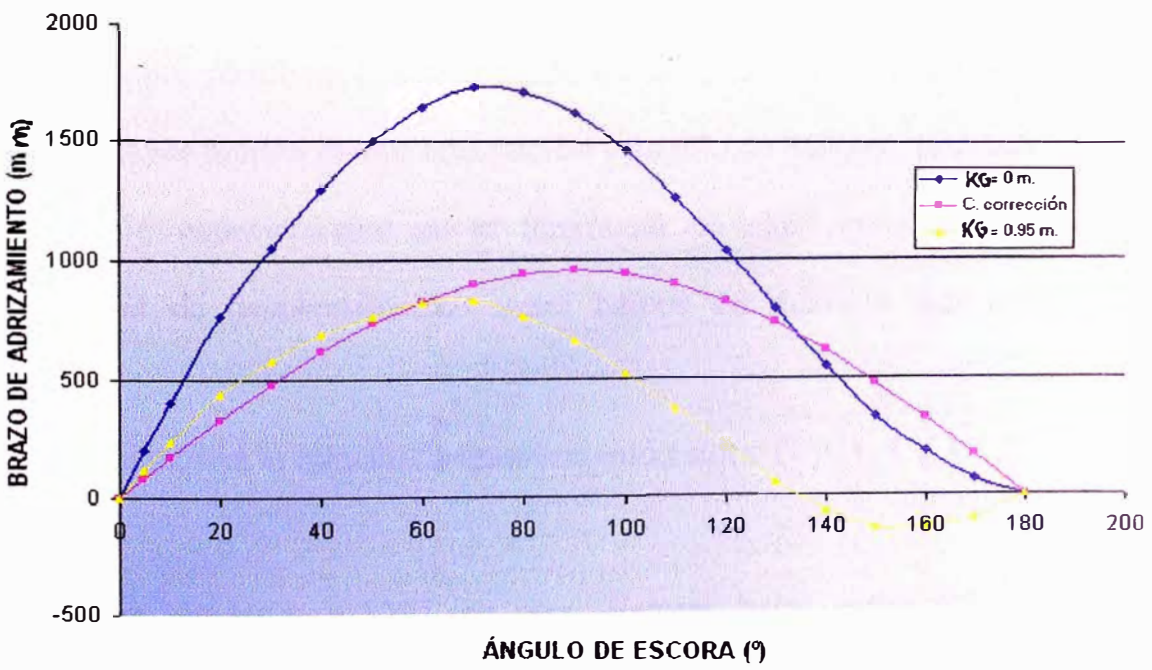


Fig. 45 Curvas de estabilidad estática en un desplazamiento máximo

10.2 Estabilidad Dinámica.

10.2.1 Altura Metacéntrica (GM)

Si bien desde el punto de vista estático un GM alto asegura buenas características de estabilidad estática, en los aspectos dinámicos no está tan claro. Según se sabe el periodo propio de balance depende en gran medida del GM, a mayor GM menor periodo de balance. Esto provoca fuertes aceleraciones de balance y por otro lado provoca que las olas resonantes sean olas cortas (de periodo bajo) en general más profundas y peligrosas.

10.2.2 Momento de Inercia y Desplazamiento

Siempre positivos desde el punto de vista dinámico, implican resistencia al oleaje. A mayor inercia menor aceleración y ángulo de balance, esto vale en todas las situaciones y especialmente en el fenómeno de olas rompientes. A efectos de comparación de desplazamientos entre barcos de distintas esloras y establecer categorías se utiliza la relación desplazamiento/eslora $\frac{\Delta}{(0.01.L_f)^3}$.

Con Δ en toneladas y LWL en pies. Valores bajos están asociados a buenas prestaciones en velocidad, barcos de regatas pueden tener un coeficiente por debajo de 100 y barcos de mucho desplazamiento pueden llegar a más de 400. Los cruceros con valores que pueden asegurar una buena estabilidad con prestaciones razonables pueden estar entre 260 y 320; el Velero UNI tiene un

valor de 190 en su condición de crucero de competencia. Con una expresión un poco más elaborada, un coeficiente de este tipo se mostrará más adelante al hablar del índice de estabilidad.

Otro índice que depende del desplazamiento es el "Capsizing Screening Formula (CSF)", desarrollada después del desastre de la Regata Fastnet en 1979, $CSF = \frac{B}{\Delta^{\frac{1}{3}}}$, al relacionar manga y desplazamiento m^3, el índice pondera la estabilidad de forma de la embarcación en relación a su peso, es un índice de su resistencia al vuelco. El barco se considera que es satisfactorio desde este punto de vista si CSF<2 y, lógicamente, más seguro cuanto menor sea este. *El Velero UNI cuenta con un índice de resistencia al volcamiento = 1.64.*

10.2.3 Área bajo la curva de estabilidad

Como se mencionó, el área bajo la curva de momentos adrizantes hasta un ángulo determinado, representa el trabajo necesario para escorar el barco hasta ese ángulo, en concreto el área positiva encerrada bajo la curva completa representa el trabajo necesario para volcar el yate. Se trata por tanto de un índice fundamental de estabilidad dinámica que aparece ligado fundamentalmente al ángulo de estabilidad nula, al desplazamiento y a una posición baja del centro de gravedad.

10.2.4 Índice de estabilidad

La norma ISO 12217 (actualmente en discusión aunque está en su fase final de aprobación) siguiendo "la Recreational Craft Directive" de la Comunidad Europea, establece cuatro categorías de navegación según las zonas y características de viento y olas.

Ver la siguiente Tabla X.

Tabla X. Tabla de Categorías

Categoría	**Zona de navegación**	**Viento**	**Altura significativa de ola**
A	Mar abierto	Beaufort 10	>7m
B	Navegación Costera	Beaufort 8	<4m
C	Bahías, Estuarios, Lagos , etc.	Beaufort 6	<2m
D	Lagos, Ríos	Beaufort 4	<0.5m

El criterio se basa en un índice de estabilidad (STIX) concebido como producto de siete coeficientes que contemplan distintos aspectos de la estabilidad del yate a vela. La formulación es interesante en el sentido de que los distintos coeficientes responden a diferentes factores que afectan a la seguridad del barco.

$STIX = (14 + 0.16L_{BS}^{2})*(FDS.FIR.FKR.FDL.FBD.FWM.FDF)^{0.5} + \delta$,

si $L_{BS} < 10$;

$STIX = (8 + 2.2\ L_{BS}^{2})(FDS.FIR.FKR.FDL.FBD.FWM.FDF)^{0.5} + \delta$, si $L_{BS} > 10$;

Donde: $L_{BS} = (2L_{WL} + L_H)/3$ está en función de la eslora en la flotación y de la eslora total. $\delta = 5$ si $GZ_{90} > 0$; $\delta = 0$ en otro caso.

Los coeficientes se detallan a continuación:

10.2.4.1 FDS ("Dynamic stability factor")

Tiene en cuenta la energía que se le debe suministrar a la embarcación para llegar a una situación peligrosa, esta energía se mide por el área bajo la curva de brazos adrizantes y se evalúa hasta el ángulo de inundación o el de estabilidad nula, aquel que sea menor $FDS = \frac{A_{GZ}}{15.81\sqrt{L_H}}$.

A_{GZ} es el área positiva debajo de la curva de brazos, expresada en m*grado, para la mínima condición de navegación y medida desde $\phi = O^0$ hasta $\phi=\phi_V$, si $\phi_D > \phi_V$ ó desde $\phi = O^0$ hasta $\phi=\phi_D$, si $\phi_D < \phi_V$.

Siendo desde ϕ_D el ángulo de inundación y ϕ_V el ángulo de estabilidad nula. En cualquier caso $0.5 < FDS < 1.5$

10.2.4.2 FIR ("Inversion recoverv factor")

Representa la capacidad de recuperación sin ayuda externa después de una inversión $FIR = \frac{\phi_V}{(125 - \frac{m_{MSC}}{1600})}$ si $m_{MSC} < 40000$

$FIR = \frac{\phi_V}{100}$; $si\ m_{MSC} \geq 40000$

En cualquier caso, 0.4 < FIR < 1.5

Donde M_{Msc} ("minimum sailing condition") es el peso del barco en kilogramos en rosca más dos tripulantes, equipo estándar básico pero no carga.

10.2.4.3 FKR ("Knockdown recovery factor")

Representa la capacidad del barco para recuperarse después de una escora con inmersión de la vela

$FKR = 0.875 + 0.0833.F_R$ si $F_R \geq 1.5$

$FKR = 0.5 + 0.333.F_R;$ si $F_R < 1.5$

$FKR = 0.5;$ si $\phi_v < 90^0$

Siendo: $FR = \frac{GZ_{90}.M_{MSC}}{2.A_s.h_{CE}}$

A_S área proyectada de las velas considerando el triángulo de proa. h_{CE} es la altura del centro de área As por encima de la línea de flotación expresada en metros en la mínima condición de navegación.

En cualquier caso 0.5 < FKR < 1.5.

10.2.4.4 FDL ("Displacement-length factor")

Tiene en cuenta la relación desplazamiento_eslora para cuantificar el hecho de que, para una misma eslora, mayor desplazamiento implica mayor resistencia a los agentes externos (oleaje y viento).

$$FDL = \left[0.6 + \left(\frac{15.m_{MSC} * F_L}{L_{BS}{}^3(333 - 8.L_{BS})}\right)\right]^{0.5}$$

Siendo $F_L = \left(\frac{L_{BS}}{11}\right)^{0.2}$ En cualquier caso ($0.75 < FDL < 1.25$

10.2.4.5 FBD ("Beam-Displacement Factor")

Basado en la investigación llevada a cabo en la Unidad WOLFSON, INGLATERRA y por la SNAME, USA después del desastre del Regata Fastnet, se ha concluido que un manga ancha y en combinación con un desplazamiento ligero acentúa el riesgo de volcamiento por golpes de olas. Por otro lado, una relación manga_desplazamiento muy pequeña podría tener un efecto negativo en la estabilidad de forma, por ello, grandes desviaciones en ambas direcciones de la norma son penalizadas.

$$FBD = \left[\frac{13.31 * B_{WL}}{B_H * F_B^3}\right]^{0.5} \quad ; \qquad si\ F_B > 2.2$$

$$FBD = \left[\frac{B_{WL} * F_B^2}{1.682.B_H}\right]^{0.5} \quad ; \quad si\ F_B > 1.45$$

$$FBD = 1.118.\left[\frac{B_{WL}}{B_H}\right]^{0.5} \quad ; \quad si\ 1.45 \leq F_B \leq 2.2$$

Siendo: $$F_B = \frac{3.3.B_H}{(0.03 * m_{MSC})^{\frac{1}{3}}}$$

En cualquier caso $0.75 < FBD < 1.25$.

10.2.4.6 FWM ("Wind Moment Factor")

Representa el riesgo de inundación debido a una racha de viento para yates con ángulo de inundación ϕ_D menor de 90.

$$FWM = 1 \quad ; \qquad si \quad \phi_D \geq 90°$$

$$FWM = \frac{V_{AW}}{17} \quad ; \qquad si \quad \phi_D < 90°$$

donde V_{AW} es la velocidad del viento aparente expresada en metros por segundo (m/s), necesaria para escorar el barco hasta ϕ_D, navegando con todas las velas.

$$V_{AW} = \left\{ \frac{13 * m_{MSC} * GZ_D}{A_S.(h_{CE} + h_{LP}).|\cos\phi_D|^{1.3}} \right\}^{0.5}$$

GZ_D es el brazo adrizante en ϕ_D.

$h_{CE} + h_{LP}$ es la distancia en metros entre los centros geométricos de los perfiles de la obra viva y la obra muerta, incluyendo aparejo con el barco adrizado.

En cualquier caso: $0.5 < FWM < 1$

10.2.4.7 FDF ("Downflooding Factor")

Representa el riesgo de inundación si el barco alcanza una escora suficiente para sumergir el mástil principal. $FDF = \frac{\phi_D}{90}$, donde ϕ_D (ángulo de escora en que se alcanza cualquier apertura sin estanqueidad completa con un área en mm^2 mayor que el número $2*m_{MSC}$.

Para cada categoría de navegación se establecen unos valores mínimos del índice que vienen dados en la siguiente tabla:

Tabla XI ; Fuente [3]: Larson L. & Eliasson R.E. "Principles of Yacht Design".

CATEGORÍA	A	B	C	D
STIX mayor que	32	23	14	5
Escala Beaufort máx (Fuerza del viento)	10	8	6	4
Altura de ola aprox. m	7	4	2	0.5

Un yate en la categoría A es considerada muy navegable y con muy buenas condiciones marineras y debería ser orientada para travesías oceánicas, mientras que un yate en la categoría D debería ser usado solamente en aguas protegidas.

10.3 Cálculos y resultados del análisis dinámico

Al final de estos cálculos se presenta la gráfica de estabilidad del velero UNI en su condición de mínima carga.

Datos para el cálculo

VELERO	UNI 50
Categoría a alcanzar (A-B-C-D)	A
Lh (m) =	15.3
LWL (m) =	13.03
Bh (m) =	4.3
BWL (m) =	3.85
Tc (m) =	0.75
Límite de tripulación (# personas)	10
DATOS	
GZ 90 (m) =	0.646
As (m2) =	122
hce (m) =	8.02
hlp (m) =	1.037
Ángulo de Inundación ϕ_D (°) =	110
Ángulo de estabilidad positiva ϕV(°) =	122
Área bajo curva-GZ a A_{DH} (m*deg) =	70.8
Área bajo curva-GZ a A_{VH} (m*deg) =	71.36

Cálculos de peso y centro de gravedad

Condición mínima de navegación	Masa (kg)	X(m)		Z (m)	
Condición de buque ligero	15350	7.2	110520	0.8	12280
Tripulación mínima	150	10.47	1570.5	2	300
Bote salvavidas	39	12.78	498.42	2.3	89.7
Equipo básico	356	6.5	2314	2.3	818.8
Masa de la condición mínima	15895	7.23	114902.9	0.849	13488.5

Condición máxima de carga	Masa (kg)	X(m)		Z (m)	
condición mínima de carga	15895	7.37	117216.92	0.848	13479.0
Tripulación (8 personas)	600	10.47	6282	2.3	1380.0
Almacenes	456	6.8	3100.8	0.7	319.2
Agua dulce	1514	7.5	11355	0.5	757.0
Petróleo	605.6	9	5450.4	0.7	423.9
Depósito	300	5.5	1650	1	300.0
Equipos personales	310	7	2170	1	310.0
Masa de la máxima condición de carga	19680.6	7.48	147225.12	0.862	16969.1

M_{MSC}	15895	
RESULTADOS		Observaciones
LBS =	13.79	Factor base de eslora
Fl =	1.69	
FDL =	1.03	Dentro del rango
FB =	1.82	Tercera fórmula
FBD =	1.06	Dentro del rango
FR =	5.25	Superior a lo recomendado
FKR =	1.31	Dentro del rango
FIR =	1.29	Hasta 122°
FDS =	1.15	Dentro del rango
FWM =	1.00	Dentro del rango
FDF =	1.22	Dentro del rango
STIX =	**66.71**	¡ EXCELENTE !
CATEGORÍA A		

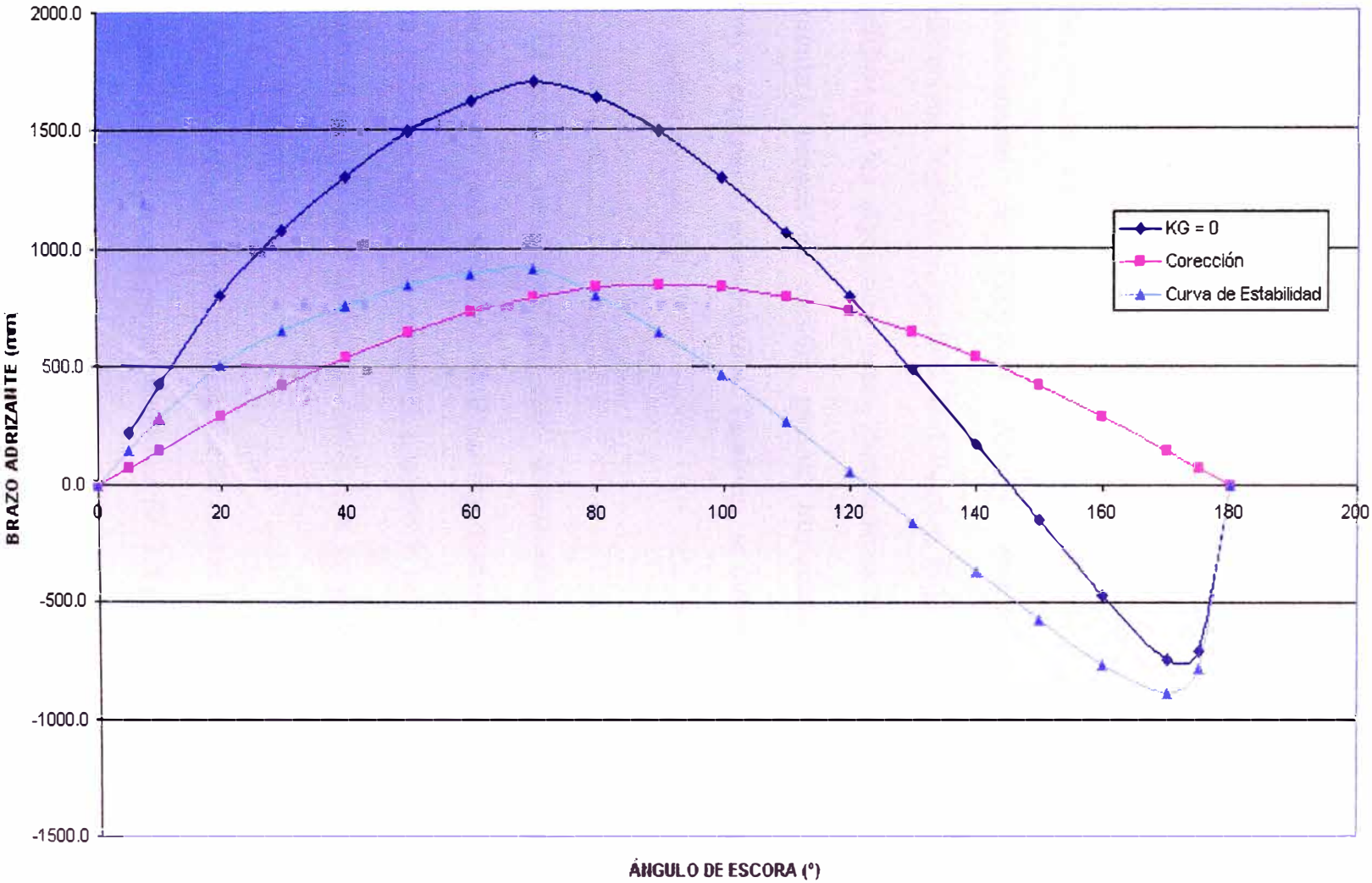


Fig. 46 Curva de estabilidad en su mínima condición de carga

CAPÍTULO 11

ESTUDIO DE ASPECTOS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS

11.1 Inversión. La inversión total aproximada de esta embarcación nueva es aproximadamente de $190 000 dólares americanos, incluido los gastos administrativos, logísticos, gestión, certificados. Esta evaluación de costos se resume y simplifica en las siguientes listas, donde se podrá apreciar todos los equipos e instrumentos, bienes de capital, gastos, importación y servicios para diseñar, construir y equipar la embarcación. También, se incluye, al término del capítulo una lista de capital de trabajo.

El precio resultante de esta embarcación, está dentro de los rangos internacionales y esto se puede verificar rápidamente en Internet, buscando precios de esta embarcación en la categoría crucero y con aparejos Ketch. La diferencia fundamental es que este velero se construiría en el país dejando experiencia en el diseño y construcción.

Cabe resaltar que esta evaluación de costos fue realizada en el año 2003 y fue convertida a soles con un tipo de cambio de S/. 3.5 nuevos soles el dólar americano.

11.1.1 Inversión fija tangible.

LISTA DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS			
	#	P. unit.S/.	P. Total
Instrumentos de anclaje			
Simpson Lawrence Delta Anchor - 35l b ,Ancla	1	1015	1015
Rope Chain Anchor Rode 5/16x9/16x165 ,Cadena de ancla	1	613	613
Wichard Anchor Line Snubber for 5/16 and 3/8 In Chain	1	219	219
Perko Rope Chain Deck Pipe , Cadena de cubierta	1	315	315
Polyform 12x43 F Series Fender , Barandas	2	311.5	623
Polyform 18.5x35 Mooring , Boya de amarre	1	448	448
Simpson Lawrence Anchorman Manual G Windlass , Molinete	1	2251	2251
2 anclas de respeto, cabos, y cadenas de anclaje			2100
Equipamiento de la Tripulación			
Gill OS2J Key West Jacket, Casacas impermeables	10	773.8	7738
Gill OS2T Key West Trouse, Pantalones impermeables	10	579.6	5796
vestimenta de gala	10	875	8750
Comunicaciones			
Digital 16 ft. VHF Antenna , Antena digital	1	928	928
SG-230 Smartuner ,Equalizador	1	1610	1610
ICOM M45 Super-Compact, Weather-Resistant 25 Watt VHF	1	508	508
Mount kit, icom radio vhf, Kit de montaje	1	81	81
Electrónica			
ST5000+ Inboard Hydraulic Autopilot	1	4309	4309
Garmin GPS Navegador	1	2097	2097
Navman M3100 Multi Depth/Speed/Temp/Log, Corredera	1	1400	1400
Navpod for 3 Instruments - Whitlock housing, Panel de instrumentos	1	585	585
FURUNO 1623 6" LCD Radar w/2kW Dome	1	3952	3952
Scanstrut Small Mast Platform up to 15 In., Plataforma del radar	1	714	714
JBL 6.5 In. Flush Mount Marine Speakers (Pair), parlantes marinos	1	315	315
cables y paneles decontrol			1750
Electricidad			
Balmar 7 Series Alternator - 110 Amp 3.15 In. Dual Foot	1	1715	1715
Balmar BRS-2 Single Stage Regulator - 24V	1	525	525
Fulton Waterproof Flashlight - 3 D Cell_ LINTERNAS	2	52.5	105
Aquasignal Series 40 Port Light, 25 W, Faro de babor	1	252	252
Aquasignal Series 40 Bicolor Light, 25 W, Faro bicolor	1	252	252
Aquasignal Series 40 Masthead Light, 25 W, faro de mástil	1	252	252
Aquasignal Series 40 Estarboard Light, 25 W, faro de estribor	1	252	252
Aquasignal Series 40 StemLight, 10 W, faro de proa	1	252	252
4 baterías de 24V, interruptores, tomacorrinetes, cables eléctricos			3500
Propulsión			
Yanmar 2QM15 Spares Kit_ REPUESTOS DEL MOTOR	1	420	420
Floscan 3FB015U1 Twinscan	1	1617	1617
Standard Shaft Seal: Shaft 30MM Stern Tube 2, prensa estopa	1	560	560
Shaftshark Model 500, prot	1	1400	1400
Eje de propulsión, cojinetes, acoples, accesorios			1750

Seguridad			
Perko 6 In Fog Bell Chr Brass	1	280	280
Wichard Emergency Boarding Ladder	1	333	333
Carbon Monoxide Detector	1	315	315
ACR Globalfix 406 - Manual radiobaliza	1	3171	3171
First Aid Pak Trans-Ocean Pak	1	2520	2520
Pinpoint MDS 2 Flare Kit fuegos artificiales de salvamento	1	770	770
Perko Fog Horn corneta de salvataje	1	46	46
Sospenders Manual Inflate Adult Life Vest ,Arneses	10	438	4375
Equipos de navegación			
Andersen Super Medium Bailer	1	228	228
SCHAEFER 5 IN 2-HOLE OPEN BASE CLEAT-BLCK cornamusas	8	73.5	588
HARKEN MR DECK ORGANIZER - TRIPLE, organizador de cubierta	2	280	560
Bomar 15 7/16 x 15 7/16 Low Profile Extruded Hatch, escotilla	2	1050	2100
Beckson 8 White w/ Clear Center Design Screw Out Deck Plate	1	81	81
LEWMAR 10 IN ALLOY POWER GRIP HANDLE, manivela de chigre	6	192.5	1155
LEWMAR WINCH - 7A SINGLE SPEED ALUMINUM, chigres	6	472.5	2835
Equipos de gobierno			
TORQUE 280 ,1 HANDPUMP TYPE C7/45 ,1 CYLINDER TYPE CL/045	1		2930
- 1 BY-PASS - 2 X 0.50 M HOSES AC0524			
COMPLET RUDDER INDICATOR TYPE VDO 24V DC	1		352
CERTIFICAT ABS CERTIFICAT	1		4200
Pedestal, timón y sus accesorios			3500
Acomodaciones			
curtains- customer supplied fabric			1216
chair back- w/ grommets			140
gray Polar Tech slip covers- 300 construction			343
throw pillow and cover			300
tool pouch- Textaline, wall mounted, custom fit			
table covers- soft vinyl w/ fleece padding			1365
rescue bags- w/ stenciling			263
			140700

Lista de Bienes de Capital.

Propulsión			
Martec Mark III Folding Prop, 20 Blade Diameter, propulsor	1	2888	2888
Aparejos			
Sailtec Model 17 Locking Standard Integral Hydraulic Adjuster,	1	7657	7657
SCHAEFER SYSTEM 3100, 3/8 IN WIRE, 5/8 PIN furling system	1	13075	13075
Mástiles y botavaras	2	29350	55600
Seguridad			
Switlik 4 Person Rescue Pod in Fiberglass módulo de sobrevivencia	3	5880	17640
Equipos de gobierno			
*SEIMI280 HYDRAULIC STEERING GEAR TYPE SEIMI 280			
POWER-PACK TYPE AC 05 / 24VDC / 125 W /*IABVDOPM24	1		24000
Lastre			
6 Toneladas de plomo antimonial 3%			17500
Acomodaciones			
juego sala comedor especial para veleros			3500
dormitorio principal con sus armarios y asientos	2	3150	6300
juego de camarotes especiales para veleros	2	1750	3500
cámara de navegación	1	2450	2450
acomodaciones de baños	3	2450	7350
acomodaciones de cocina	1	2800	2800
Casco y cubierta			
CASCO Y CUBIERTA (Fibra mat, woven roving, resina epóxica			106740
Motor Marino, 80 bhp potencia auxiliar			70000
			341000

11.1.2 Inversión fija intangible.

Lista de Servicios			
Alquiler de astillero			
Meses de alquiler de instalaciones de astillero	12	4	16800
Mano de obra			
Costo de construcción e instalación de los sistema			87500
Certificados			
Costo de los certificados de capitanías y sociedad clasificadora			42000
HONORARIOS DE DISEÑO Y SUPERVISIÓN DE CONSTRUCCIÓN AL INGENIERO DISEÑADOR			35000
			181300
Gastos operativos			
Gastos operativos en toda la ejecución del proyecto			3500
Subvenciones			
Subvenciones a los ejecutores del proyecto a lo largo de la construcción y pruebas de navegación			30000
Gastos Imprevistos			
En caso suceda casos fortuitos y como una tolerancia a lo presupuestado			3500

11.1.3 Capital de trabajo.

Análisis breve de los costos por viaje y mantenimiento mensual del Velero UNI

Costos por viaje

Gastos de combustible(tanques llenos)	1150
Gastos de agua dulce (tanques llenos)	50
Comestibles, S/.8 diarios por persona	800
Otros (impuestos en puertos, baterías)	200
Total aproximado	2200

Costos de mantenimineto mensuales

Limpieza interna y sobrecubierta	200
Inspección con uso de instrumentos electrónicos especializados	350
Otros (baterías, agua)	100
Total aproximado	650

CONCLUSIONES

Conclusión general:

- El Velero Insignia de la UNI cuenta con una área vélica suficiente, haciéndola muy versátil estable y seguro para las diferentes condiciones de viento en la mar. De esta manera, el velero UNI puede realizar travesías oceánicas con sólo levar velas y con combustible de emergencia. Puede llevar una tripulación numerosa, así como sus pertrechos y una cantidad aceptable de agua fresca. Es de casco liviano haciéndolo veloz y de muy buena capacidad de aceleración, lo que le permite competir en regatas en su categoría.

Conclusiones específicas:

- De los resultados de los cálculos y conceptos de los capítulos primero, segundo, tercero y cuarto podemos concluir que el casco del velero UNI es del tipo de desplazamiento, cuyo diseño ha sido realizado con la base de líneas de forma de veleros construidos a lo largo de las últimas décadas y en países desarrollados. Las líneas de forma han pasado por un riguroso proceso de evaluación y mejoras hasta conseguir que los parámetros de diseño óptimos converjan en un todo armonioso.

- Del capítulo tres concluimos que muchos veleros con fondo en "V" han sido diseñados con dos o más codillos. Esto facilita al diseñador aproximarse a la forma y características de un casco con pantoque redondo y obtener mejor performance debido a la reducción de turbulencias, superficie mojada y aumento del balance del casco. En este concepto se basa este diseño para elegir un casco de doble codillo, cuya construcción será rápida y más económica comparado con un casco redondo.

- Lo expuesto en el capítulo cinco, nos lleva a concluir que el timón y codaste apropiado es del tipo moderado, ya que éste es más maniobrable, otorga mayor direccionabilidad a la nave y cuenta con mayor área de pala para las exigencias de la navegación oceánica. En lo que respecta a la quilla, se ha elegido la quilla tipo aleta larga apropiada para cruceros. Tanto el timón como la quilla están diseñados hidrodinámicamente usando perfiles NACA.

- Por lo expuesto en el capítulo seis, se ha elegido el aparejo tipo "ketch" por ser apropiado para un velero crucero, proporciona la suma de área vélica que se necesita y da un aspecto estético y moderno. Este plan vélico es el que mejor se ajusta a la nave UNI, conjugando área vélica, posición de mástiles, relaciones de alargamiento de las velas y mástiles.

- Del capítulo siete, el acomodamiento se ha diseñado para diez tripulantes con una sala-comedor protocolar, baño privado y público, cocina y barra, hielera, ventilación, cumpliendo el requerimiento inicial. Sobrecubierta, se han instalado todos los equipos para el izaje y manipuleo de velas y jarcia.

- Del capítulo ocho concluimos que, el sistema de construcción "sándwich" nos permite aumentar la rigidez a la flexión, absorber esfuerzos cortantes, reducir el peso del casco gracias a la disminución del espesor de las caras de fibra de vidrio de la sección sándwich, el núcleo nos servirá también como aislante térmico y sonoro. Esta disminución de peso del casco se reflejará, también, en la capacidad de aceleración del velero, haciéndola mayor.

- Concluimos del capítulo nueve, que para reducir la resistencia por arrastre de la hélice cuando se navegue a vela se recomienda seleccionar una hélice de palas abatibles, lo cual significará un mayor costo inicial, pero no disminuirá en exceso la velocidad de la nave. Para este respecto se hará un análisis mayor de selección de motor y hélice, ya que estos dos son un conjunto, para poder determinar con exactitud las dimensiones del sistema de propulsión auxiliar que será expuesto por otro tesista.

- En el presente diseño se toma muy en consideración la seguridad de la vida humana en la mar, la estabilidad del barco, todo aquello se traduce en una buena manga, un alto francobordo y una quilla de lastre generoso. Esta nave se orienta a realizar travesías de altamar, como lo demuestra el alto valor del índice de estabilidad "STIX". Esta conclusión se obtiene de lo expuesto en el capítulo diez.

- No se ha tomado en cuenta otorgar mayor velocidad al casco, en ese caso, el casco sería de semidesplazamiento y las velas pasarían a un segundo plano y el velero se convertiría en un motovelero con una potencia en los motores como principal. Así mismo, los motoveleros tiene un área de navegación restringida, pegada a las costas, que lo retira de la categoría de crucero oceánico. Por otro lado, el costo del combustible para navegar en un velero a motor serían exorbitantes, haciendo que el velero sea un verdadero lujo y gasto para la Universidad. Esta conclusión la obtenemos de lo expuesto en los capítulos nueve y diez.

- En el capítulo once se resume la inversión fija del diseño, construcción y equipamiento, se concluye que el valor final se encuentra entre los precios normales de venta en el extranjero.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda, que durante la construcción, un bachiller en Ingeniería Naval supervise todos los días, el trabajo avanzado por los operarios, que se respete las líneas de forma y todos los detalles expuestos en los planos. Es primordial, que las plantillas de gálibos sean lo más exactos posibles, que el acabado final del molde sea completamente liso y tener en cuenta la humedad del medio ambiente en que se trabaja.

- Se recomienda, que los cálculos de escantillonado y reforzamiento de las partes críticas, en su totalidad las efectúe un bachiller en Ingeniería Naval, como tesis profesional, ya que los estudios y cálculos de todo proyecto de Ingeniería Naval es multidisciplinario y necesita un especialista en cada tema primordial.

- Se recomienda que los cálculos de propulsión, gobierno y sistemas auxiliares lo realice un Bachiller en Ingeniería Naval, como tesis profesional, pues también requiere un estudio al detalle, ya que, es un tema muy complejo e importante.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ted Brewer. "Understanding Boat Design". International Marine. Camden – USA. 147p, 1994.

2. Richard T. Miller, Karl L. Kirkman. "Sailing Yacth Design-a new Appreciation of a Fine Art". SNAME Transactions. New Jersey – USA. 50p. Vol. 1990.

3. Larson L. & Eliasson R.E. "Principles of Yacht Design". International Marine. Camden – USA. 334p. 2000.

4. John Teale. "How to Design a Boat". Sheridan House. Great Britain. 156p. 1998.

5. GermanischerLloyd."Poseidon2.11", Alemania.1998

6. Forbes Aird. "Fiberglass & Composite Materials". H.P. Books. USA. 153p. 1996.

7. Arthur Edmunds. "Building a Fiberglass Boat". Bristol Fashion Publication. USA. 198p. 1999.

8. Juan Baader. "Cruceros y lanchas veloces". Náutica Baader. Argentina. 424p. 1951

9. Dave Gerr: "Propeller Handbook". Internacional Marine. Camden, Maine USA. 152p. 2001

10. Dave Gerr. "The elements of Boat Strength". Internacional Marine. Camden, Maine. USA. 368p. 2000

11. Bruce Roberts-Goodson. "Surveying Fiberglass Sailboats". Internacional Marine. Camden, Maine. USA. 368p. 2001

12. Antonio Bonilla De La Corte. "Teoría del Buque". Cadiz, España. 691p. 1979

13. John C. Payne. "The Marine Electrical and Electronics Bible". Sheridan House, USA. España. 420p. 2001

14. Nigel Calder. "Marine Diesel Engines". International Marine, USA. 212p. 1992

15. J. R. Kane. "Marine Engineering". SNAME, USA. 871p. 1988

RESUMEN DE TESIS TITULADO "DISEÑO PRELIMINAR DEL VELERO CRUCERO UNI, DE 15.3 M DE ESLORA Y CON APAREJOS KECHE" PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO NAVAL, PERTENECIENTE A DENNYS DUNKER DE LA TORRE CORTEZ

El Velero Insignia de la UNI cuenta con una área vélica suficiente, haciéndola muy versátil estable y seguro para las diferentes condiciones de viento en la mar. De esta manera, el velero UNI puede realizar travesías oceánicas con sólo levar velas y con combustible de emergencia. Puede llevar una tripulación numerosa, así como sus pertrechos y una cantidad aceptable de agua fresca. Es de casco liviano haciéndolo veloz y de muy buena capacidad de aceleración, lo que le permite competir en regatas en su categoría.

De los resultados de los cálculos y conceptos de los capítulos primero, segundo, tercero y cuarto puedo resumir que el casco del velero UNI es del tipo de desplazamiento, cuyo diseño ha sido realizado con la base de líneas de forma de veleros construidos a lo largo de las últimas décadas y en países desarrollados. Las líneas de forma han pasado por un riguroso proceso de evaluación y mejoras hasta conseguir que los parámetros de diseño óptimos converjan en un todo armonioso.

Muchos veleros con fondo en "V" han sido diseñados con dos o más codillos. Esto facilita al diseñador aproximarse a la forma y características de un casco con pantoque redondo y obtener mejor rendimiento debido a la reducción de turbulencias, superficie mojada y aumento del balance del casco. En este concepto se basa este diseño para elegir un casco de doble codillo, cuya construcción será rápida y más económica comparado con un casco redondo.

El timón y codaste apropiado para el velero UNI es del tipo moderado, ya que éste es más maniobrable, otorga mayor direccionabilidad a la nave y cuenta con mayor área de pala para las exigencias de la navegación oceánica. En lo que respecta a la quilla, se ha elegido la quilla tipo aleta larga apropiada para cruceros. Tanto el timón como la quilla están diseñados hidrodinámicamente usando perfiles NACA.

Por lo expuesto en el capítulo seis, he elegido el aparejo tipo "ketch" por ser apropiado para un velero crucero, proporciona la suma de área vélica que se necesita y da un aspecto estético y moderno. Este plan vélico es el que mejor se ajusta a la nave UNI, conjugando área vélica, posición de mástiles, relaciones de alargamiento de las velas y mástiles.

El acomodamiento se ha diseñado para diez tripulantes con una sala-comedor protocolar, baño privado y público, cocina y barra, hielera, ventilación, cumpliendo el requerimiento inicial. Sobrecubierta, se han instalado todos los equipos para el izaje y manipuleo de velas y jarcia.

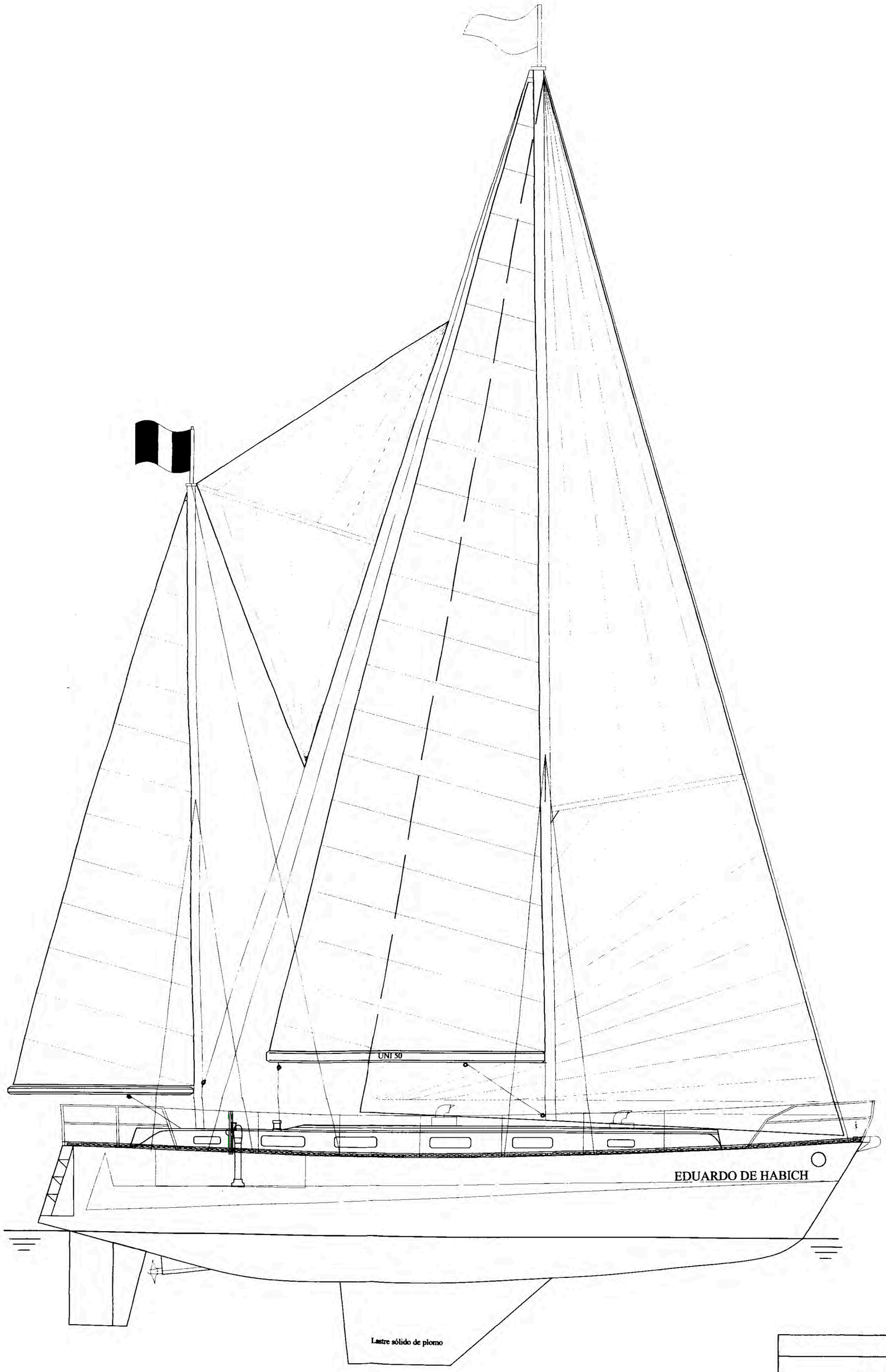
Del capítulo ocho resumo, que el sistema de construcción "sándwich" nos permite aumentar la rigidez a la flexión, absorber esfuerzos cortantes, reducir el peso del casco gracias a la disminución del espesor de las caras de fibra de vidrio de la sección sándwich, el núcleo nos servirá también como aislante térmico y sonoro. Esta disminución de peso del casco se reflejará, también, en la capacidad de aceleración del velero, haciéndola mayor.

Se resume del capítulo nueve, que para reducir la resistencia por arrastre de la hélice cuando se navegue a vela se recomienda seleccionar una hélice de palas abatibles, lo cual significará un mayor costo inicial, pero no disminuirá en exceso la velocidad de la nave. Para este respecto se hará un análisis mayor de selección de motor y hélice, ya que estos dos son un conjunto, para poder determinar con exactitud las dimensiones del sistema de propulsión auxiliar que será expuesto por otro tesista.

En el presente diseño se toma muy en consideración la seguridad de la vida humana en la mar, la estabilidad del barco, todo aquello se traduce en una buena manga, un alto francobordo y una quilla de lastre generoso. Esta nave se orienta a realizar travesías de altamar, como lo demuestra el alto valor del índice de estabilidad "STIX".

No se ha tomado en cuenta otorgar mayor velocidad al casco, en ese caso, el casco sería de semidesplazamiento y las velas pasarían a un segundo plano y el velero se convertiría en un motovelero con una potencia en los motores como principal. Así mismo, los motoveleros tienen un área de navegación restringida, pegada a las costas, que lo retira de la categoría de crucero oceánico. Por otro lado, el costo del combustible para navegar en un velero a motor sería exorbitante, haciendo que el velero sea un verdadero lujo y gasto para la Universidad. Esta conclusión la obtenemos de lo expuesto en los capítulos nueve y diez.

La inversión fija del diseño, construcción y equipamiento se encuentra entre los precios normales de venta en el extranjero, pásese a revisar la tesis.



CATEGORÍA

CRUCERO OCEÁNICO

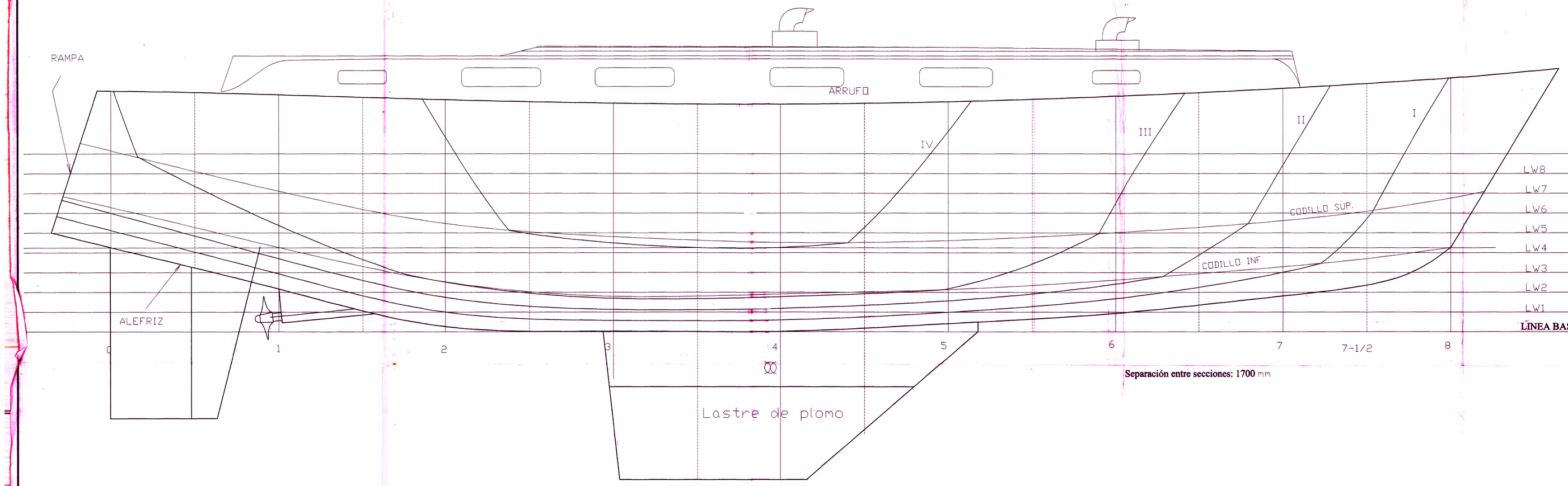
CLASE A

APAREJOS KECHE, ALTO RENDIMIENTO
TANTO PARA CRUCERO COMO PARA REGATAS

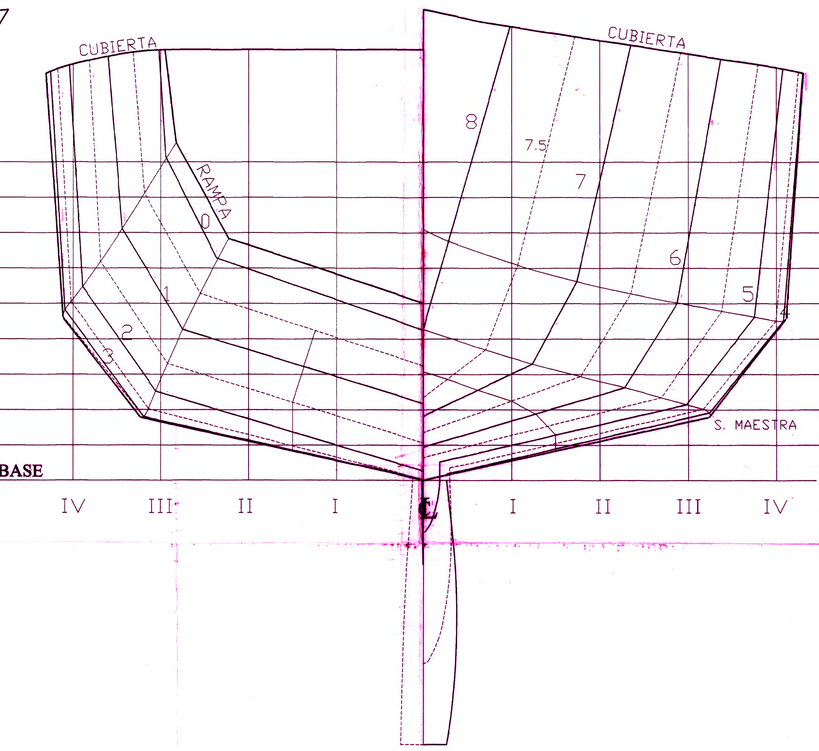
CARACTERISTICAS

ESLORA TOTAL	15.3 m
MANGA MOLDEADA	4.3 m
PUNTAL MOLDEADO	2.3 m
VELOCIDAD CRUCERO	8 NUDOS
AUTONOMÍA	7 Días

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA NAVAL			
VELERO INSIGNIA UNI			
DISPOSICIÓN GENERAL			
FECHA :	ESCALA :	REVISADO POR :	DISEÑADO POR :
08/10/04	1:50	DIRECCIÓN EPIN	DENNYS DE LA TORRE C.

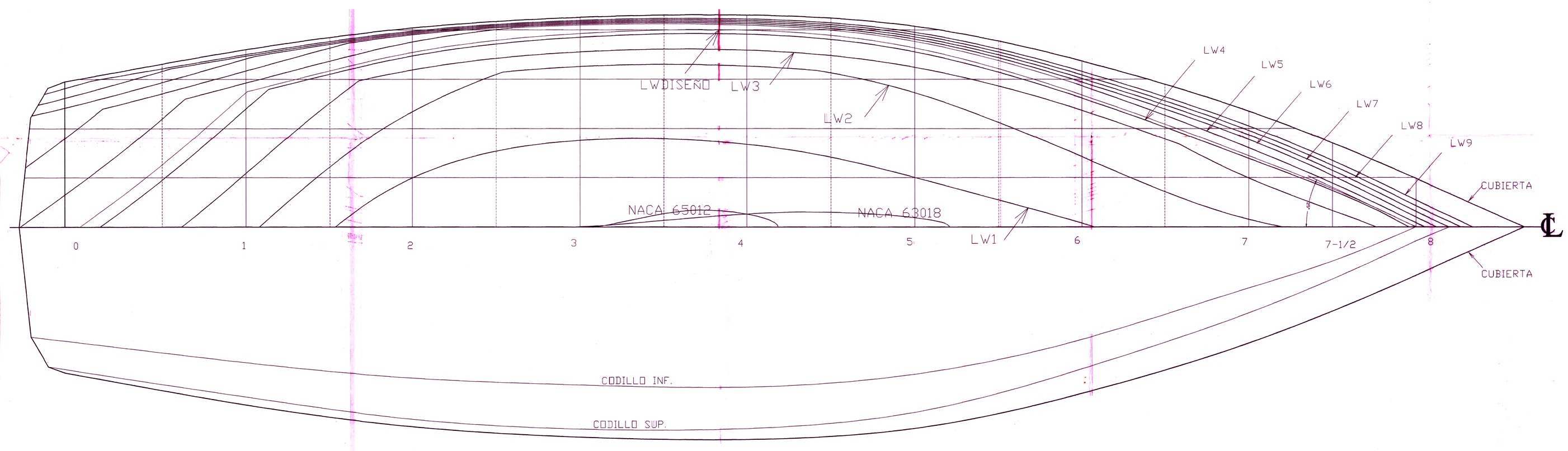


VISTA LONGITUDINAL



VISTA TRANSVERSAL

CURVA DE BAO

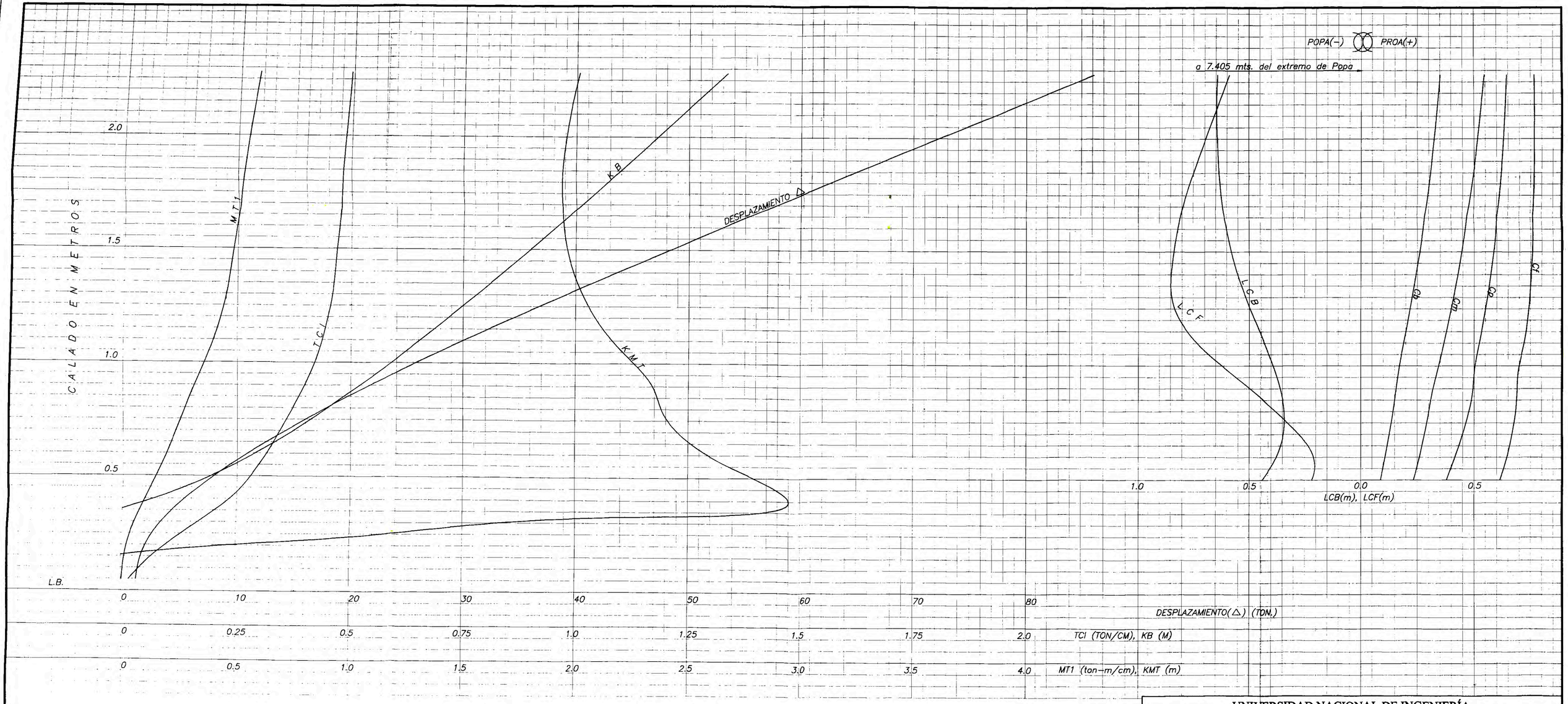


VISTA DE PLANTA

Separación entre secciones: 1700 mm

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
LOA = 15.3 m
LWL = 13.6 m
MANGA MÁXIMA (B) : 4.3 m
BWL : 4
PUNTAL DEL CASCO : 2.3 m
CALADO DEL CASCO : 0.85 m
CARENA DEL CASCO: 18.06 m3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA NAVAL			
VELERO INSIGNIA UNI			
PLANO DE LÍNEAS DE FORMA			
FECHA :	ESCALA :	REVISADO POR :	DIBUJADO POR :
22/04/04	1:20	DIRECCIÓN EPIN	DENNYS DE LA TORRE C.



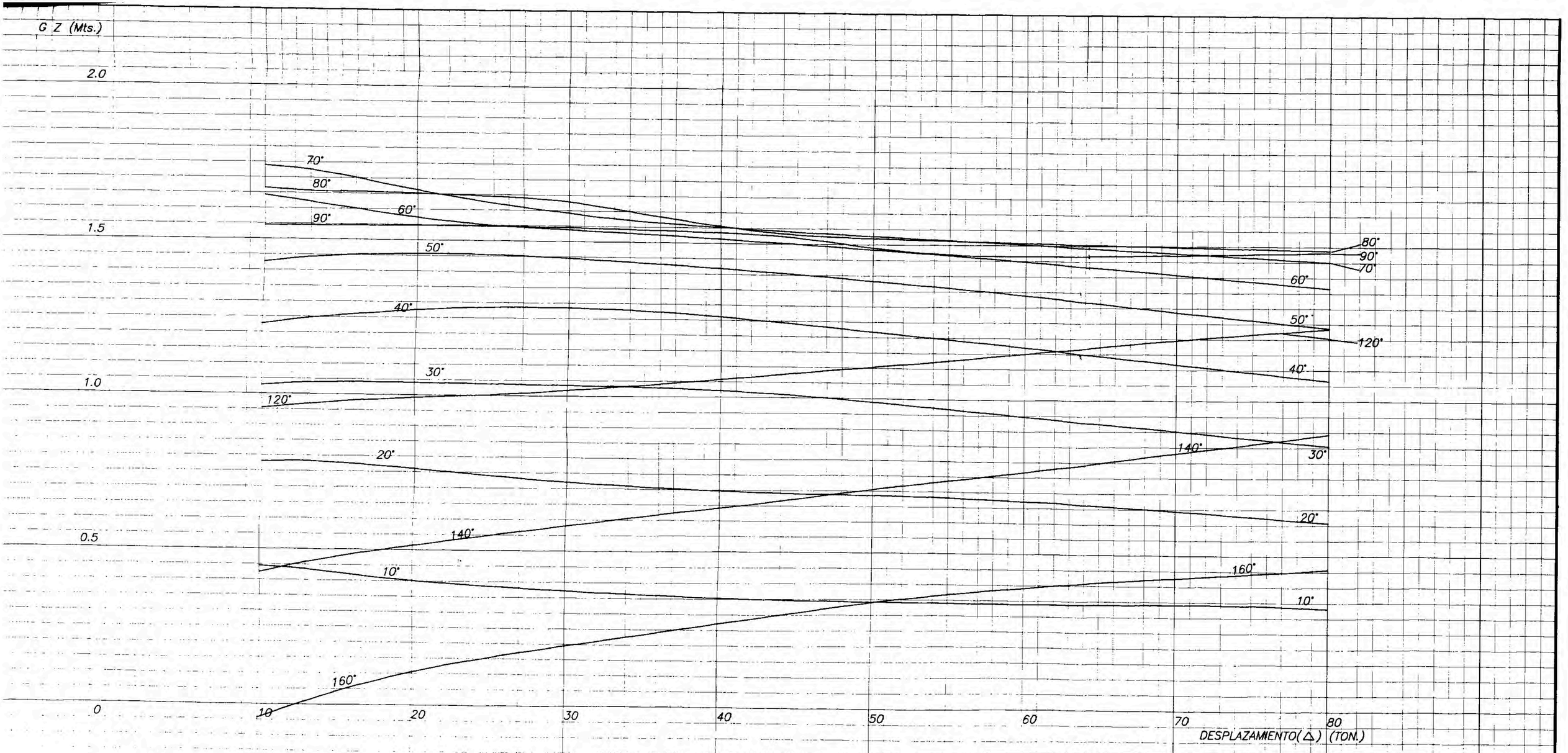
KB : ALTURA DEL CENTRO CARENA SOBRE LA BASE.
KM : METACENTRO TRANSVERSAL SOBRE LA BASE.
TCI : TONELADAS POR 1 cm. DE INMERSIÓN.
MT1 : MOMENTO PARA ALTERAR EL ASIENTO 1 cm.
LCB : DISTANCIA DEL CENTRO DE CARENA A LA SECCIÓN MAESTRA A 7.405 m DESDE EL EXTREMO DE POPA.
LCF : DISTANCIA DEL CENTRO FLOTACIÓN A LA SECCIÓN MAESTRA A 7.405 m DESDE EL EXTREMO DE POPA.
Cb : COEFICIENTE DE BLOCK.
Cp : COEFICIENTE PRISMÁTICO.
Cf : COEFICIENTE DE FLOTACIÓN.
Cm : COEFICIENTE SECCIÓN MAESTRA.

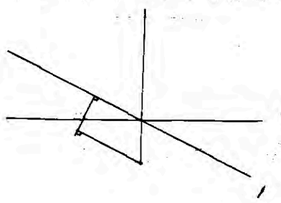
CARACTERISTICAS

ESLORA TOTAL	15.3 m
MANGA MOLDEADA	4.3 m
PUNTAL MOLDEADO	2.3 m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA NAVAL
VELERO INSIGNIA UNI
CURVAS HIDROTÀTICAS

FECHA :	ESCALA :	REVISADO POR :	DISEÑADO POR :
06/08/04	Indicada	DIRECCIÓN EPIN	DENNYS DE LA TORRE C.





KG asumido para el cálculo= 0.0 mts.

CARACTERISTICAS

ESLORA TOTAL	15.3 m
MANGA MOLDEADA	4.3 m
PUNTAL MOLDEADO	2.3 m

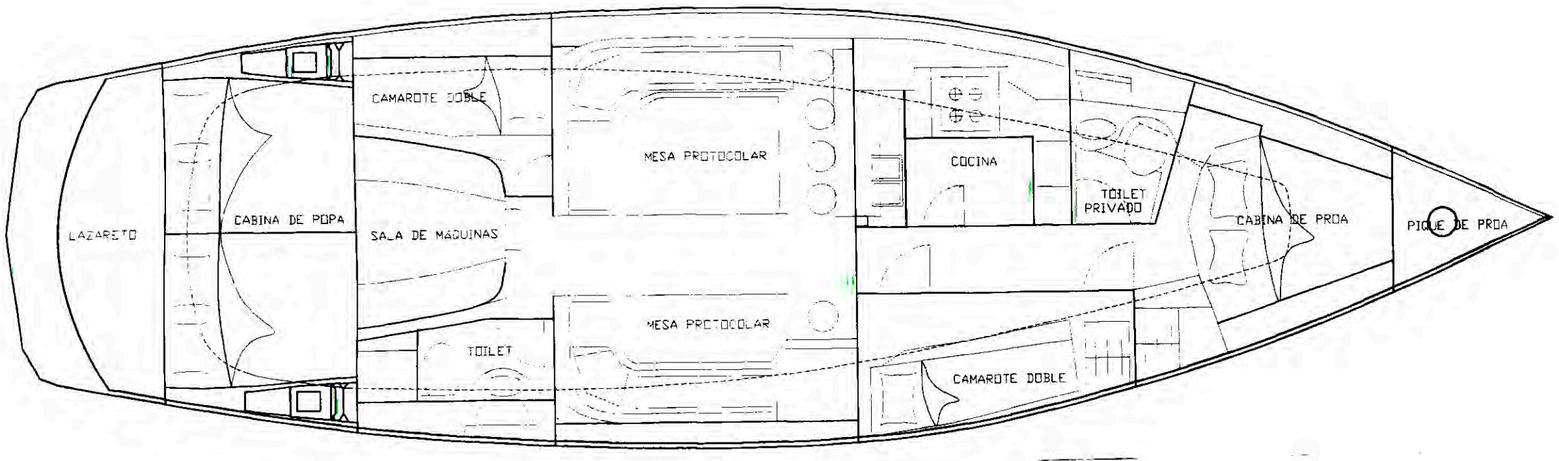
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA NAVAL

VELERO INSIGNIA UNI

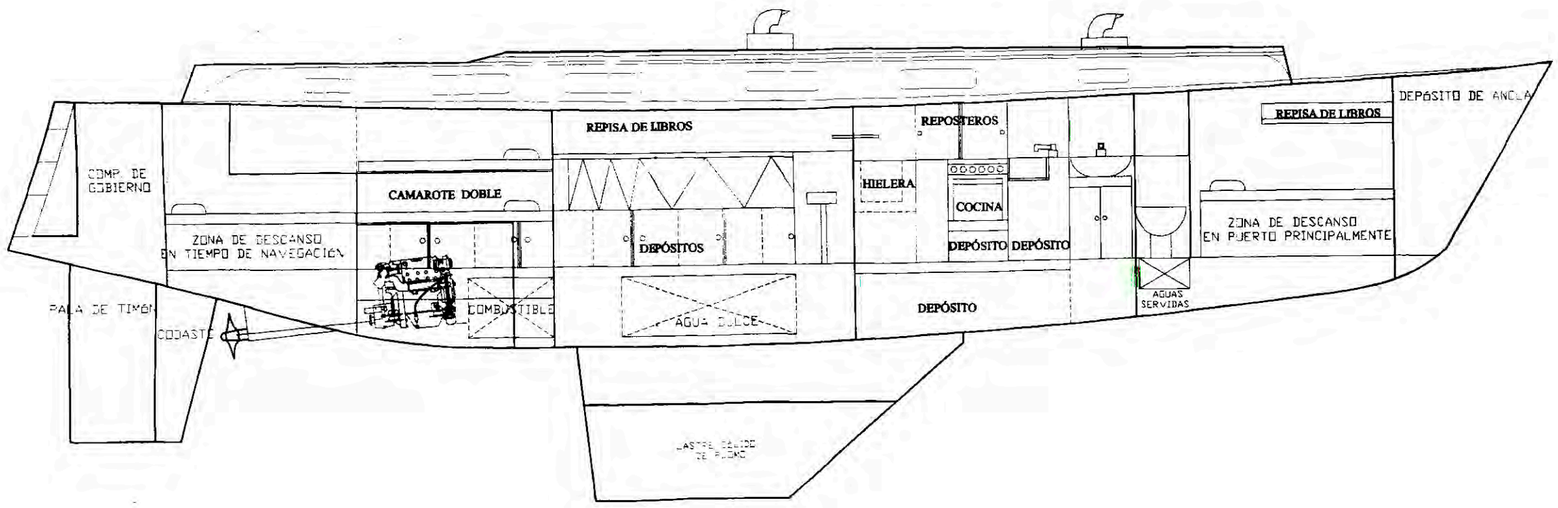
CURVAS CRUZADAS

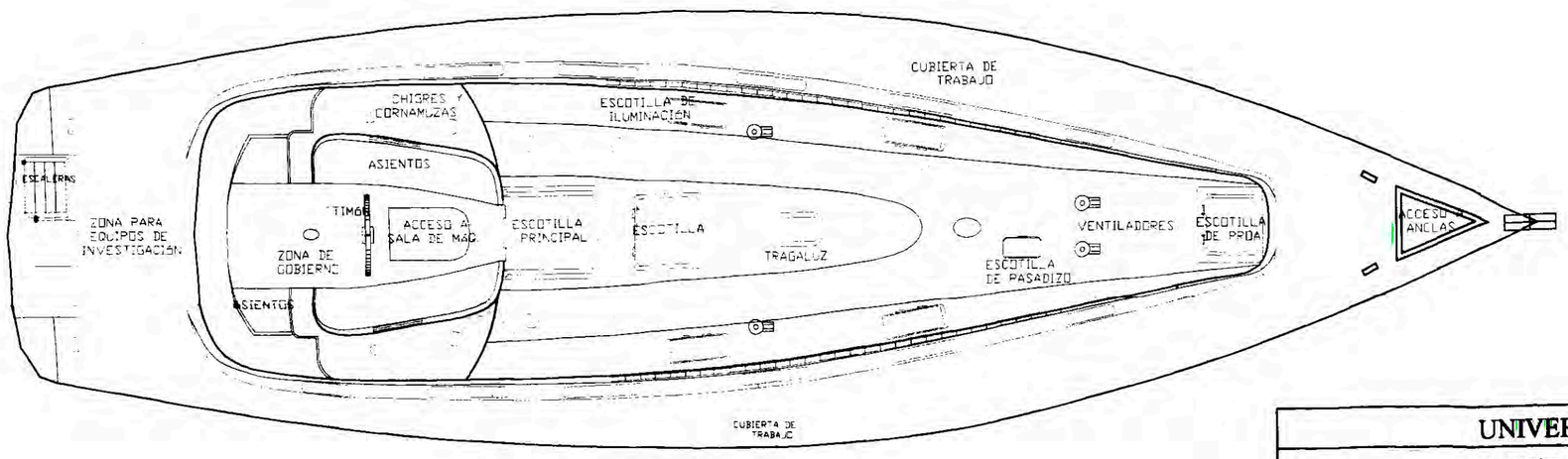
FECHA :	ESCALA :	REVISADO POR :	DISEÑADO POR :
06/08/04	Indicada	DIRECCIÓN EPIN	DENNYS DE LA TORRE C.



VISTA DE PLANTA-ACOMODACIONES INTERNAS

VISTA LATERAL-ACOMODACIONES INTERNAS





VISTA DE CUBIERTA

CARACTERISTICAS

ESLORA TOTAL	———	*15.3 m*
MANGA MOLDEADA	———	*4.3 m*
PUNTAL MOLDEADO	———	*2.3 m*
TRIPULACIÒN	———	*10*
COMBUSTIBLE	———	*200 gls*
AGUA DULCE	———	*400 gls*

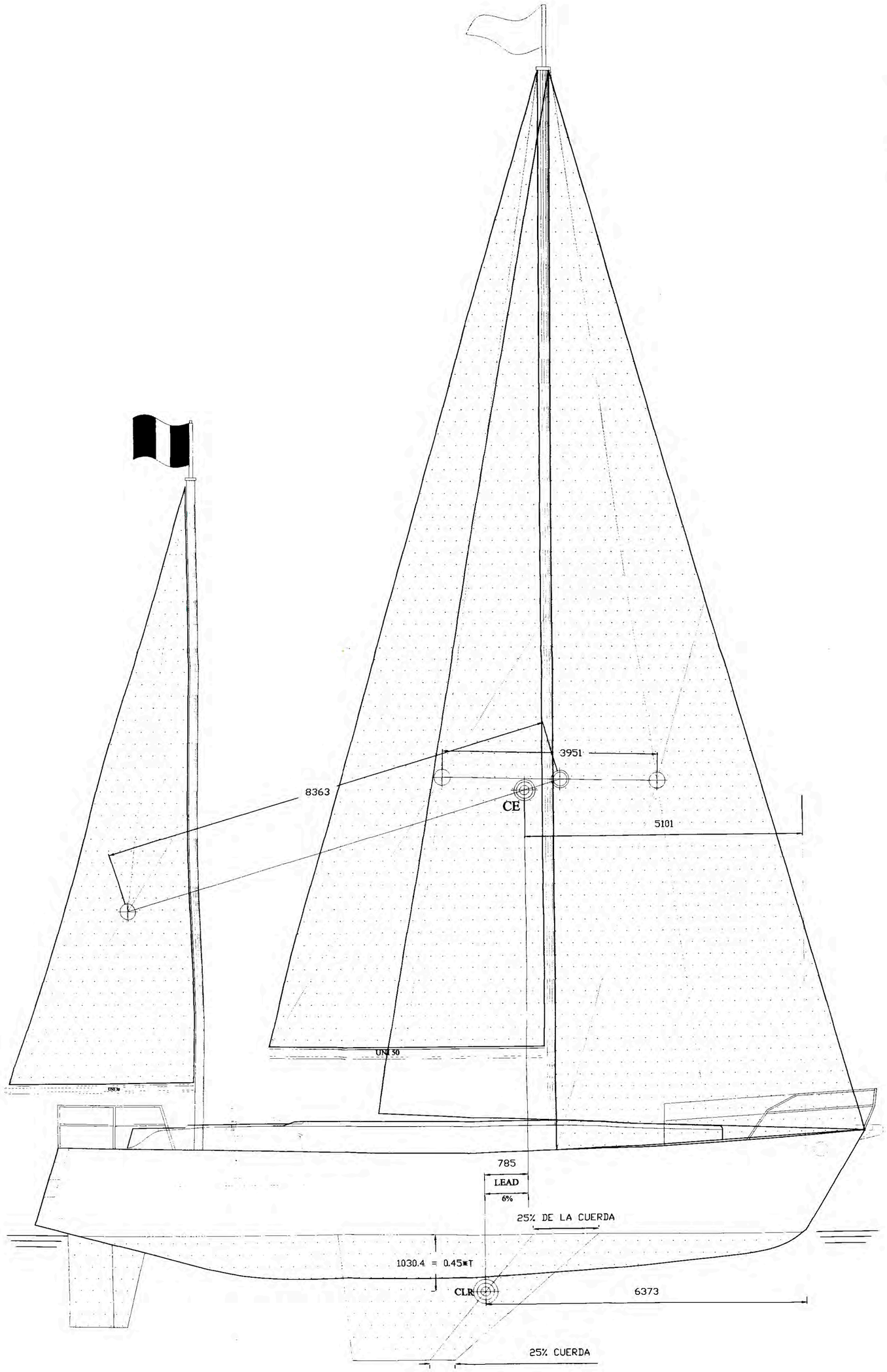
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

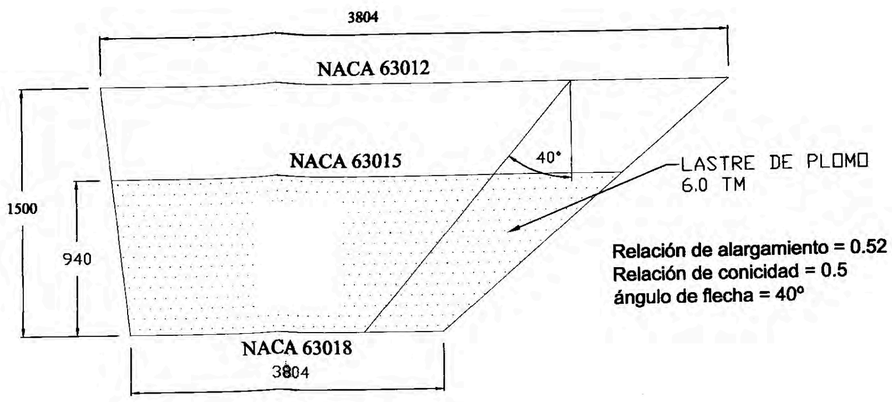
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA NAVAL

VELERO INSIGNIA UNI

ACOMODACIONES Y CUBIERTA

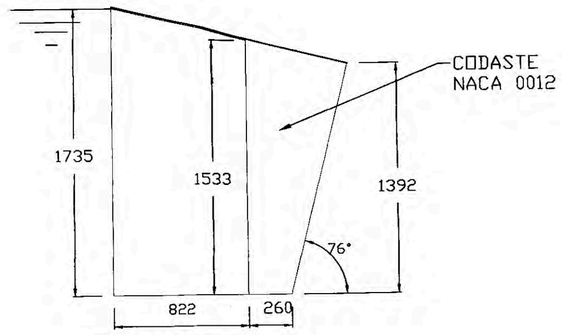
FECHA :	ESCALA :	REVISADO POR :	DISEÑADO POR :
08/10/04	1:50	DIRECCIÓN EPIN	DENNYS DE LA TORRE C.





Relación de alargamiento = 0.52
Relación de conicidad = 0.5
ángulo de flecha = 40°

QUILLA



Timón NACA 0012

PALA DE TIMON

Escala 1:25

NOTAS:

1. Para poder balancear el velero, necesitamos que el CE adelante a CLR, esta distancia se denomina "lead".
2. Puesto que, el centro de presiones de la obra viva está ligeramente a popa, se obtiene un mayor "lead".

CARACTERISTICAS

ESLORA TOTAL	*15.3 m*
MANGA MOLDEADA	*4.3 m*
PUNTAL MOLDEADO	*2.3 m*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA NAVAL			
VELERO INSIGNIA UNI			
BALANCE, QUILLA, PALA DE TIMÓN Y LASTRE			
FECHA :	ESCALA :	REVISADO POR :	DISEÑADO POR :
08/09/04	1:50	DIRECCIÓN EPIN	DENNYS DE LA TORRE C.