Proyecto Embarcación Individual
Catamarán Polifuncional

Alumna: Paula Kreisel B.
Profesor: Boris Ivelic K.

Indice

Primera Etapa

Introducción 2
Observación de la Obra Existente 10
Estudio Previo y Teoría de Buoue 14
Estudio de Prototipos 24
Proposición de la Etapa 58

Segunda Etapa

Dos Proposiciones a Construir 76
Construcción de Matrices en Madera 86
Fibra de Vidrio 98
Pruebas de Estabilidad de los Modelos Construidos 108
Canal de Pruebas Universidad Austral de Valdivia 116
Proposición de la Etapa 120

Tercera Etapa

Proposición de Casco 144
Construcción de Matriz Yeso 152
Construcción Fibra de Vidrio 160
Curvas Hidrostáticas de Flotador sin corte 170
Curvas Cruzadas de Flotador sin corte 178
Experimento de Inclinación y Curva de Estabilidad 182
Curvas Hidrostáticas Catamarán 190
Curvas Cruzadas Catamarán 196
Experimento de Inclinación y Curva de Estabilidad 200

Primera Etapa

Proyecto

Catamarán Polifuncional Individual

Introduccion proyecto

Espacio donde se inserta la obra:

El proyecto fue concebido en su primera fase como una embarcación de doble función, desplazarse sentado, y caminar en el agua. Teniendo en cuenta que cada una de las funciones tiene distinciones especiales, este capítulo se divide en dos partes:

Modalidad Catamarán:

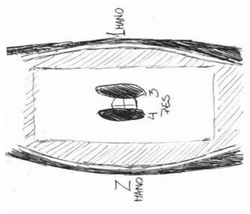
La embarcación se une mediante un asiento pivote el cual construye la figura de dos cascos paralelos que forman un catamarán.

La forma de los casco propuestos anteriormente es asimétrica longitudinalmente, esto hace que por si solos no puedan flotar, es decir, tienen un equilibrio inestable. Sin embargo, al poner ambos en paralelo, aumenta el área de apoyo logrando así un equilibrio satisfactorio para remar. Sin embargo, esto no garantiza la buena maniobrabilidad de la embarcación, ya que el gran calado de los flotadores hace que tenga mucha resistencia en los virajes teniendo oue ser usado solo en aguas calmas como lagunas, piscinas, tranques, etc. Un oleaje fuerte como el de aguas abiertas podría desestabilizar la embarcación ya que además no cuenta con un sistema de gobierno efectivo y seguro, teniendo como propulsor un remo y como gobierno el pivote del asiento unido con los flotadores.

Modalidad Parado:

Así como en el caso anterior el vínculo de los flotadores es el asiento, en este caso lo es el propio cuerpo, los flotadores se calzan cada uno en un pie, dejándolos paralelos. En este caso la tensión muscular del cuerpo es la que define la estabilidad y maniobrabilidad de la embarcación, además de la ayuda del remo. Las condiciones del casco son las mismas que en el caso anterior, sin embargo, al estar parado el centro de gravedad sube y el equilibrio es menor. Considerando que al dar un paso, todo el cuerpo queda apoyado en un solo flotador, y estos al ser asimétricos no tiene la resistencia ni la boyantes para este esfuerzo, la embarcación puede ser utilizada en aguas calmas, como en el caso anterior y en este específicamente.

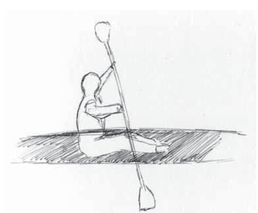
Habitabilidad: Kayak



La observación del aparato se inicia con la experiencia del kayak desarmable en la laguna de la Ciudad Abierta, es la primera experiencia directa con una embarcación pequeña. Durante el trimestre se realiza un estudio de observación en el cual se encarga aprender a remar y a maniobrar el kayak antes de la experiencia de subirse al catamarán, así el trabajo de observación se complementa con el estudio de la Teoría de Buque que se va realizando paralelamente en el Taller mediante la construcción de prototipos de cascos, estas pruebas tienen directa relación con lo que se va observando en el comportamiento del kayak.

Kayak: el gesto del cuerpo tiene radical importancia con el equilibrio desde la subida al kayak, en su uso, y en la bajada. Si bien la embarcación es muy estable, cada movimiento que se hace en él debe ser suave. Mantener la verticalidad del tronco y cabeza asegura la estabilidad, es decir, el movimiento de cualquier extremidad que saque del eje a la totalidad trae consigo la escora en proporción a la intensidad del movimiento.

1.- Subirse: el cuerpo al subir al kayak está en constante control del equilibrio de la embarcación. Al kayak se le agrega un peso y este reacciona con la escora, es por esto, que la entrada es un

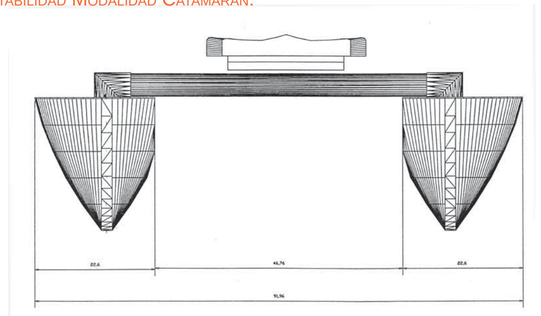


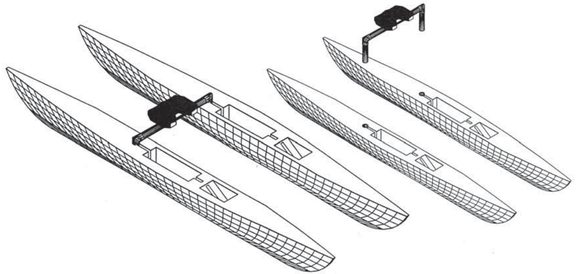
acto donde el cuerpo a medida oue se posa debe ir repartiendo homogéneamente las fuerza oue se le esta aplicando. Es una secuencia donde mantener la verticalidad y el centro de gravedad tiene un orden.

2.- El estar en el kayak y no sobre el: El cuerpo se sitúa adentro de la embarcación esto entrega una dimensión de estar EN el agua, y no sobre ella, el desplazamiento se realiza con el cuerpo a ras de la superficie. La justeza de la embarcación hace que sea un objeto que se le agrega al cuerpo, como un traje, un instrumento que prolonga las extremidades y que permite flotar y deslizarse. Tiene esa condición que tiene un patín, un ski, etc. pero que no tiene un auto ya que hay que "entrar" en el auto. La embarcación se hace parte del cuerpo y vice versa, prolonga las extremidades hacia el remo y hacia el pedal del timón; le entrega una condición flotante a un cuerpo que no la tiene.

Durante el trabajo de observación directo con el kayak, se intenta aprender la técnica de remado, el objetivo es tener un contacto directo con una embarcación para así luego aplicar lo aprendido en el catamarán. Es necesario aprender a maniobrar los giros, paladas, llegadas a orilla, etc. Estos puntos se verán en conjunto con la experiencia del catamarán.

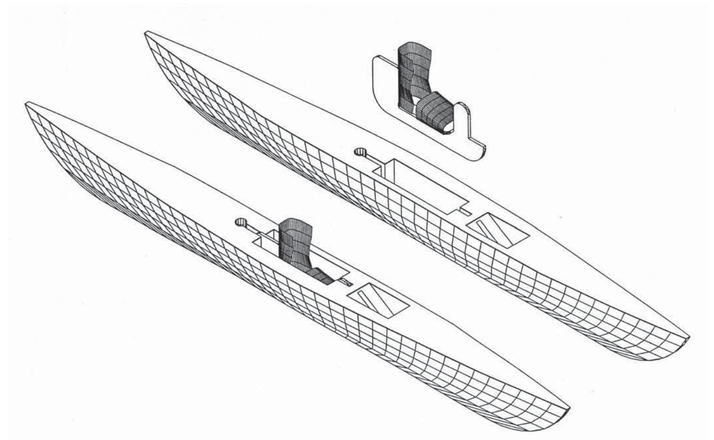
Habitabilidad Modalidad Catamarán:

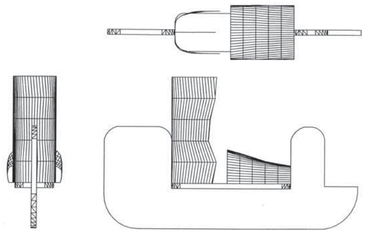




El cuerpo se sitúa a 40cm (asiento) sobre el nivel de la superficie, es decir, el cuerpo se encuentra sobre el agua, no en el agua, esa diferencia en altura le entrega una dimensión de vehículo al catamarán, el cuerpo no entra al objeto, sino que, se posa sobre el a diferencia del kayak. Sin embargo, existe la prolongación de las extremidades hacia los flotadores debido a oue son las piernas las oue controlan la dirección de estos por medio del pivote. Ellas actúan como timón, generan la fuerza para controlarlos y la experiencia de la maniobrabilidad de los pontones tiene directa relación con el cuerpo. Los brazos controlan el impulso mediante los remos, las piernas controlan el rumbo y el resto del cuerpo se mantiene tenso para efectuar el esfuerzo. Con esto se puede decir que la modalidad de catamarán transforma todo el accionar del cuerpo, ya que al deslizarse la persona se reacondiciona y adquiere una nueva modalidad de actuar en el desplazamiento, esto ocurre no adquiriendo gran cantidad de elementos, sino que solo uno (pontones) que modifican la postura y la gestualidad utilizando las cuatro extremidades en el impulso.

Peculiaridad Intrínseca





Ante el encuentro de un proyecto que ha sido anteriormente concebido como idea y desarrollado en un principio, se plantea la pregunta de la peculiaridad intrínseca del objeto, teniendo así en un comienzo *" una visión de cómo el objeto trasciende su función. La búsqueda de su no- utilidad, su gratuidad, su sentido".*

El significado mismo de la palabra Peculiaridad (viene del latín peculiaris) y es propio o privativo a cada persona o cosa. Característico, original, singular, específico, exclusivo, sui generis.

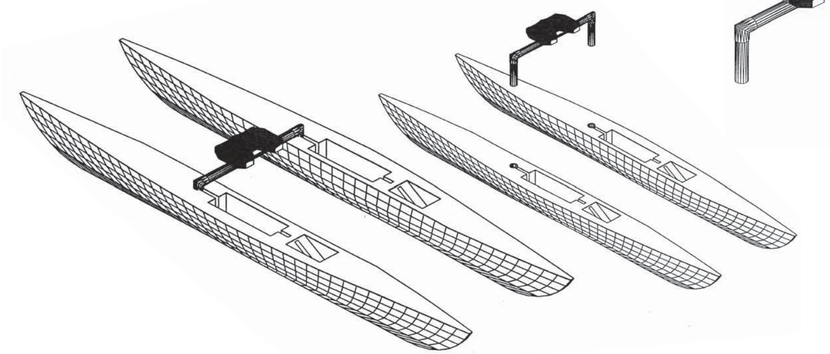
Por otro lado, Intrínseco se refiere a intimo, esencial. Propio de la cosa por sí misma y no le viene de afuera.

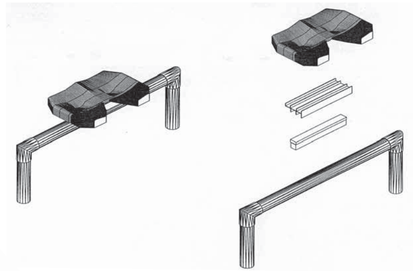
" La peculiaridad ha de ser evidenciada por el objeto, ha de mostrarse, ha de resplandecer."

A partir de esta cita, nace la pregunta por la búsqueda de lo que al objeto le pertenece. El objeto lleva con el la posibilidad de transportarse, teniendo un largo de 3 metros y un peso de 15 kilos ambos flotadores. Lo que permite que sea un objeto transportable es su desarmabilidad.

La desarmabilidad es una peculiaridad del concepto de adosabilidad. La característica de estos objetos es oue *"todas sus partes o piezas se arman y desarman. Así cada pieza es una unidad".*

El por que de la apropiación de esta peculiaridad por parte del objeto responde a una característica esencial. Si bien, el peso es de 15 kilos ambos flotadores, el volumen es de 75 lt. Y las dimensiones en su modo de catamarán son eslora (280 cm); manga (95 cm); calado (25 cm). Podemos decir entonces que el volumen excede en proporción al peso y esto además lo hace inabarcable para una persona al momento de transportarlo. Desde aquí se desprende su peculiaridad de armado.





Si bien la desarmabilidad es la peculiaridad inicial del objeto por la cual fue concebida tomando en cuenta su transporte, su doble condición hace que la peculiaridad que domine el sentido del objeto sea la Polifuncionalidad. Es decir, el objeto existe para una doble condición, caminar en el agua y desplazarse sentado en un modo de catamarán.

La polifuncionalidad se define como:

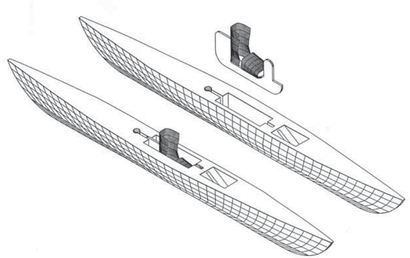
Poli: prefijo que significa numerosos, viene del griego "polus", de igual sentido.

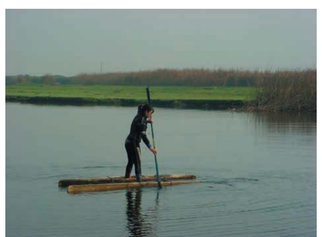
Función: ejercicio de un órgano, aparato de los seres vivos, máquinas o instrumentos. Acción y ejercicio de un empleo, facultad u oficio.

La polifuncionalidad es la capacidad de adquirir dos o más funciones a partir de un mismo cuerpo, abarcar diversos usos. En este cambio de función se requiere de alteraciones en la geometría.

Se concluye entonces que este objeto es polifuncional por medio de su convertibilidad o alteración geométrica, y esta convertibilidad tiene directa relación con su condición de objeto desarmable, ya que es por medio de esta que su geometría cambia al buscar la función requerida, catamarán o de pie.

Habitabilidad Modalidad de pie:



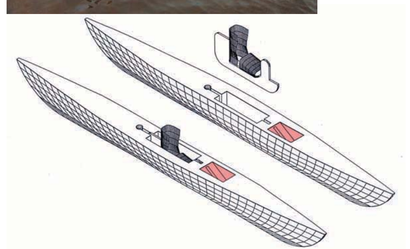


Ocurre el encuentro de un cuerpo con un medio que no le es propio en su posición de pie. La superficie del agua genera en el cuerpo una búsqueda del equilibrio constante para permanecer parado, aflora una problemática que el cuerpo en tierra lo tiene adquirido (equilibrio). Para permanecer en equilibrio sobre el agua, se modifica la postura, abriendo las piernas, y se prolongan los brazos por medio de los remos utilizándolos como impulso y también para mantener el equilibrio ya oue cuando se posan sobre el agua, se agrega un punto de apoyo al total.

Tanto en el kayak como en la modalidad de pie, ocurre el estar "en" el objeto, vestirse de el. Los pies, al entrar a los pontones, transforman su figura, agregando volumen y superficie, venciendo así la ley de la imposibilidad de parase sobre el agua. Es decir, la transformación del volumen de los pies permite mantener al cuerpo por completo suspendido en el agua, teniendo que cambiar solo la postura de las piernas y no agregando ningún elemento adicional.

El principio es el mismo que el del catamarán, solo que, en este caso, es el propio cuerpo el que actúa como estructura de unión de los flotadores, esta triangulación hace libre al cuerpo flotante, permitiendo una movilidad limitada solo por el equilibrio que cada persona pueda lograr. Esto ocurre ya que la fuerza de las piernas es lo que mantiene la estructura completa en equilibrio.

Observación de la obra existente



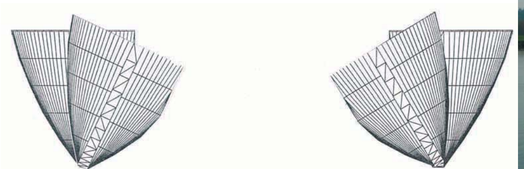
En cuanto a la maniobrabilidad, al dar un giro, el flotador exterior de giro, tiende a ser inestable, ya que en la popa hay menos boyantes al estar sentado.

La embarcación presenta un roce muy mínimo, se desliza por el agua fácilmente y no requiere de un esfuerzo grande en las paladas.
Al probar batiéndose de un lado a otro, demuestra tener una gran estabilidad, no teniendo en ningún momento peligro de volcarse a pesar de que se prueba con movimientos violentos.

El volumen de flotabilidad es óptimo, quedando aproximadamente 10 cm del casco a flote, con un roce bueno que permite desplazarse rápidamente.

Al realizar el giro, los pontones demuestran tener gran resistencia debido a su gran calado y proa aguzada.

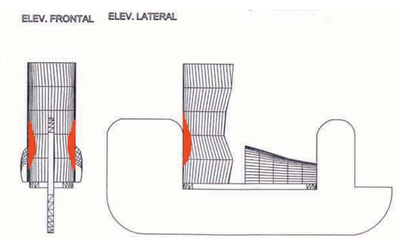
Durante las pruebas se toma en cuenta la resistencia de los pontones al giro y se realizan tres tipos de maniobras:
Primero, se intenta dar el giro con solo juntar ambos pontones por la proa, dando el impulso con los remos paralelamente, lo que no permite dar el giro, al ocurrir esto, se pierde el control de la embarcación.
Segundo, juntando nuevamente los pontones por la proa, se da la palada correspondiente al lado de giro, es decir, se rema solo por un lado, nuevamente no resulta.
Tercero, se hace la palada de revés, que permite en el kayak, dar el giro en el eje de la embarcación, esto se realiza alargando el remo y tomándolo desde lo más cerca de la pala, y haciendo la palada al revés desde atrás hacia adelante por el lado al cual se quiere girar. Este tipo de palada se realiza con los pontones paralelos y juntos, teniendo buenos resultados en ambas ocasiones. En cuanto a la posición de la silla, se debe tomar en cuenta que, las piernas tienen un apoyo en el talón, sin embargo, no es suficiente al momento de juntar o separar los flotadores. La tensión de la pierna completa descansa en el talón, que es una pequeña superficie que soporta mucha presión.



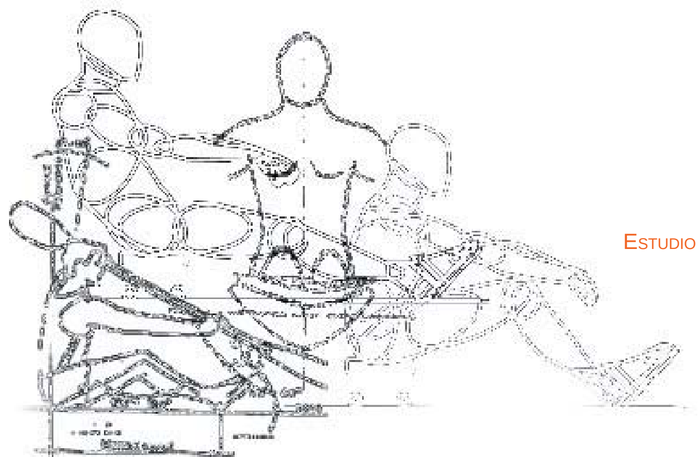
Ambos flotadores al estar cortados en su cara interna, pierde una gran cantidad de volumen que permitiría contribuir al equilibrio de la persona, la cara interna tiene menos área de sustentación en el agua, por lo cual, ocurre que ambos flotadores tiendan violentamente a inclinarse hacia adentro, teniendo que la persona compensar esto mediante más esfuerzo.

Al tener un punto de presión muy preciso en cada flotador, estos flotan más en los extremos que en el centro.

Durante las pruebas se amarran los pontones dejándolos fijos y paralelos. Solo de esta forma se logra el equilibrio para mantenerse parado ya que la inclinación de ambos cuando están sueltos no permiten mantenerse de pie. Durante las pruebas no se logra levantar un pie para dar un paso, solo se logra deslizarse con la ayuda del remo.

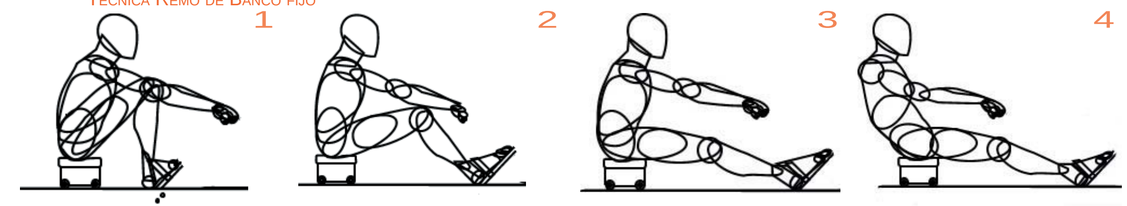


1º Se observa oue existe un problema de fijación de las botas oue interfiere directamente en el equilibrio de la persona cuando se para. No existe la curvatura natural de los tobillos por los costados y por la parte posterior, al quedar los pies sueltos, no se tiene dominio de la dirección de los flotadores, perdiendo el equilibrio fácilmente, también esto no permite homogeneizar la fuerza que ejerce la pierna, dejando que las pantorrillas no trabajen completamente.



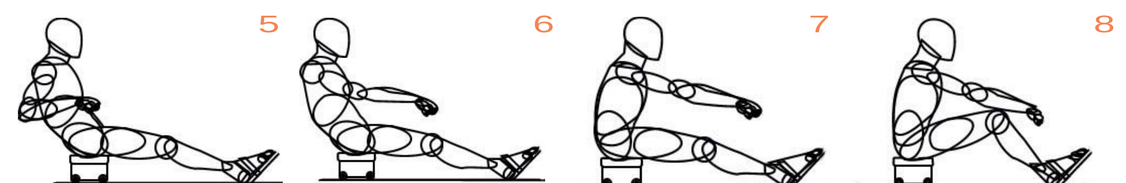
Estudio Teórico

Técnica Remo de Banco fijo



La entrada es el momento de máxima inestabilidad de la embarcación. Los brazos van extendidos, la espalda inclinada hacia adelante, las piernas dobladas en máxima compresión, con la tibia vertical. Con los puños subidos hay que apoyar la pala en el agua para que la fuerza utilizada en la descompresión de las piernas ejerza directamente sobre el agua y lograr un buen impulso. El empuje de piernas es el momento de máxima aceleración de la palada. Las piernas se estiran, los brazos extendidos actuan como la conexión de las piernas y el remo.

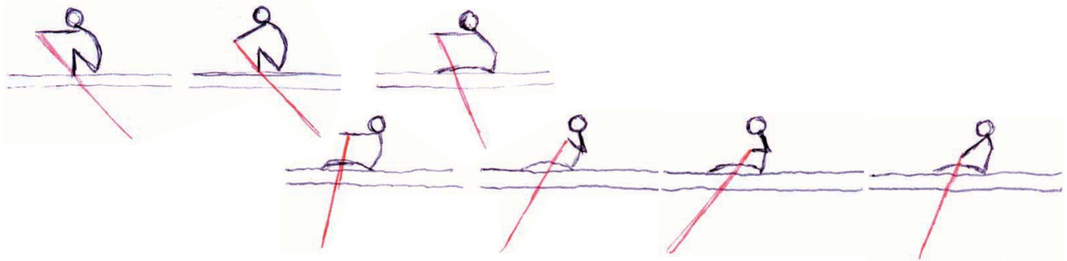
La contracción del busto sucede despues del empuje de las piernas al llevar la espalda hacia la proa mas allá de la vertical manteniendo los brazos extendidos.
El cierre de los brazos se hace junto con la contracción del busto. No se debe subir los hombros para no forzar otros musculos.
Después del cierre de brazos se concluye lo último con dos movimientos: el bajar del puño, la consiguiente salida de la pala del agua, el retiro del cuerpo hacia



atrás. Este ultimo movimiento viene acompañado del recogimiento de la pala.
Esta es la posición en que se termina la palada, el momento de mayor velocidad de la embarcación y de máximo deslizamiento. Aquí comienza de nuevo el movimiento.
El siguiente paso consiste en preparar el busto para la siguiente palada, eso es, enviarlo hacia la proa, con los hombros y la cabeza recta.

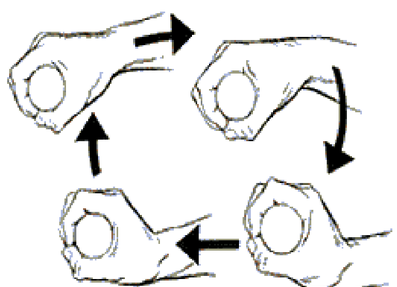
Terminada la contracción del busto, scon la cadera fija se comienza a mover el carril hacia la popa.
El esquema representa la posición de la muñeca y el movimiento en el momento cuando se rema.

Secuencia de la remada

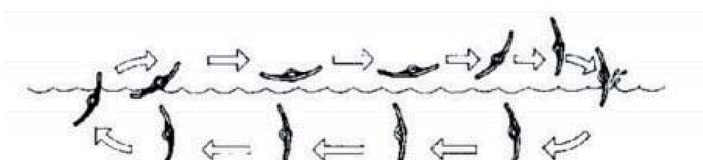


1.- Distensión de las piernas, movimiento del busto y cierre de los brazos seguido del movimiento de la pala.
2.- Preparación del busto estando hacia la popa, avance del carril y la entrada de la pala al agua.

Puño



Ciclo del movimiento de la pala



Técnica de Piragüismo_Kayak

Posición inicial (Ataque aéreo)
A. Máxima torsión

Comienzo ataque acuático
A. Mantener torsión tronco
B. Extensión brazo
C. Entrada hoja adelante en ángulo de 45º
D. Pala sin chapotear durante el ataque.

Final ataque acuático y comienzo tracción

Desarrollo de la tracción
A. Mantener mano de empuje a la altura de la vista.

Final de la extracción

Elevación de la pala
A. Elevación del codo hasta la altura del hombro

Paleo rítmico y contínuo
A. Paleo rítmico y contínuo

Deslizamiento del kayak y paleo simétrico
A. Ausencia de bandazos y cabeceo en el kayak
B. Paleo simétrico

La Palada

Transmision de la fuerza

El kayak es propulsado por una palanca. La fuerza desde la pala tiene que transmitirse a través del cuerpo hacia el kayak. En todo caso el trabajo del cuerpo es el componente dominante en una palada.

Agarre del agua

El kayak es propulsado por una palanca. La fuerza desde la pala tiene que transmitirse a través del cuerpo hacia el kayak. En todo caso el trabajo del cuerpo es el componente dominante en una palada.

La traccion

Dentro de este periodo se transmite la potencia. El palista maneja el peso de su cuerpo apoyándolo sobre la pala para tratar de mantener la hoja bajo el agua y en la vertical el mayor tiempo posible. Los brazos no se flexionan permitiendo la fuerza a través del giro del tronco y el desplazamiento en el asiento por el movimiento hacia adelante.

de la cadera. Termina cuando la mano superior se encuentra a la altura de los ojos y al nivel del hombro contrario, la mano inferior se encuentra en el tercio posterior del muslo (nivel de la extracción).

La Salida

La hoja emerge rápidamente del agua. La cuchara sale limpiamente hacia la lateral para no llevar agua y frenar el desplazamiento del kayak.

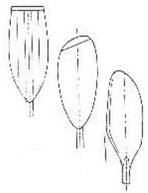
Ataque aereo

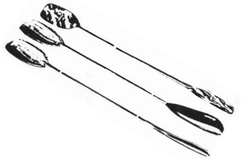
La torsión es máxima, la pierna del lado del paleo esta flexionada desde la cadera (la contraria extendida) el brazo de tracción baja ayudado por una subida del brazo de empuje y entre ambos se disponen a realizar la entrada.

Empuje de la pierna

El empuje de las piernas esta sincronizado con la torsión del tronco y el trabajo de brazos. En el agarre, la rodilla del mismo lado se extiende en la misma proporción del brazo que tira (rotación de tronco).

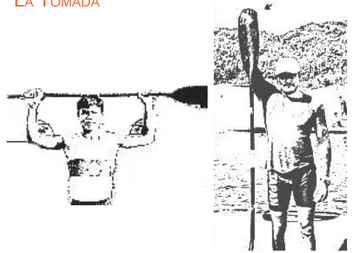
La Pala





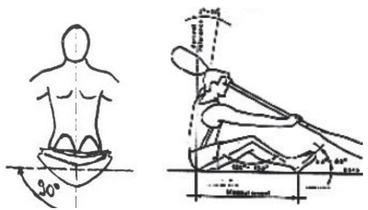
Existen dos tipos básicos de pala de kayak. Pala Convencional y Palas Wing (modelo Rassmusen).
Una pala de kayak tiene dos hojas. Las hojas de la pala de pista están giradas entre 72 y 90 grados respecto a la otra. Estas son de control derecho y raramente existen de control izquierdo. Las palas más usadas son las Wing. Su longitud es individual, el largo apropiado se obtiene al pararse al lado de la pala, al elevar el brazo el borde de la cuchara debe llegar hasta la tercera coyuntura de el dedo medio.

La Tomada



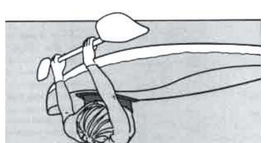
El giro de la cuchara se hace con la mano de control, generalmente la derecha, hay que girar con el antebrazo y no con la muñeca. Cuando se ha girado el antebrazo el pulgar de la mano de conducción queda hacia abajo. Se gira la cuchara una vez que esta sale del agua y la pala se encuentra en posición horizontal respecto a la embarcación.

La Postura Sentado

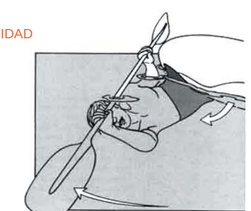


Con la piernas paralelas y las rodillas flexionadas en una ángulo de 110 a 120 grados aproximadamente. La espalda derecha y con una inclinación desde la cadera de 5 a 15 grados.

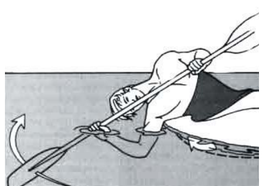
Esquimotaje_Técnica Básica de Seguridad



Con el cuerpo plegado hacia delante se saca la pala fuera del agua, agarrando con una mano (izquierda) la cuchara y la otra la mitad del remo. La cuchara delantera se debe apoyar paralelamente sobre la superficie del agua.



Se inicia el movimiento de rotación de tronco y brazos hacia atrás, "barriendo" con la cuchara de la pala la superfície del agua.

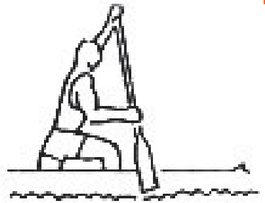


Tras una rotación de más de 90º el impulso de la pala y un golpe de caderas permite empezar a sacar el cuerpo fuera del agua. En este momento el torso y la cabeza están inclinados hacia atrás para facilitar la salida al bajar el centro de gravedad.

El kayak ya está prácticamente en su posición habitual y el cuerpo sigue subiendo con el torso retrasado y la cabeza muy pegada al hombro. Un impulso final endereza nuestro cuerpo.

Ubicacion y Postura

Canoa Canadiense



Ambos pies y rodilla deben ubicarse en un angulo obtuso sobre la parrilla.
La punta del pie de soporte se gira levemente hacia el lado del paleo.
La punta del pie trasero debe descansar en la parrilla en la posición doblada con el talón hacia arriba vertical mente o levemente inclinado.
El centro de gravedad del palista debe estar en el centro de geométrico de la canoa. La correcta posición se determina observando la línea de flotación.

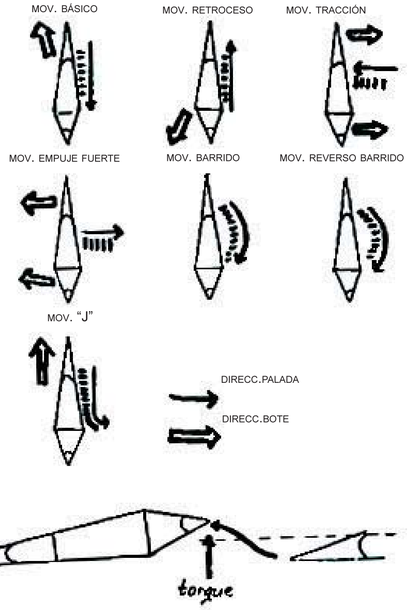
La Dirección

La conducción de la canoa es una fase vital de la palada. esto ocurre en el termino de la palada

Analisis de la palada
Fase acuatica:
Agarre del agua
Traccion
Conduccion

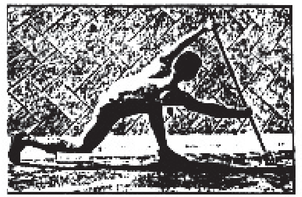
Fase aerea:
Salida
Relajacion
Ataque aereo

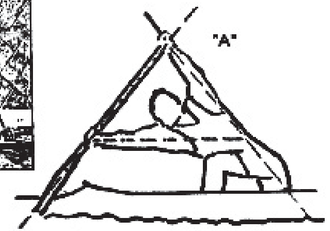
La Transmision de la Fuerza

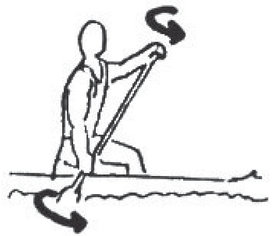


La canoa es propulsada por el agarre de la pala en el agua.
La fuerza desde la pala tienen oue ser transmitida por el cuerpo hacia la canoa (por la rodilla y el pie)

El Agarre







El agarre es el segmento de la palada desde el contacto del canto de la hoja con el agua hasta que esta se sumerge completamente.

La Traccion

Luego del agarre, la pala sumergida, el hombro de tracción se mueve hacia atrás con el brazo recto. En el recorrido de la tracción la pala debe mantenerse vertical tanto como sea posible. antes de que comience la conducción.

La Conduccion

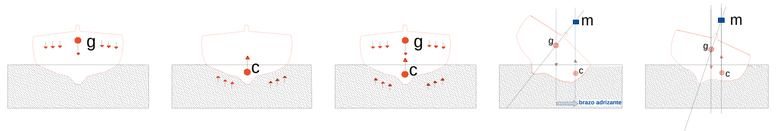
Aquí es donde se controla la dirección de la canoa por un movimiento en forma de "J" de la pala. Se acompaña con el giro de la empuñadura de la pala con la mano superior y la pértiga de la pala con la mano de tracción.

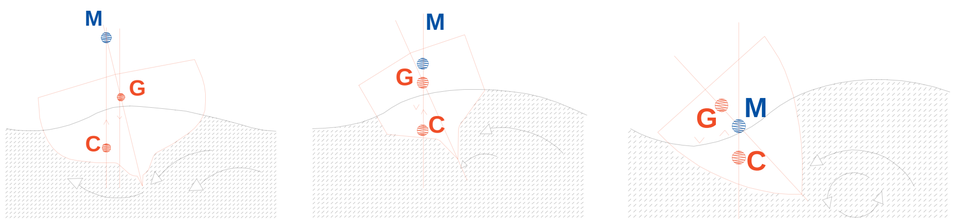
La Salida

Es un movimiento dinamico con ambos brazos tirando la pala hacia fuera verticalmente.
Cuando la hoja alcanza la línea de la rodilla, termina la conducción y el brazo de empuje tira la pala hacia arriba mientras que el brazo inferior la mueve hacia arriba y adelante con un movimiento rápido de alzamiento.

Teoría de Buque

Equilibrio





Equilibrio estable: el metacentro se situa sobre el centro de gravedad.

Equilibrio indiferente: G y M coinciden en la misma verticalidad

Equilibrio inestable: M se ubica abajo de G

G Centro de gravedad: punto imaginario donde se reúnen todos los pesos del barco. Este punto se ubica en el plano de simetría longitudinal del barco permaneciendo fijo durante la escora, en el se aplica una fuerza vertical hacia abajo (G) igual al peso total de la embarcación.

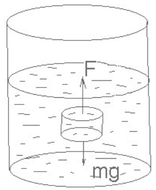
C Centro de carena o boyantes: punto imaginario donde se concentra toda la fuerza de flotación oue ejerce el agua sobre el casco. Este punto se ubica en el centro geométrico de la figura sumergida y en el se aplica una fuerza vertical hacia arriba (C) igual al peso total de la embarcación.

M Metacentro: punto imaginario donde se intersepta la proyección de vertical del centro de carena con el eje central de la nave.

Adrizamiento: el eje de simetría del barco se encuentra en posición vertical, las fuerzas C y G se oponen en el mismo eje.

Escora: C se desplaza al centro geométrico de la nueva figura sumergida, aparece una separación (brazo de adrizamiento) entre los ejes verticales de C y G, este par de fuerzas crean un "momento de giro" oue endereza el barco a su posición inicial de adrizamiento.

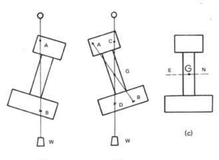
Principio de Arquímedes



F = fuerza de empuje

El principio de Arquímedes se enuncia de la siguiente forma: Un objeto que está sumergido en un fluido experimenta una fuerza de abajo hacia arriba (empuje) igual al peso del fluido desalojado.

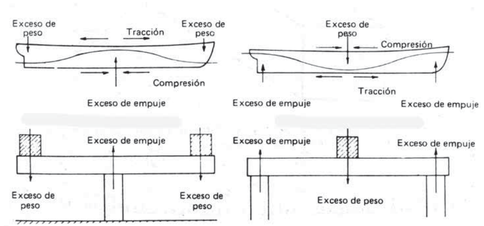
mg = peso del fluido desalojado



Método práctico para determinar el Centro de Gravedad.

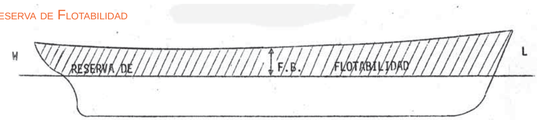
1.-Se dibuja el perfil en un cartón y se recorta
2.- Se suspende el cartón recortado de un hilo en "a", con un plomo en el extremo del mismo y quedará en la posición indicada en (a).
3.- Desde el lado opuesto "c" se hace lo mismo (b)
4.- En el cruce de "A" y "C" se marca el centro de gravedad y se traza una línea recta

Comportamiento según posición de carga



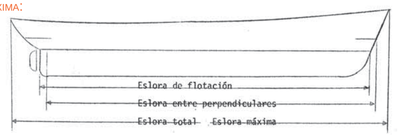
Vocabulario Técnico Náutico

Reserva de Flotabilidad



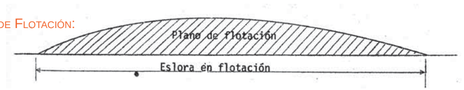
es el volumen de una embarcación , comprendida entre la línea de flotación, y la cubierta de arqueo, y constituye la reserva de volumen antes que la embarcación se sumerja totalmente

Eslora total o máxima:



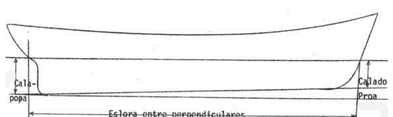
Es la máxima dimensión de la embarcación, es decir, es la distancia entre las perpendiculares de flotación, trazada por los puntos más alejados de la proa y popa.

Eslora de Flotación:



Es la medida entre dos perpendiculares a la flotación máxima.

Eslora entre perpendiculares:



Es la medida del eje longitudinal de la flotación, corresponde a la intersección de la línea de flotación en el eje de crujía, con la roda y el codaste.

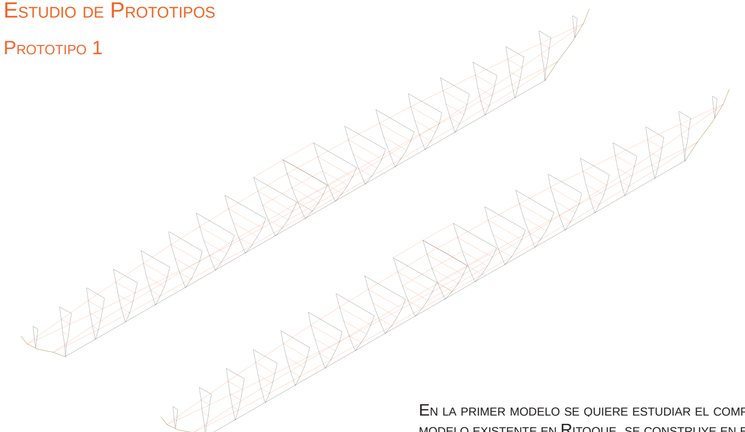
Manga:

Es el ancho máximo en el forro, correspondiente a la sección máxima transversal y representa lo que la embarcación transversalmente ocupa.

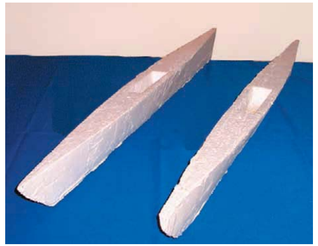
Estudo de Prototipos

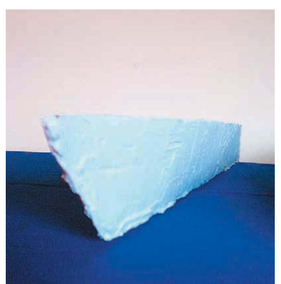
Estudio de Prototipos

Prototipo 1



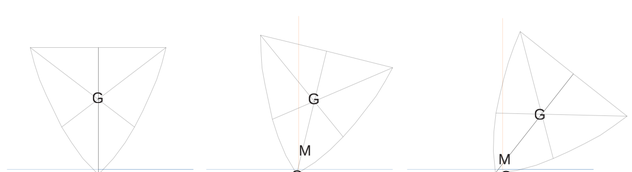
En la primer modelo se quiere estudiar el comportamiento del modelo existente en Ritoque, se construye en escala 1:3 y los resultados oue arroja al probar el modelo en el agua son de un equilibrio inestable ya que el metacentro se ubica abajo de el centro de gravedad.



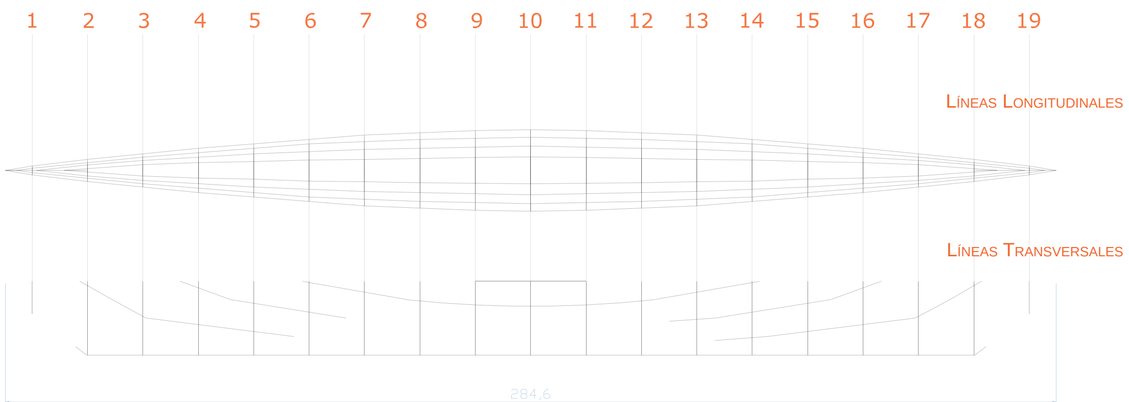


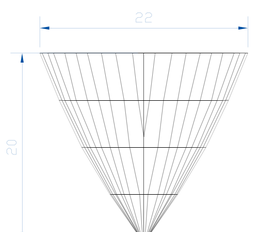
El modelo en escala real tiene un manga de 22cm, eslora de 294cm y calado de 25 cm.

Gráfico de Estabilidad



Plano de Líneas

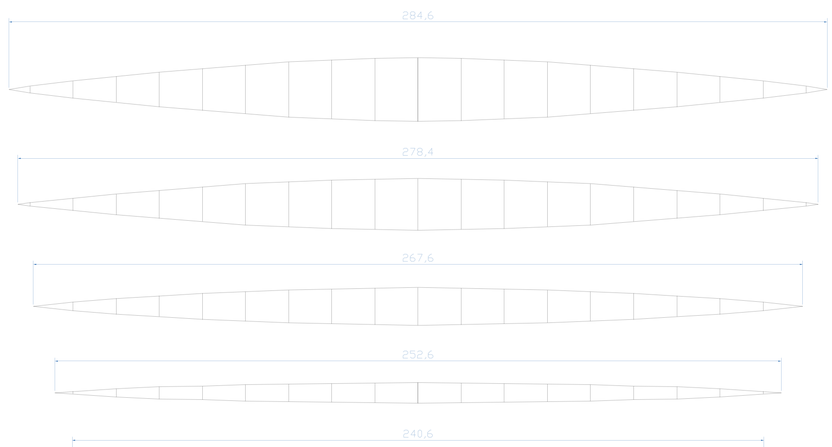




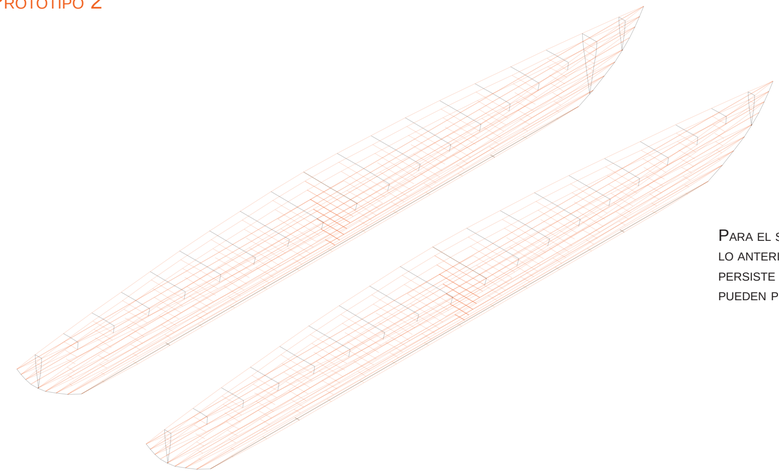
El modelo ha sido construido a partir de los cortes longitudinales y transversales, se proyectan cuatro cortes y se construyen en plumavit.

Cuadernas

Líneas de Agua

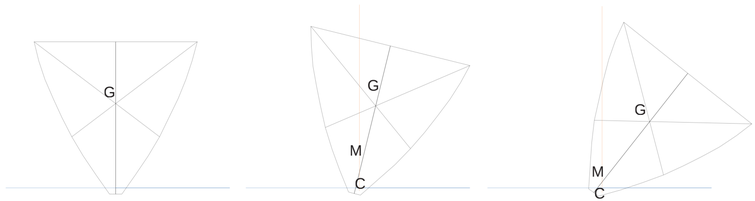


Prototipo 2



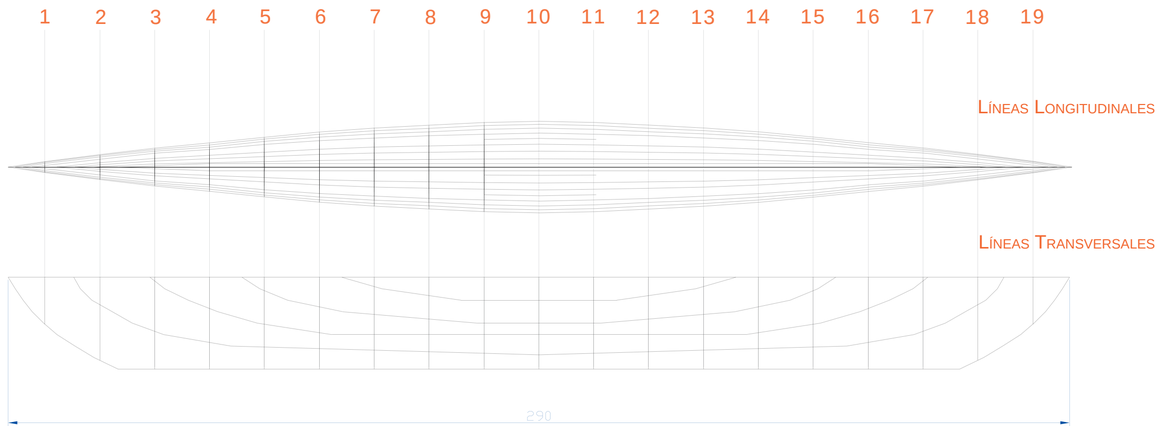
Para el segundo prototipo se piensa en cortar la ouilla del modelo anterior, aumentar la manga y mantener el calado. Sin embargo persiste el problema de estabilidad negativa. Por lo tanto no se pueden probar aun con un peso a escala.

Gráfico de Estabilidad

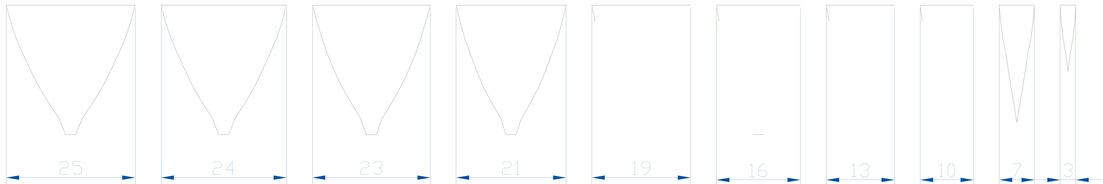


El metacentro nuevamente se ubica bajo el centro de gravedad

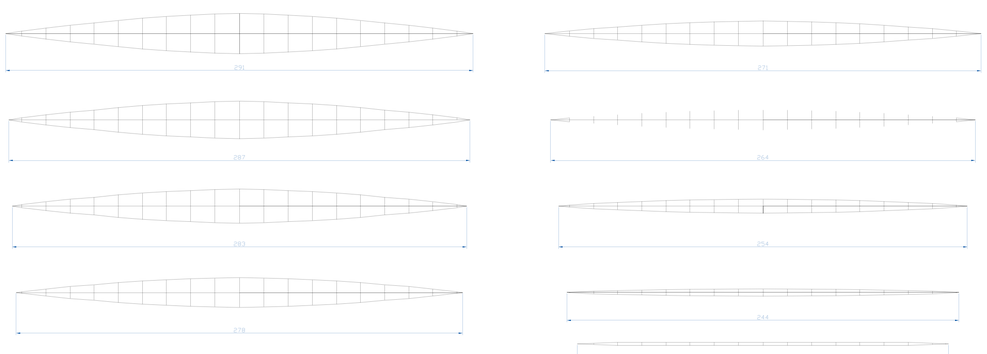
Plano de Líneas



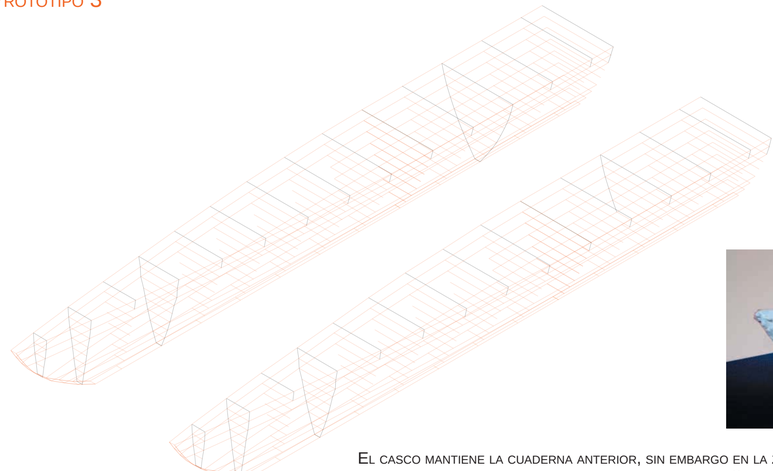
Cuadernas

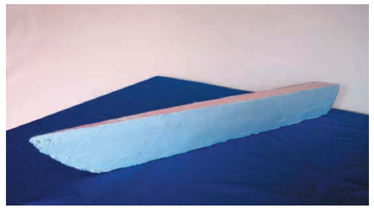


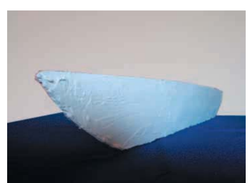
Líneas de Agua



Prototipo 3

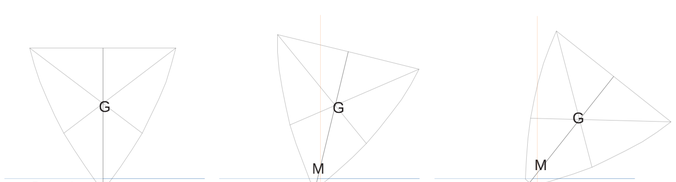




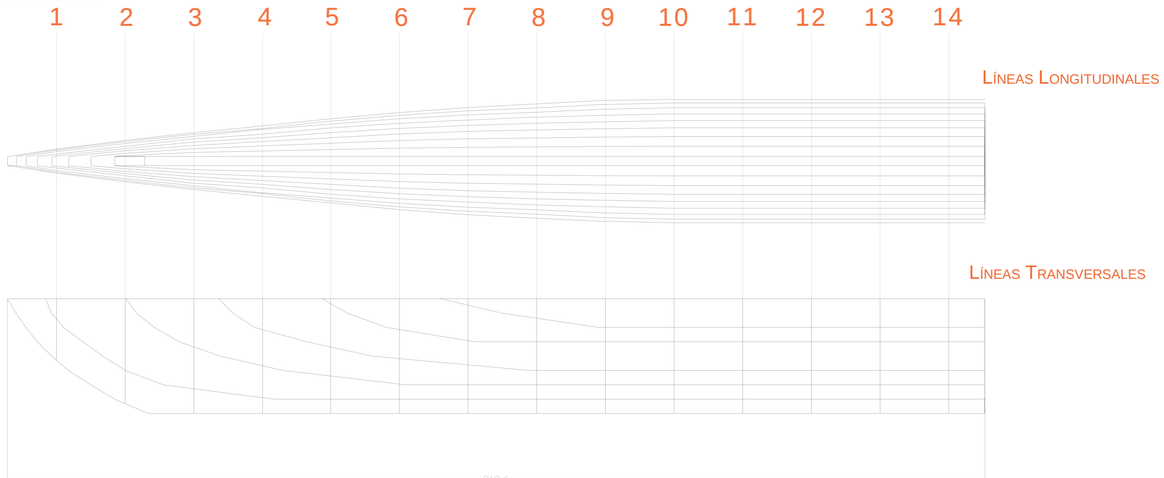


El casco mantiene la cuaderna anterior, sin embargo en la zona de la popa se corta ya que el flujo de agua continuará en la misma dirección esté presenta la popa o no. Sin embargo persiste el problema de la estabilidad negativa. El problema radica en que se hace el corte pero no se mantiene la eslora anterior, entonces, el volumen del flotador disminuye y con esto también disminuye la fuerza de empuje.

Gráfico de Estabilidad

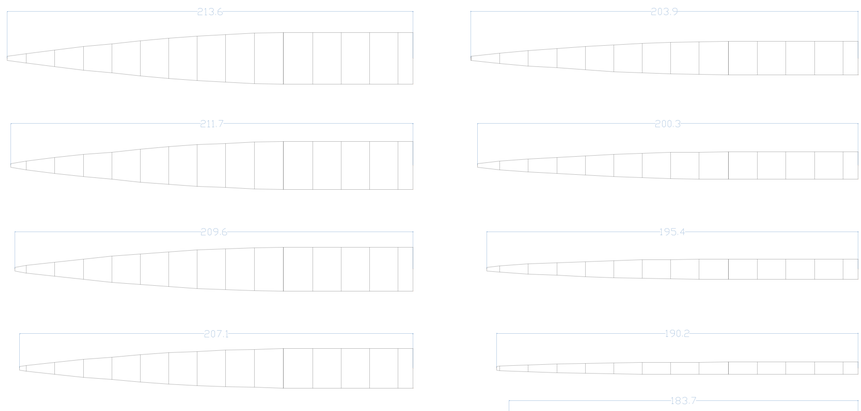


Plano de Líneas



Cuadernas

Líneas de Agua



Prototipo 4

Haciendo un corte en la cuaderna más ancha del flotador, donde se ubicará el peso, se realizan 3 pruebas diferenciándose una de otra en la cantidad de peso ejercido al cuerpo, para así constatar cual es el comportamiento en cuanto a la estabilidad y resistencia con el agua. Para estas pruebas se modifico la maqueta sacándole la quilla, es decir se reduce el calado en 3 cm reales.

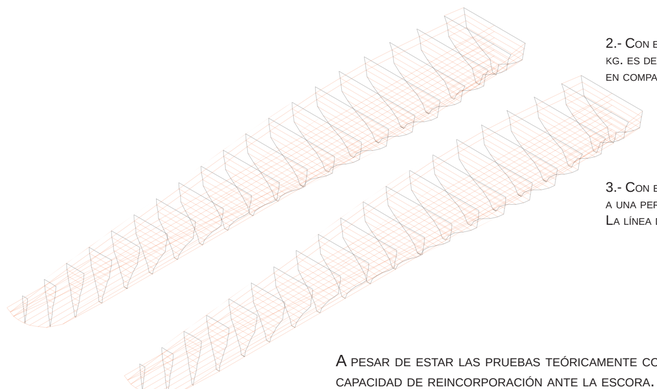


Gráfico de Estabilidad

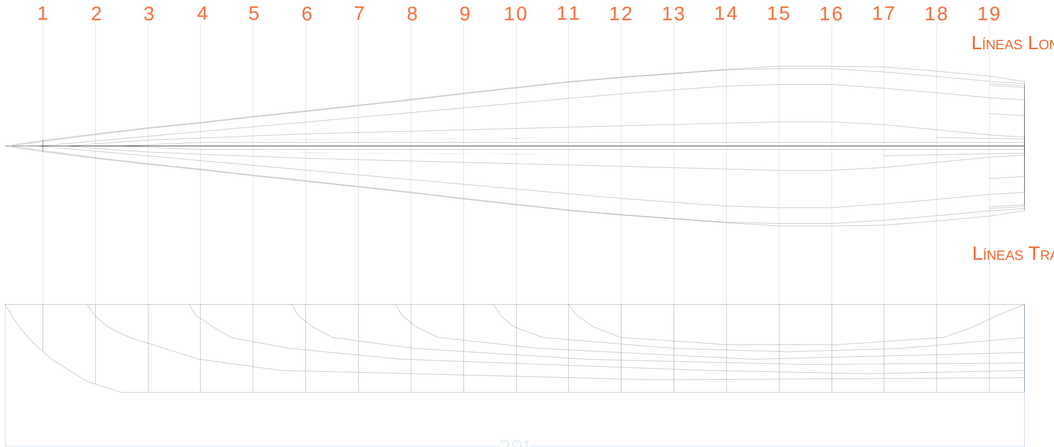
1.- Sin peso: se ubica el flotador para ver si es capaz de sostenerse a si mismo, y ver el comportamiento con la escora. Su línea de flotación se ubica a 3 cm escala real, volcandose hacia los lados con gran facilidad a pesar de oue M se ubica sobre G. INESTABLE

2.- Con el peso que equivale al apoyo de una persona en dos flotadores: se hace la prueba con 1,25 kg. es decir, con el apoyo de una pierna. La línea de flotación baja a 6 cm reales, y el punto M sube en comparación con la prueba anterior. TEÓRICAMENTE ESTABLE

3.- Con el peso total de la persona: se prueba con 70 kg reales y 2,5 kg a escala, correspondiente a una persona parada en solo un flotador.
La línea de flotación baja a 12 cm reales.

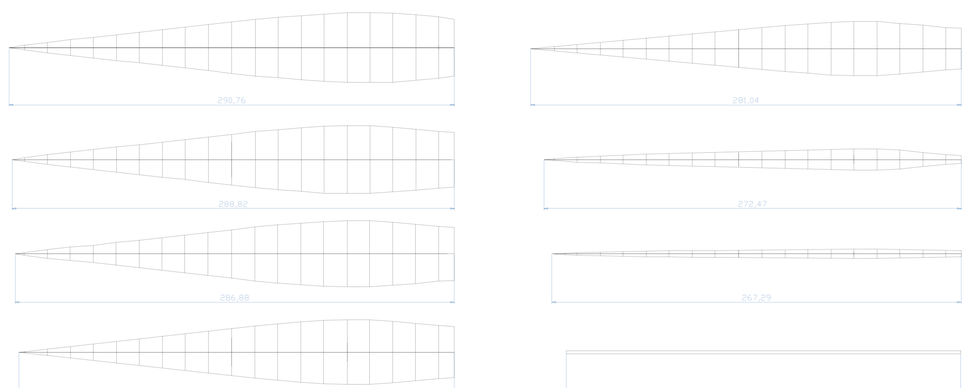
A pesar de estar las pruebas teóricamente correctas, en el modelo se observa poca capacidad de reincorporación ante la escora.

Plano de Líneas

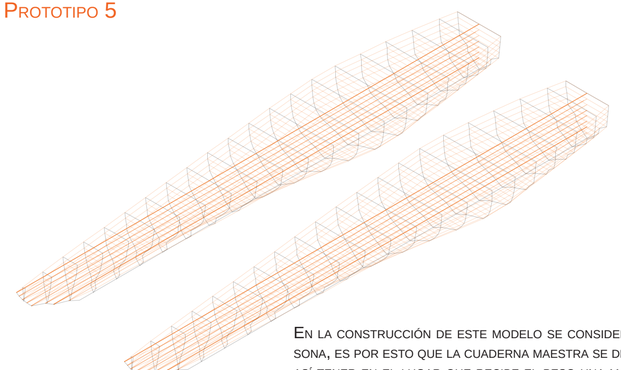


Cuadernas

Líneas de Agua



Prototipo 5



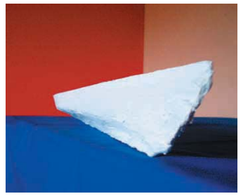
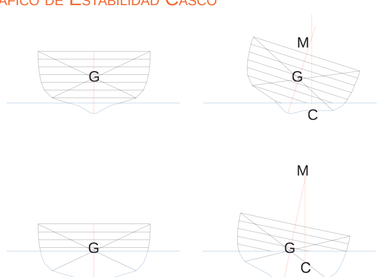
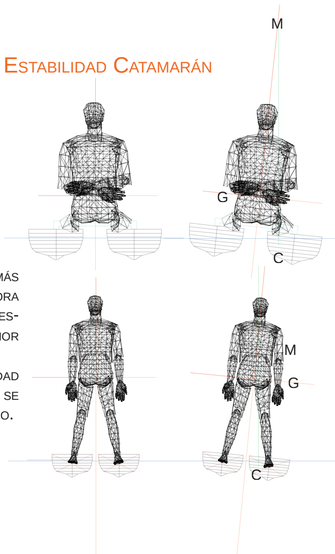


Gráfico de Estabilidad Casco



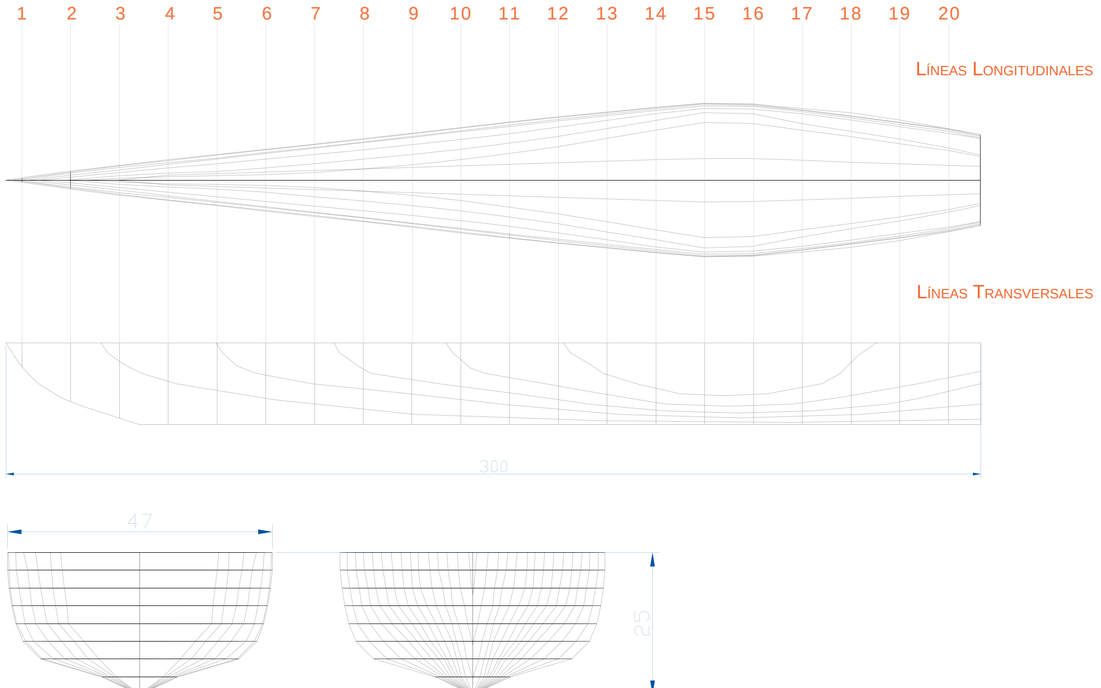
En la construcción de este modelo se considera la ubicación de la persona, es por esto que la cuaderna maestra se desplaza hacia la popa para así tener en el lugar que recibe el peso una mayor cantidad de volumen evitando así que secciones más débiles reciban el peso.

Gráfico de Estabilidad Catamarán



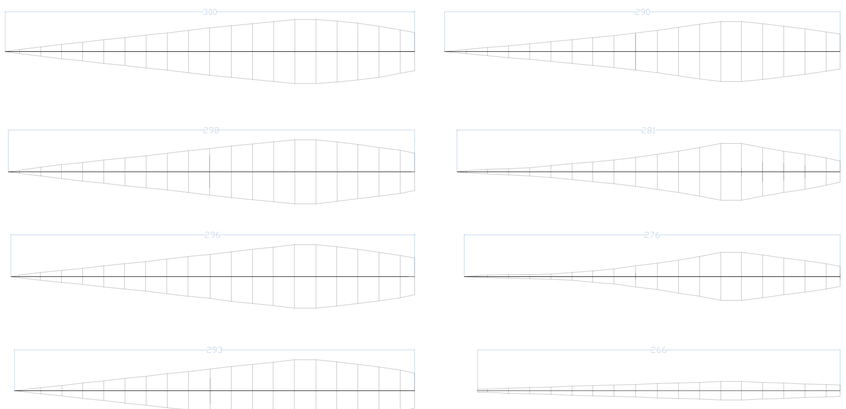
En el diseño de la cuaderna se considera una forma más estable y con un momento de recuperación de la escora mas efectivo. Para esto la curva de la cuaderna se desplaza hacia abajo, se disminuye la quilla ya que a menor quilla más estabilidad pero menos maniobrabilidad.
Considerando llegar a un punto medio entre estabilidad y maniobrabilidad con los próximos modelos esta vez se opto por la estabilidad ya que es el objetivo del estudio.

Plano de Líneas

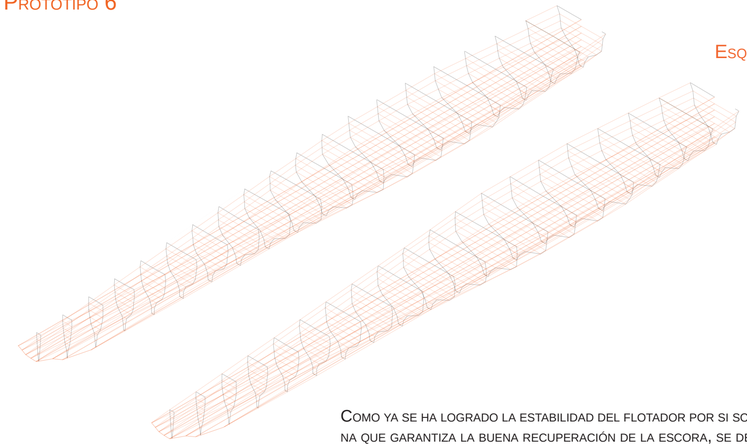


Cuadernas

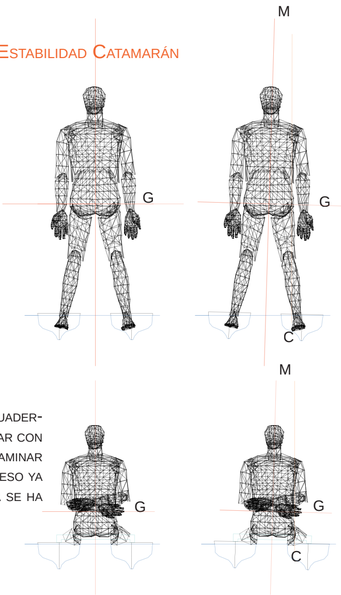
Líneas de Agua



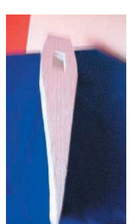
Prototipo 6



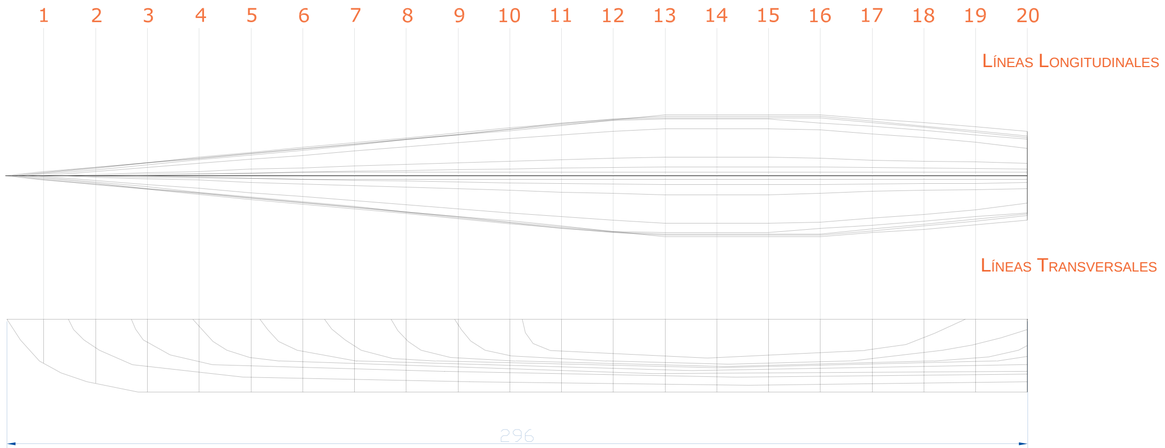
Esquema de Estabilidad Catamarán



Como ya se ha logrado la estabilidad del flotador por si solo y una cuaderna que garantiza la buena recuperación de la escora, se decide buscar con este modelo una manga menor para que los flotadores permitan un caminar fluido sin que entre ellos choquen. Sin embargo, se tiene un retroceso ya que al eliminar una capa del grosor y además angostar la cuaderna se ha perdido el volumen que en los modelos anteriores se ha ganado. A pesar de que la estabilidad es buena, la reserva de flotabilidad de cada uno es muy poca, aproximadamente3 cm. por lo cual en una escora el flotador se veria sobrepasado por el agua. Además de esto se vuelve al problema inicial de la ouilla.

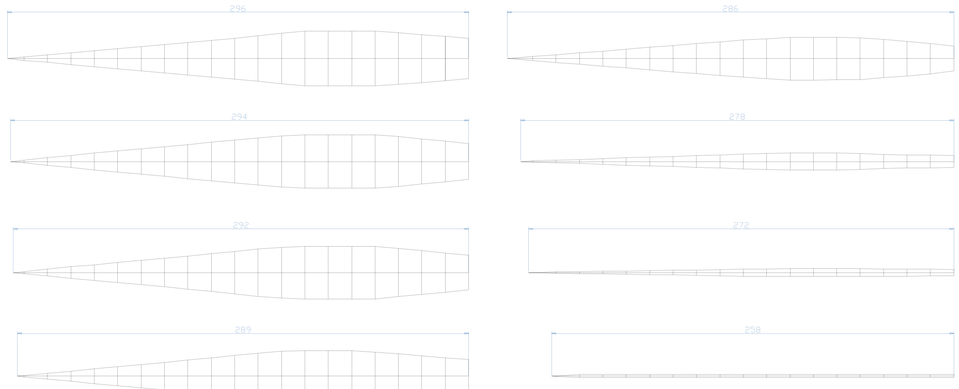


Plano de Líneas

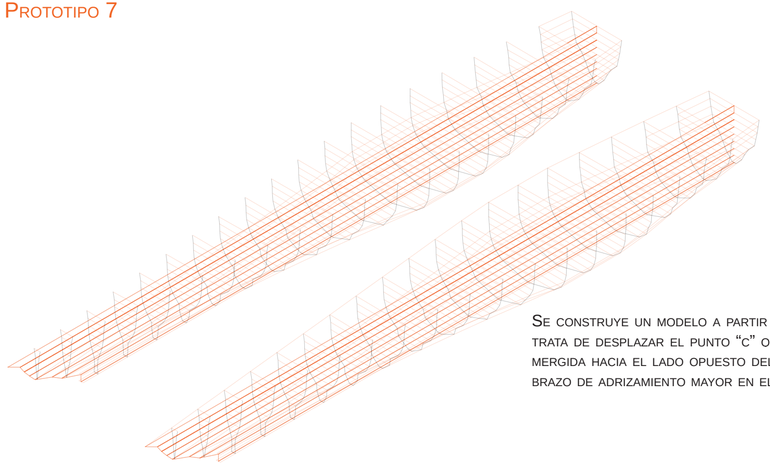


Cuadernas

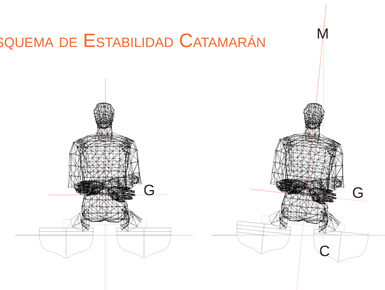
Líneas de Agua



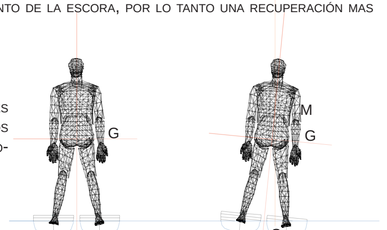
Prototipo 7



Esquema de Estabilidad Catamarán

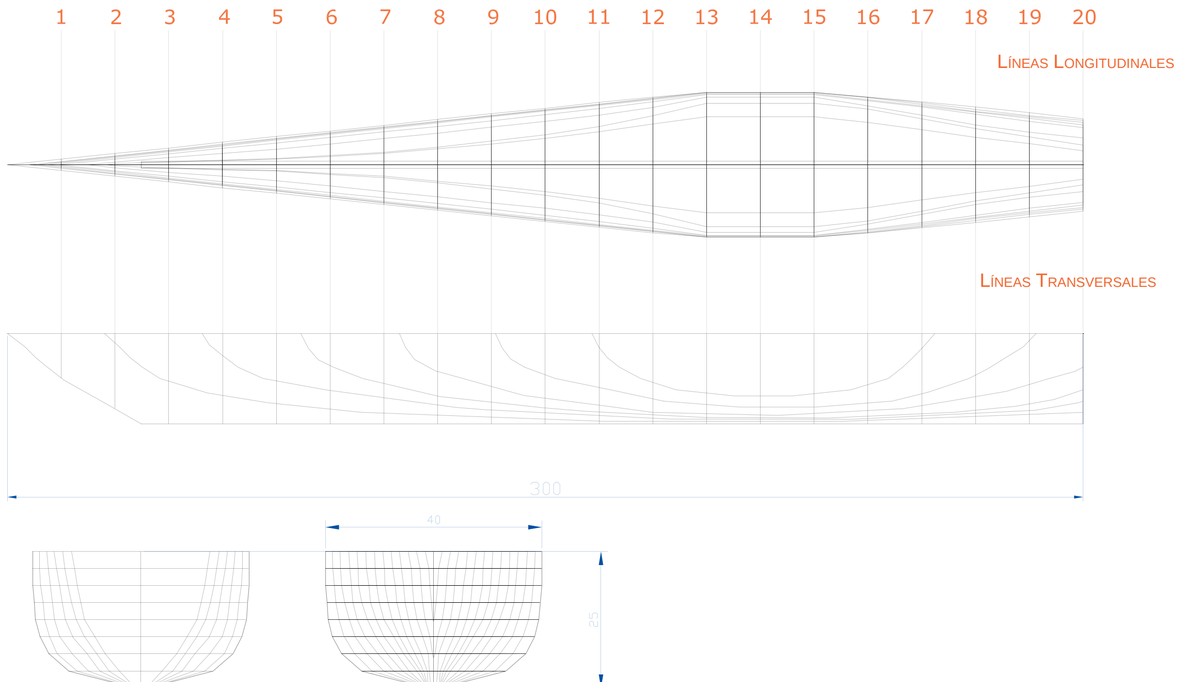


Se construye un modelo a partir de una cuaderna maestra mas curva que las anteriores, se trata de desplazar el punto "c" oue corresponde al centro de gravedad de la superficie sumergida hacia el lado opuesto del cuerpo, lo mas afuera posible, esto hace que se tenga un brazo de adrizamiento mayor en el momento de la escora, por lo tanto una recuperación mas satisfactoria. La líneas que van hacia la popa terminan en una cuaderna más ancha oue las anteriores en proporción a la maestra. Se realizan las pruebas con un peso de 3 kilos correspondiente a 85 kilos en escala real, teniendo resultados satisfactorios en cuanto a la estabilidad. En el caso de la maniobrabilidad se sigue manteniendo la llegada a proa en forma aguda.



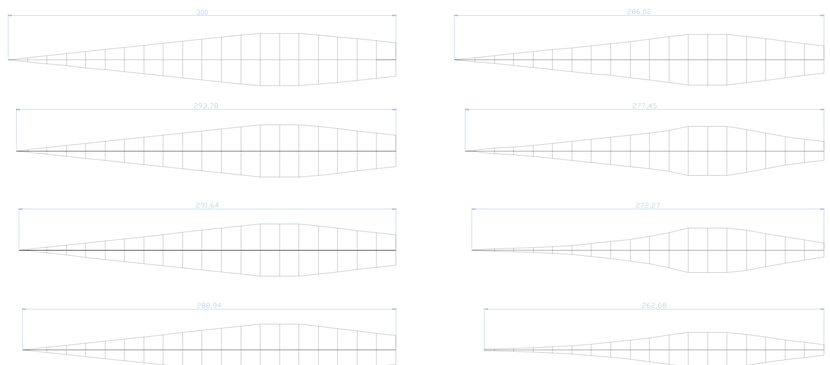
Se decide también dejar la manga de los flotadores en 40 cm ya oue la apertura de las piernas permite tener ese ancho sin interferir en el gesto de caminar.

Plano de Líneas

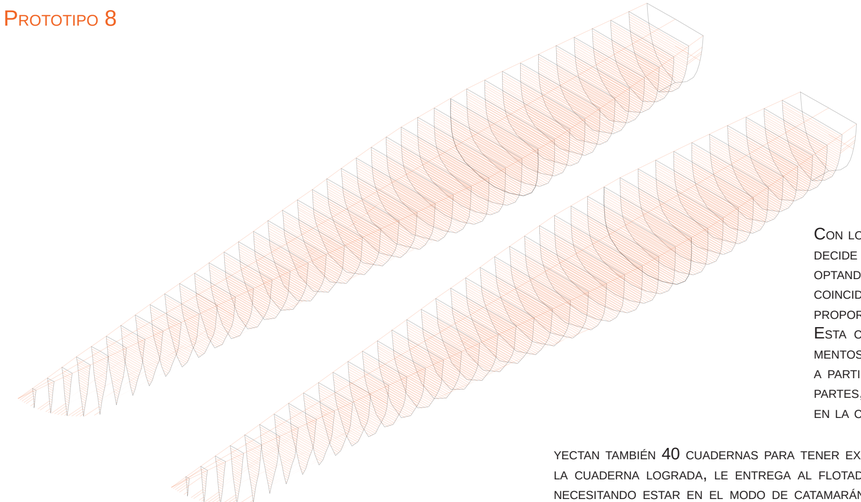


Cuadernas

Líneas de Agua

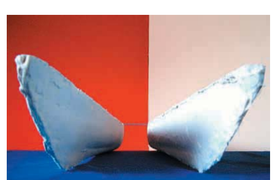


Prototipo 8

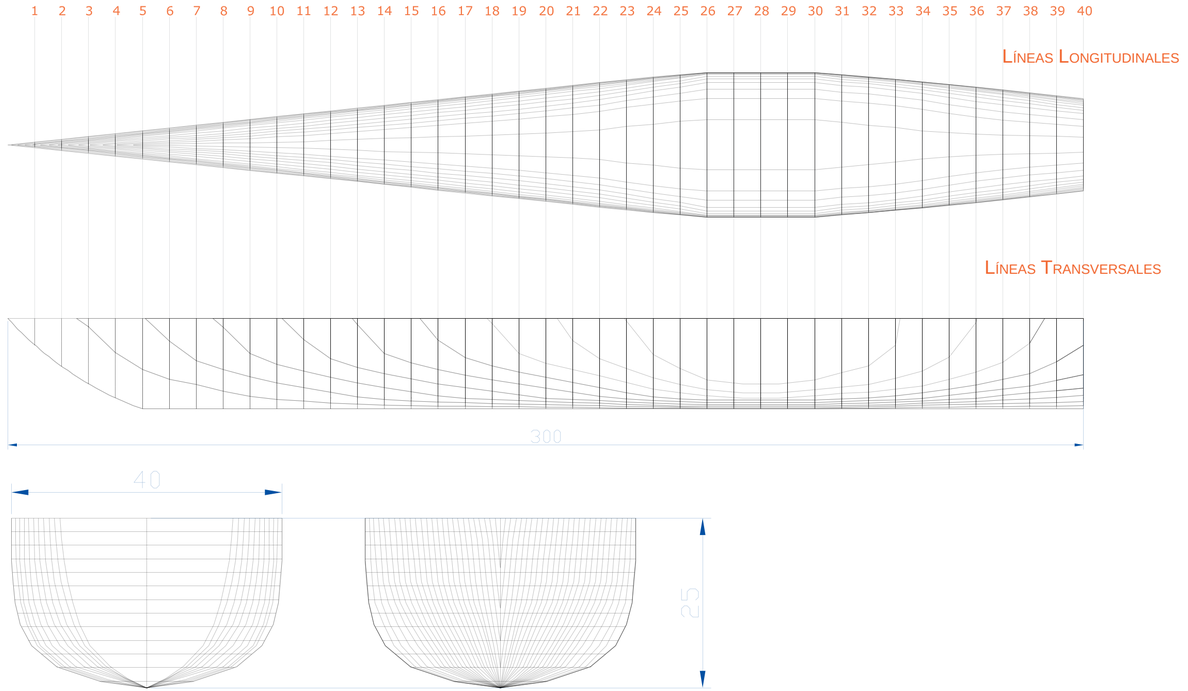


Con los requerimientos de estabilidad ya logrados se decide cerrar la proposición de la cuaderna maestra optando por el modelo de la cuaderna chilota, que es coincidente tambien con la vikinga en su curvatura y proporción.

Esta cuaderna garantiza estabilidad en los dos momentos del aparato. Las líneas de agua se conciben a partir del corte transversal de la cuaderna en 26 partes, para así tener mayor precisión y continuidad en la construcción de la curva en el modelo. Se proyectan también 40 cuadernas para tener exactitud en las curvas longitudinales. Teniendo la cuaderna lograda, le entrega al flotador autonomía de flotabilidad y estabilidad, no necesitando estar en el modo de catamarán para poder cumplir con esto. Esta cuaderna responde al encargo de concebir un flotador para mantener la posición de pie sin requerir un esfuerzo o habilidad especial para subir a ellos.



Plano de Líneas



Elemento para Pruebas de Modelo

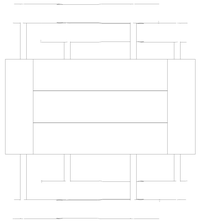
Prototipo 1

Centro de Gravedad ubicado a 91 cm de la linea de flotacion.

Modalidad Parado

Elevación

Vista Lateral

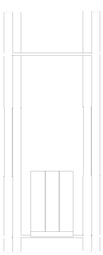


Planta

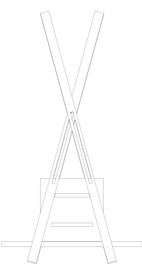
Se construye el primer prototipo pensado para ser usado con todos los modelos que se construirán a futuro, en escala 1:3, que corresponde a la que se usa en la construcción de todos los prototipos de cascos. Se realizan pruebas con un peso a escala de 85 kilos, que corresponden a 3 kilos. Como requerimiento el peso se debe ubicar en el centro de gravedad de la persona, en las modalidades sentado y parado; este se ubica en el ombligo. Para ambas

Centro de Gravedad ubicado a 10 cm de la línea de flotación

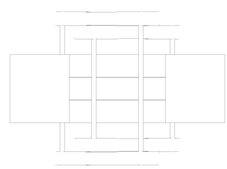
Modalidad Sentado



Elevación



Vista Lateral



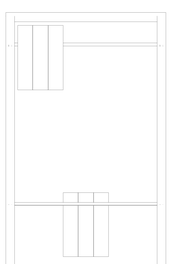
Planta

alturas, se contruye un aparato ajustable en la distancia de los pontones y en la altura del centro de gravedad, siento estas dos variables absolutamente autónomas, es decir, en el abrir y cerrar, no interfiere la altura qeu se requiere. Son dos pares de piezas cruzadas, unidas por 4 barras de acero en las cuales se apoya un travesaño donde se posa el peso. La distancias de los pontones se ajusta con el abrir y cerrar en forma de tijeras.

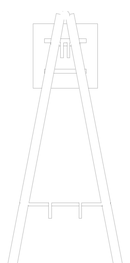
Y la altura mediante el riel que se encuentra en el eje de cada pieza unido por un perno.

Elemento para Pruebas de Modelo
Prototipo 2

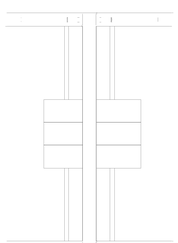
Para la construcción del segundo prototipo se toma en cuenta la posibilidad de mover el centro de gravedad hacia los lados, para ver la capacidad de recuperación de la escora de los modelos. Con el riel del prototipo anterior se corría el riesgo de que con el peso el seguro se soltara, por lo cual, se eliminan las tijeras y se hace un marco fijo triangular, en el cual se calculan las distancias de altura y se pone un colgador del peso a escala. Estos travesaños



Elevación



Vista Lateral



Planta

anclados permiten que el peso se pueda mover hacia los lados sin necesidad de ajustar la estructura completa. Sin embargo, no permite la variación de las distancias de los pontones, por lo cual se deja fija en la distancia requerida para la modalidad de catamarán que son 60 cm a escala. La prueba del prototipo real da cuenta de que el centro de gravedad cuando se está sentado se ubica a 30 cm de la línea de flotación, por lo que se modifica esta medida en el modelo

Proposición de la Primera Etapa.

Proposición

Encargo General:

Lograr la posibilidad de entregarle a una embarcación la doble funcionalidad de desplazarse por el agua sentado en un modo de catamarán y el desplazamiento con una modalidad de pie. Se retoma el proyecto antiguo y se parte desde su planteamiento de ser un objeto desarmable y a la vez polifuncional. La embarcación se constituye por medio de dos cascos asimétricos los cuales definen su función a través del vínculo entre ellos. Siendo en el caso del catamarán un vínculo a modo de asiento pivote y en el caso de la modalidad de pie el propio cuerpo del ocupante. Durante la titulación el encargo es lograr esta doble funcionalidad trayendo al cuerpo un nuevo gesto en un medio que le es ajeno.

Encargo de la Etapa:

Durante el estudio de observación se cae en la cuenta de oue la problemática mayor se produce al estar parado sobre los flotadores, debido a oue estos no son autónomos en su estabilidad y dependen de su vínculo directamente para mantenerse a flote.
Desde ese principio se hace el encargo de lograr un casco oue se sustente en el agua por si mismo, este casco debe responder a la condición de que va a ser usado y oue sobre el se ejercerán las fuerzas requeridas para mantener un cuerpo parado sobre el agua.

Del prototipo anterior:

Si bien el prototipo cumple con esta doble condición, la forma de los cascos no permite un modo de estar en plenitud con el objeto. Se requiere de una habilidad aprendida con la práctica para mantener ambos pontones en equilibrio, se está haciendo un esfuerzo constante para permanecer parado, si bien esto resulta, no se cumple con el requerimiento de dar un paso o desplazarse por el agua de forma autónoma o sin la dependencia del remo. Esta dependencia se debe directamente a la forma del casco. Al ser asimétricos ellos se juntan por la cara interior. Es por esto que el primer procedimiento es proponer una forma simétrica.
El calado muy fino de la proa hace que las paredes laterales ejerzan mucha resistencia durante la maniobrabilidad. Esta forma tan delgada se justifica en el caso de una mayor velocidad, pero como la embarcación se propulsa a remos, se tiene la posibilidad de redondear las cuadernas de proa.

Conclusiones del Estudio de Prototipos y Proposición:

1.- La eslora: se mantiene la longitud de la eslora ya oue se ajusta a la dimensión de área suficiente para mantener un cuerpo alto, que tiene por esto mismo un centro de gravedad elevado. Todas las pruebas realizadas proponen una cuaderna nueva, sin embargo la eslora se mantiene en la medida propuesta anteriormente.

2.- La Manga: se realizan cambios radicales durante el estudio, buscando siempre la posibilidad de ampliar la medida cuanto sea necesario, se hace una busqueda de la proporción justa entre manga y calado para así tener mayor volumen en los flotadores. Se concluye que 40 cm no interfieren en el gesto de caminar, no presenta riesgo de chooues entre los pontones y además da la posibilidad de una flotabilidad mas efectiva y de una recuperación de la eslora eficiente.

3.- El Calado: Se mantiene la medida del calado anterior, pero ahora con la proporción de la nueva manga se hace más estable el flotador. Tiene directa relación con la proposición de cuadernas.

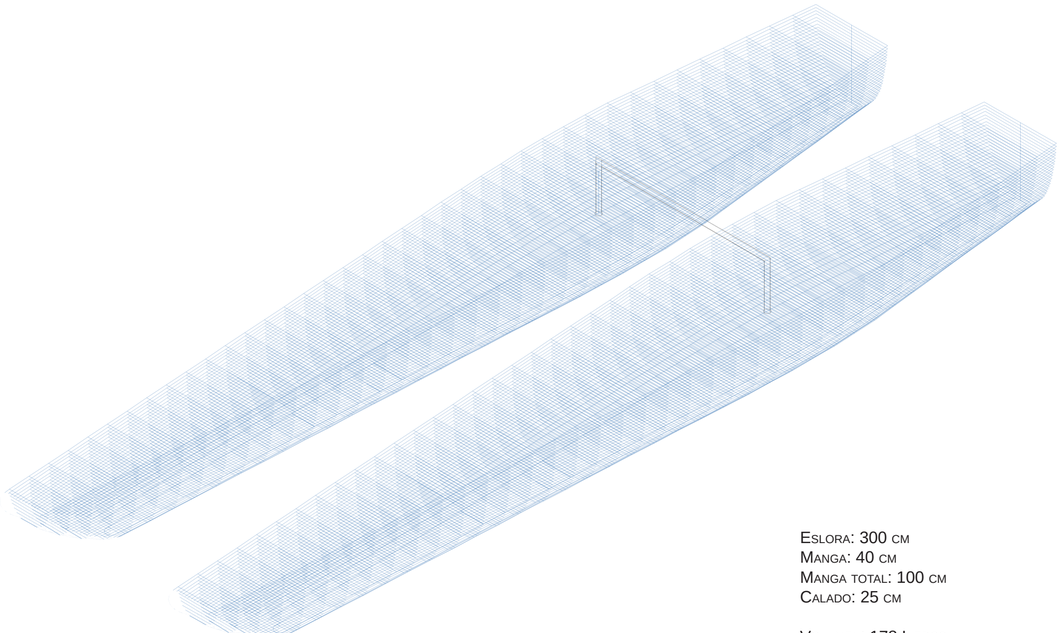
4.- Proa: se propone un nuevo encuentro frontal con el agua. Esta forma responde al reouerimiento de la maniobrabilidad. Una proa con más superficie de contacto suaviza el golpe del encuentro, la proa anterior oponía resistencia en el giro, la proa curva permite un giro mas maniobrable ya que no se produce el corte del agua y tambien evita remolinos en las líneas laterales haciendo oue el flujo sea mas continuo.

5.- Líneas Laterales: se redibujan las líneas llegando a una forma mas continua en el recorrido desde proa a popa, logrando una curva suave que permite al flotador deslizarse con una menor resistencia.

6.- Cuaderna: durante el estudio se prueban distintos tipos de cuadernas, todas ellas persiguen la idea de aumentar el volumen del flotador, asi, paulatinamente la curva va ensanchandose hacia abajo llegando a la proposición del uso de la cuaderna chilota. Al aumentar la superficie en contacto con el agua disminuye la velocidad por el aumento del roce, sin embargo, al aumentar el volumen con esta cuaderna la linea de flotación se ubica más abajo; es decir, se compensa el aumento del roce con el poco calado oue se tiene. Se gana manibrabilidad y estabilidad a la vez.

7.- El Volumen: debido a todos los cambios de cuadernas, calado, manga, etc. el volumen se ve modificado cambiando de los 35 Lt del antiguo flotador a 178 Lt con el nuevo. Por lo tanto, la embarcación tiene suficiente volumen para soportar a una persona. Además de esto, basta solo con el volumen de un flotador para sostener a flote a una persona, es decir, es suficiente para que la persona de un paso real.

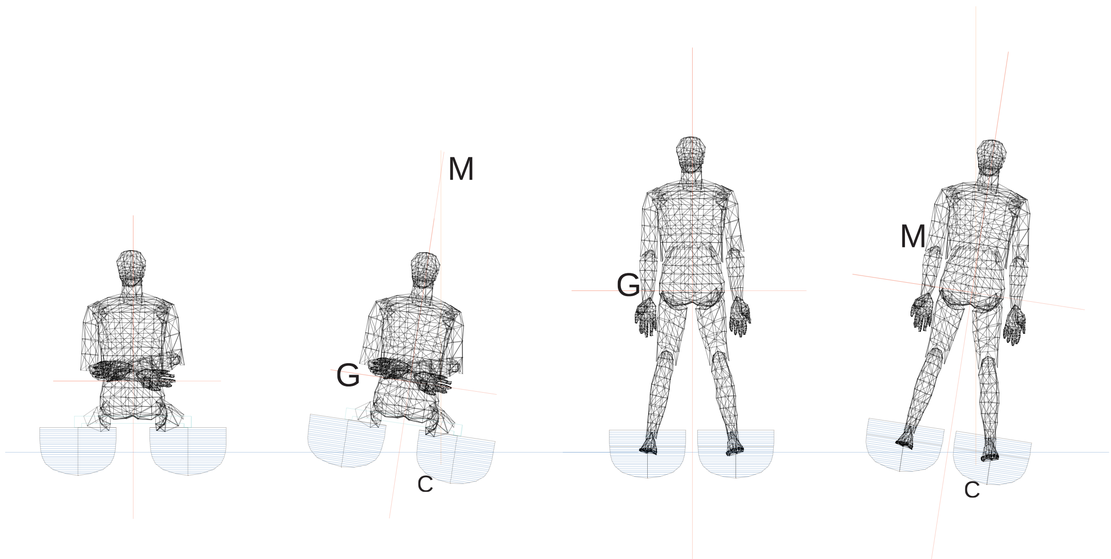
Vista Axonométrica 3D.



Eslora: 300 cm
Manga: 40 cm
Manga total: 100 cm
Calado: 25 cm

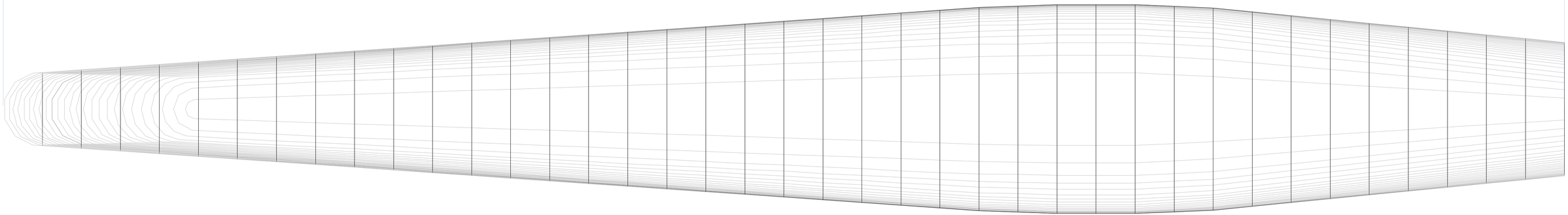
Volumen: 178 Litros
Volumen Total: 356 Litros

Pruebas de Estabilidad



Plano de Línea Longitudinal

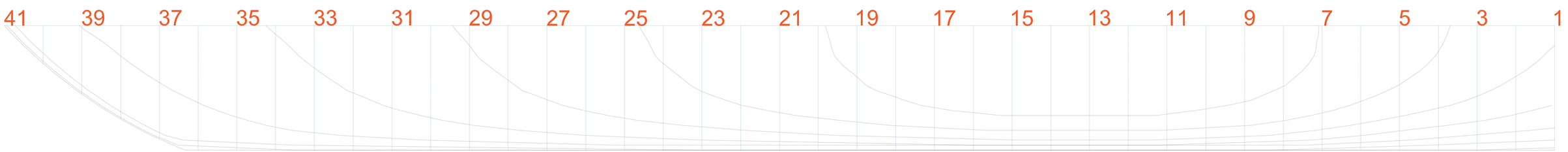
300



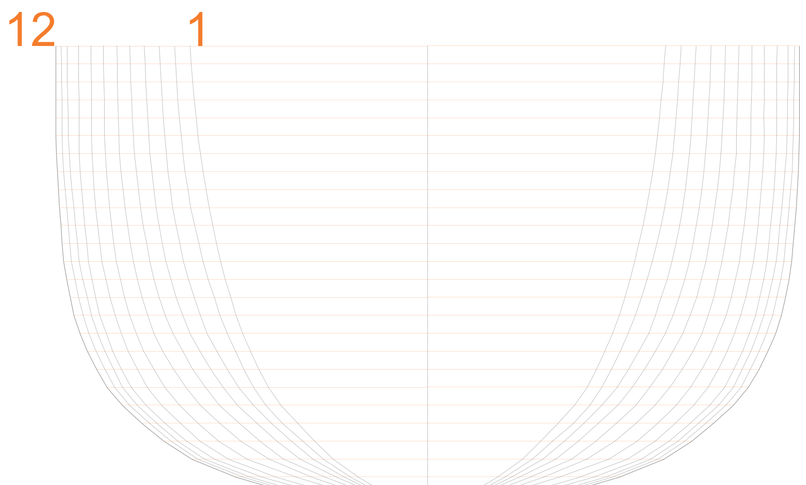
Cuadernas

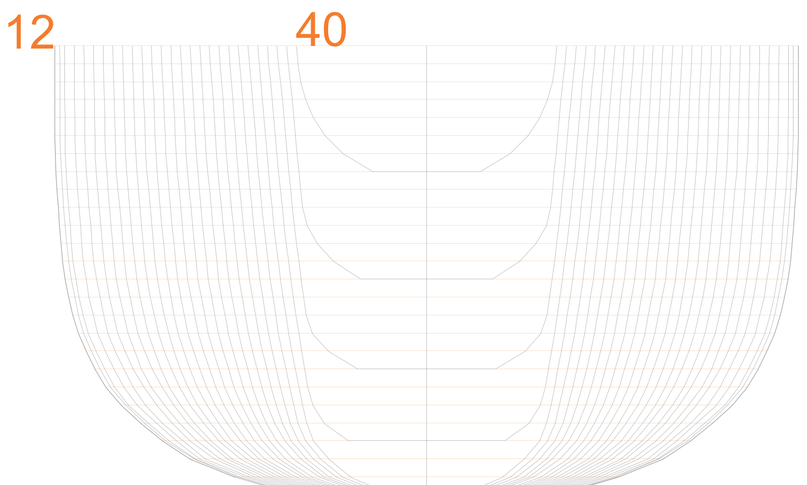
41 39 37 35 33 31 29 27 25 23 21 19 17 15 13 11 9 7 5 3 1

Plano de Línea Transversal

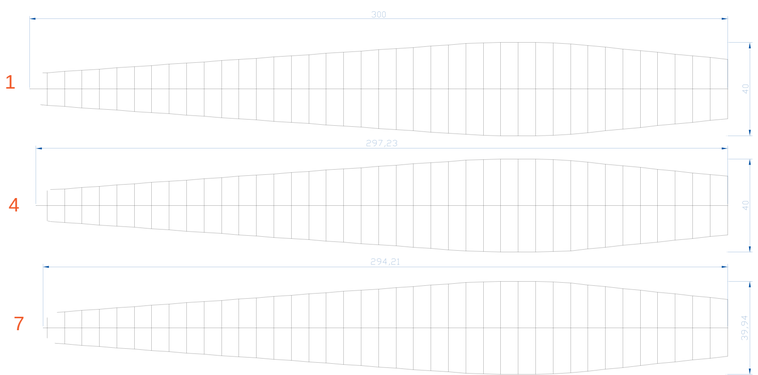


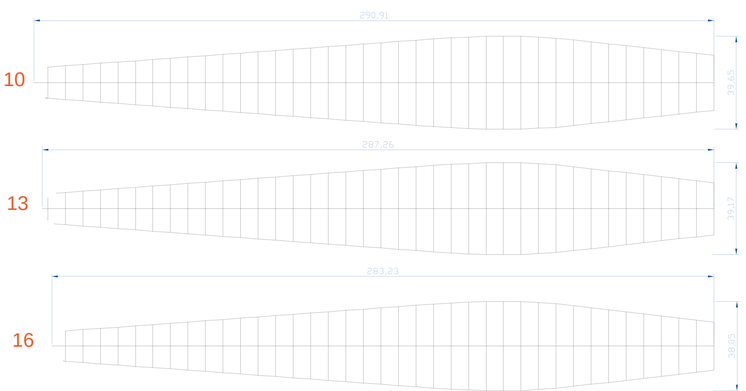
Plano de Línea Transversal Cuadernas

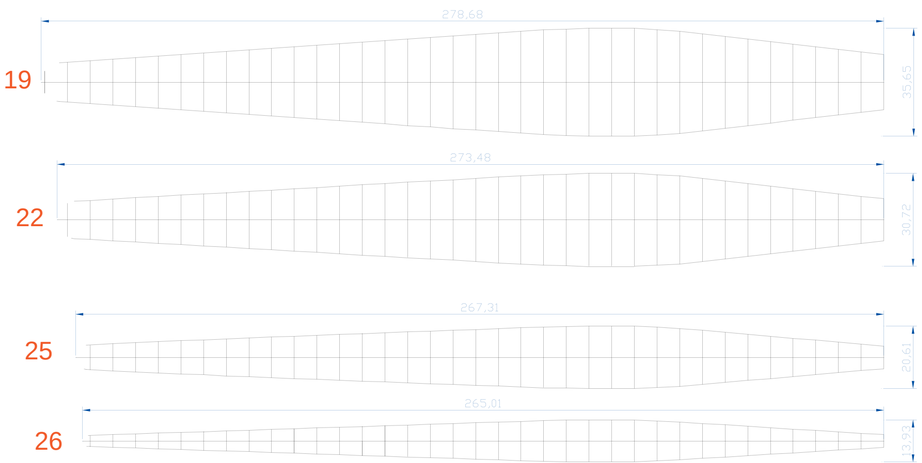




Líneas de Agua







Segunda Etapa

Del Prototipo Anterior:

Si bien el prototipo cumple con la doble condición planteada. La forma de los cascos no permite un modo de estar en plenitud con el objeto. Se requiere de una habilidad aprendida con la practica para mantener ambos pontones en equilibrio, se esta haciendo un esfuerzo constante para permanecer parado, si bien esto resulta, no se cumple con el requerimiento de dar un paso o desplazarse por el agua de forma autónoma o sin la dependencia de un remo. Esta dependencia se debe directamente a la forma del casco. Al ser asimétricos ellos se juntan por la cara interior. Es por esto que el primer procedimiento es proponer una forma simétrica. La forma fina de la proa hace que las paredes laterales ejerzan mucha resistencia durante la maniobrabilidad. Esta forma delgada se justifica en el caso de una mayor velocidad, pero como la embarcación se propulsa a remos, se tiene la posibilidad de redondear las cuadernas de proa.

Modalidad Catamarán

La embarcación presenta un roce muy mínimo, se desliza por el agua fácilmente y no requiere de un esfuerzo grande en las paladas.

Al probar batiéndose de un lado a otro, demuestra tener una gran estabilidad, no teniendo en ningún momento peligro de volcarse a pesar de que se prueba con movimientos violentos.

El volumen de flotabilidad es óptimo, quedando aproximadamente 10 cm. Del casco a flote, con un roce bueno que permite desplazarse rápidamente.

Modalidad de Pie

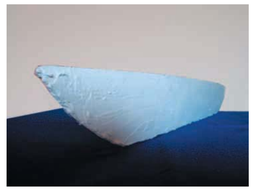
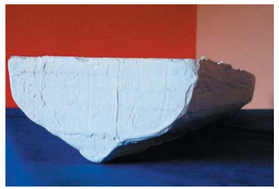
Ambos flotadores al estar cortados en su cara interna, pierde una gran cantidad de volumen que permitiría contribuir al equilibrio de la persona, la cara interna tiene menos área de sustentación en el agua, por lo cual, ocurre que ambos flotadores tiendan violentamente a inclinarse hacia adentro, teniendo que la persona compensar esto mediante mas esfuerzo.

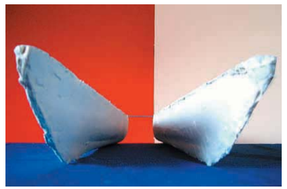
Durante las pruebas se amarran los pontones dejándolos fijos y paralelos. Solo de esta forma se logra el equilibrio para mantenerse parado ya que la inclinación de ambos cuando están sueltos no permiten mantenerse de pie. Durante las pruebas no se logra levantar un pie para dar un paso, solo se logra deslizarse con la ayuda del remo

Se observa que existe un problema de fijación de las botas que interfiere directamente en el equilibrio de la persona cuando se para. No existe la curvatura natural de los tobillos por los costados y por la parte posterior, al quedar los pies sueltos, no se tiene dominio de la dirección de los flotadores, perdiendo el equilibrio fácilmente, también esto no permite homogeneizar la fuerza que ejerce la pierna, dejando que las pantorrillas no trabajen completamente.

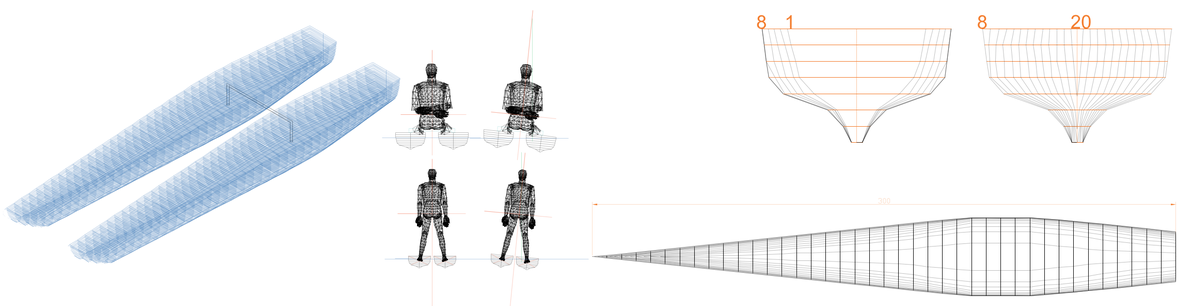
Encargo de la Etapa Anterior

Estudio de Prototipos a escala 1:3



Estudio Teórico y Dibujo



Durante el estudio de observación se estudia en terreno el aparato, se prueba en todas sus posibilidades en la laguna de la ciudad abierta. La problemática mayor se produce al estar parado sobre los cascos, debido a que estos no tienen la autonomía en la estabilidad y depende de que estos estén vinculados directamente para que se mantengan a flote. Desde este principio nace el encargo de la etapa que es lograr un casco que se sustente por si mismo en el agua, este casco debe responder a la condición de ser usado con las fuerzas reales a los oue serán sometidos por lo oue deberá ser suficiente para mantener un cuerpo parado sobre el agua. En esta etapa se realiza un estudio teórico de las leyes de la hidrodinámica, un estudio de prototipos y el estudio en terreno.

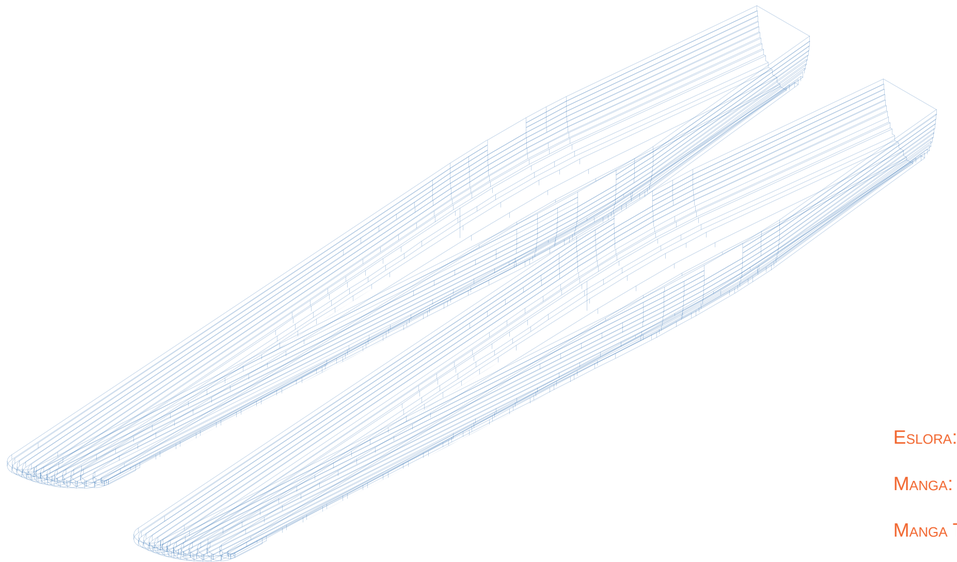
Finiquito de Construcción de Modelos de Pruebas

Los modelos han sido construidos con capas de plumavit, a pesar de que han sido lijados, la superficie porosa natural de este material presenta un roce oue a escala real no corresponde al modelo oue se quiere construir, por lo cual, para simular una superficie como la de la fibra de vidrio se opta por darle un recubrimiento de pasta muro.

Esta se le aplica a todos los modelos construidos en la primera etapa con una espátula. Luego del secado se hace un lijado general con la maquina lijadora y luego un lijado fino a mano.

Para ser probados es necesario impermeabilizarlos con esmalte sintético.
La primera etapa de la titulación culmina con la propuesta de un nuevo casco a construir.

Proposición N°1 Segundo Modelo:



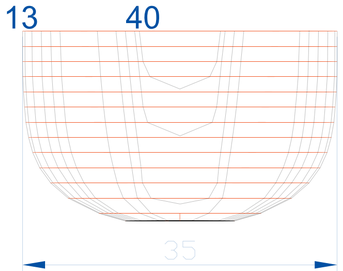
Eslora:	300 cm
Manga:	35 cm
Manga Total:	90 cm
Calado:	21 cm
Volumen:	148 Lt
Volumen Total:	280 Lt

Proa

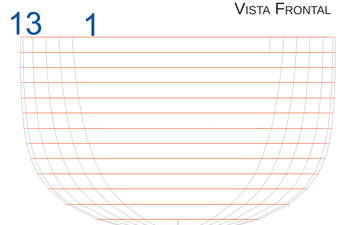
Se propone un casco oue mantiene la curva de la proa anterior oue sigue con los requerimientos de maniobrabilidad, comienza a reducir el ángulo a partir de la cuaderna15 siendo esta una línea recta desde la cuaderna hasta el inicio de la curva de la proa. Se trata de seguir con la línea para evitar turbulencias en el sector de la cuaderna maestra.

Manga

Se propone una disminución en la manga de la cuaderna de 35 cm. Con el motivo de ajustar el flotador a un ancho oue permite dar un paso seguro sin posibilidad de roce de uno con el otro.



Vista Frontal



Calado

Se cambia la medida de calado a 21 cm. Para así con el modelo construido ver el comportamiento de la estabilidad. Se piensa oue teniendo mayor volumen hacia la proa este puede compensar la falta de volumen hacia popa al disminuir el calado. Sin embargo solo se tendrá certeza con la prueba del modelo construido.

Líneas de agua

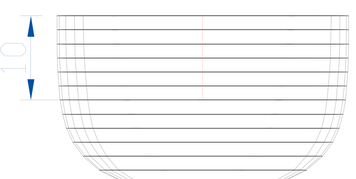
Las líneas se construyen rectas en 3 secciones: desde la cuaderna 40 a la 15, luego de la 14 a la 12 oue corresponden a la cuaderna maestra y finalmente de la 11 a la 1.
Se proponen líneas rectas para dar una continuidad del flujo al encontrarse con el casco y así evitar un mayor roce.

Cuaderna

Se mantiene la propuesta del uso de la cuaderna chilota. Al reducir la manga el tamaño de la cuaderna disminuye proporcionalmente dejando así un calado menor. Por este motivo a la repetición de la cuaderna maestra se le agrega una, quedando en esta zona 4 cuadernas maestras continuas

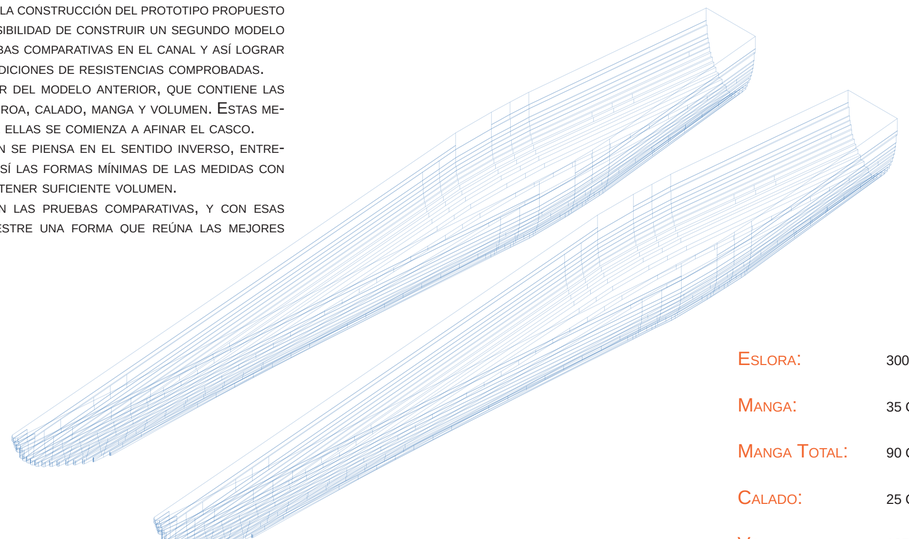
Ubicación centro de gravedad

El centro de gravedad se sitúa a 174,35 cm. Desde la proa y a 10 cm. De la cubierta



Proposición Final Segundo Modelo:

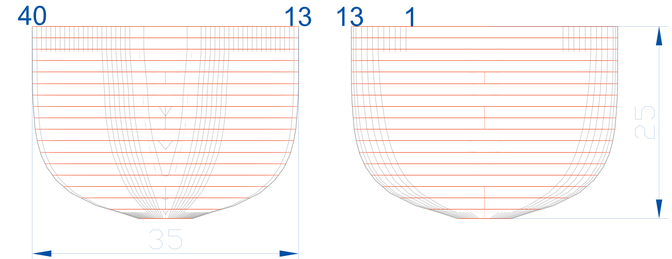
Terminado el primer periodo de la titilación con la propuesta de un casco, al retomar la segunda etapa nace la posibilidad de una visita al canal de pruebas de la universidad austral de valdivia.
Por este motivo se decide aplazar la construcción del prototipo propuesto en escala real y se plantea la posibilidad de construir un segundo modelo a escala con el fin de hacer pruebas comparativas en el canal y así lograr una forma mas precisa con las mediciones de resistencias comprobadas.
La proposición se plantea a partir del modelo anterior, que contiene las medidas macro en la forma de la proa, calado, manga y volumen. Estas medidas son las límites, y a partir de ellas se comienza a afinar el casco.
Con esto entonces la proposición se piensa en el sentido inverso, entregar las medidas micro, teniendo así las formas mínimas de las medidas con las cuales hay que trabajar para tener suficiente volumen.
Con estos dos modelos se harán las pruebas comparativas, y con esas medidas se planteara en el trimestre una forma que reúna las mejores condiciones de cada modelo.

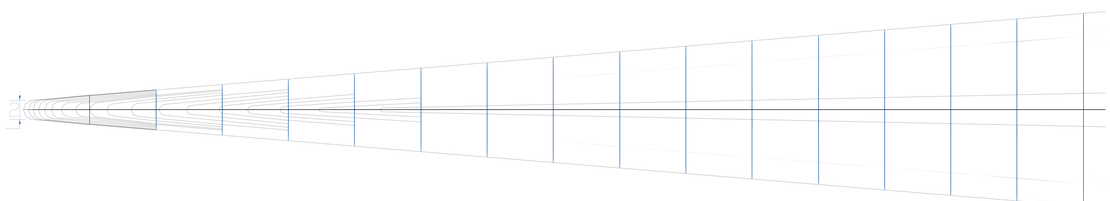


Eslora:	300 CM
Manga:	35 CM
Manga Total:	90 CM
Calado:	25 CM
Volumen:	137 LT
Volumen Total:	274 LT

Calado

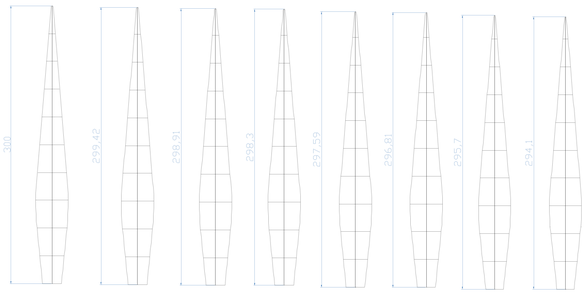
Se propone volver al calado inicial de 25 cm. Para así tener la suficiente reserva de volumen, es decir, el anterior de 21cm es suficiente pero al posar el peso la línea de flotación llega casi a la cubierta. Teniendo en cuenta que el catamarán tanto es su modo como el de el modo de pie va a ser sometido a movimientos se le agrega estos 4 cm. Al calado para una mayor estabilidad. Estos centímetros son agregados en la parte superior de la cuaderna no interfiriendo en la curva de manga bajo la línea de flotación.





Proa

Se propone un nuevo encuentro frontal con el agua. Es una figura nueva que integra el ángulo fino existente junto con una forma curva en la proa, es decir, una ecuación entre la fineza de la figura de la proa existente y la forma de esta figura aguda que anteriormente es un ángulo cerrado, esta vez, es redonda.



Líneas de agua

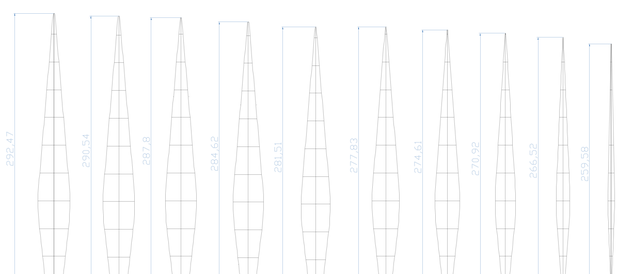
Con el fin de lograr líneas continuas de encuentro con el agua se dibujan líneas rectas de proa a la cuaderna maestra y desde esta hacia la popa. Solo existe la curva en la unión de la cuaderna maestra evitando así un quiebre en la figura.

Eslora

Se mantiene la longitud de 3 metros ya que se ajusta a la dimensión de área suficiente para mantener un cuerpo alto, que tiene por esto mismo un centro de gravedad elevado.

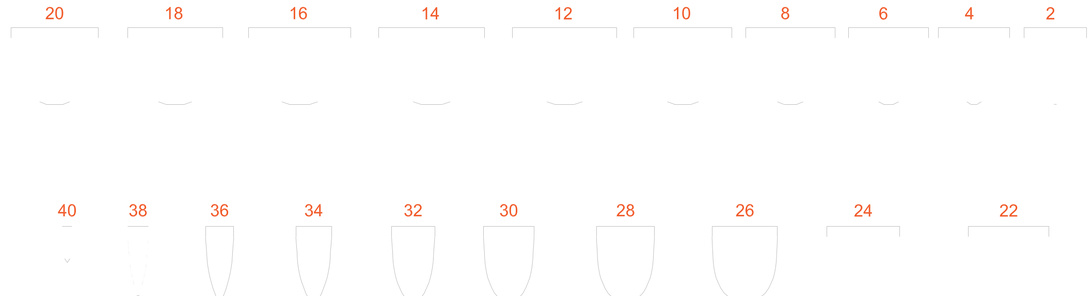
Manga

En la búsqueda de la justeza del aparato, se propone una manga de 35 cm., anteriormente se proponen 40 cm., que son suficientes para la estabilidad del aparato, sin embargo, se esta en la búsqueda de afinar aun mas esta medida para así tener un volumen mas realista con el peso que se esta manteniendo a flote, la medida anterior se refiere a una garantía que sobrepasa los requerimientos reales.



Cuaderna

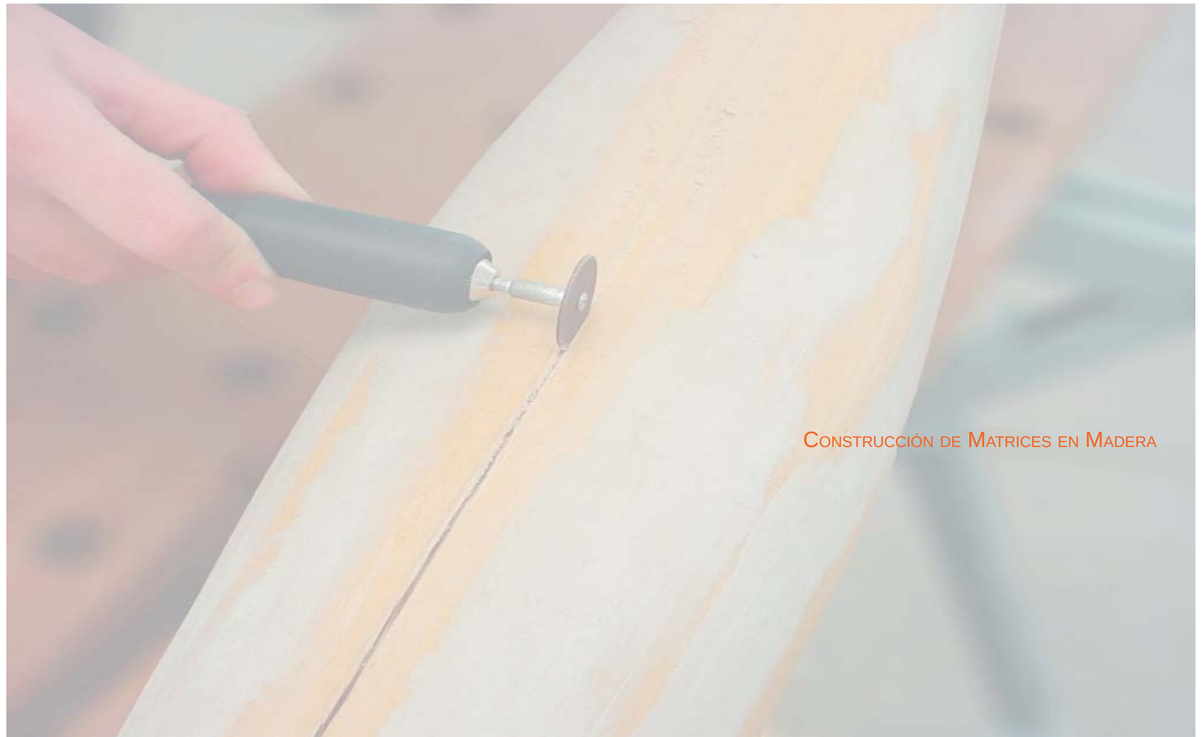
El estudio del primer modelo persigue aumentar el volumen. Teniendo esto y viendo las virtudes de esa forma, en esta oportunidad se quiere llegar a una medida de volumen justa, sin interferir en la cuaderna maestra ni en el calado, es por esto que es necesario afinar las cuadernas que van en dirección a proa, ya que además se ha pensado en una proa mas fina. Todo esto hace que las nuevas cuadernas vayan disminuyendo su curva a medida que se acercan a la proa. Sin embargo, en ninguna ocasión se presentan contra curvas, siempre se sigue con la forma de la curva exterior.



Volumen

Cada flotador tiene un volumen de 137 lt. Concentrados en mayor parte desde la cuaderna 8 a la 18 que es la parte donde se ubica la manga mayor. Con este volumen se tiene una resistencia suficiente para soportar a una persona a flote con un solo flotador, con ambos en forma de catamarán se tiene un volumen de 274 lt.

El centro de gravedad se ubica a 183 cm. Desde proa a popa y a 11 de la cubierta hacia la quilla.



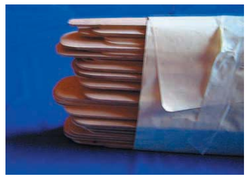
Construcción de Matrices en Madera

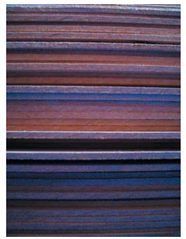
Construcción Matriz 1:

1.- Corte

Para la construcción del primer modelo se han proyectado las líneas transversales correspondientes a cada lámina de madera. Se ha escogido un grosor de 3 mm. Correspondiente a 9 mm. En escala real. Este grosor permite tener un acabado de las curvas muy exacto, sin cortes rectos. Para el modelo se han utilizado 26 capas.

Una vez calcadas las laminas, se cortan con una caladora a mano, teniendo un margen de 2 a 3 mm. Por fuera de la línea. Esto es para luego terminar de construir las curvas con el lijado y así no cortarlas directamente con la caladora ya oue se pierde precisión.





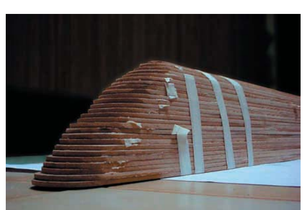
2.- Encolado

Para unir las láminas se usa cola fría profesional. Se van uniendo pares de láminas, se aplica el pegamento con una espátula, luego con huincha adhesiva se fijan y se prensan. La huincha adhesiva se usa para que cuando se comienza a prensar las laminas no se muevan del lugar en oue van ubicadas oue son el centro del objeto. Cuando se tienen los 13 pares de láminas. Comienza la unión entre ellos usando el mismo método de pares, y así hasta completar el objeto entero, siempre utilizando la huincha y la prensa o peso. Hay que mencionar que al pegar los pares entre ellos, hay que quitar la huincha, de lo contrario, quedara un espacio y probablemente no queden bien pegadas las láminas.

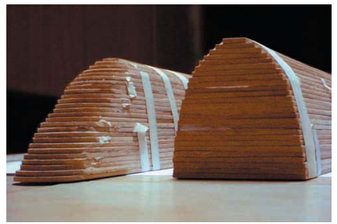
3.- Prensado

Como anteriormente se ha dicho, pegar las láminas por pares, luego por grupos de 2 pares, y así sucesivamente, trae consigo que el prensado de estos también se haga con el mismo método. Para el prensado inicial de pares, se utiliza una tabla para distribuir homogéneamente la fuerza aplicada, sin embargo, luego al tener un mayor numero de laminas, las prensas no alcanzan a abarcar tal altura, por lo que se utiliza un peso directo usando la misma tabla pero esta vez sobre ella dos cajas metálicas con herramientas pesadas.

Las matrices se mantienen prensadas durante 24 horas, en un lugar fresco y seco. Si se dejan al sol o en ambiente húmedo estas se deformaran y no se obtendrá la matriz proyectada.



4.- Lijado en Bruto



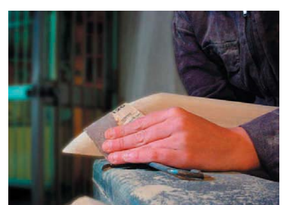
Al estar seca ya la madera se procede a soltar la huincha y limpiar de todo tipo de residuo del adhesivo que quede en el modelo. Al juntar las laminas, se ha formado con las uniones de los cantos en bruto, una figura escalonada. El próximo paso es eliminar esos cantos oue dibujan una curva discontinua. Para esto se utiliza la lijadora con una lija de papel fina. Se debe desgastar los cantos no totalmente, sino hasta eliminar solo el ángulo recto formado por la lámina.

En las zonas de curvas poco pronunciadas, se utiliza el total del largo de la lijadora, son embargo, en las curvas las finas, se hace un giro de la lijadora, y se utiliza solo la parte delantera de esta, el frente, es así como se mantiene más control sobre el material que se desgasta. Este es el caso de las zonas desde la cuaderna numero 20 a la 40.

5.- Lijado Fino

Luego de terminar el lijado general oue elimina los cantos formados por la unión de las láminas comienza el lijado fino, este se realiza a mano, y se utilizan distintos grosores de lijas.

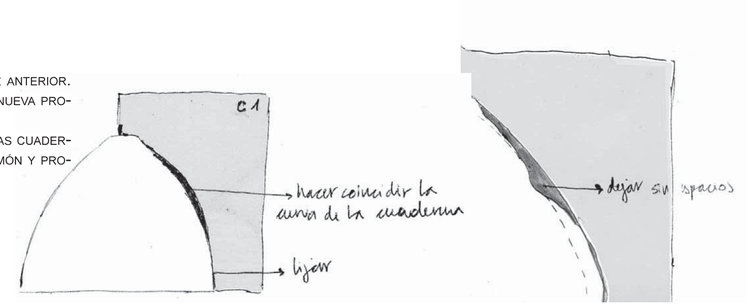
Se trata de continuar ouitando material desde lo que hace la lijadora hasta construir la diagonal oue forman la prolongación de los vértices inferiores de cada lámina.



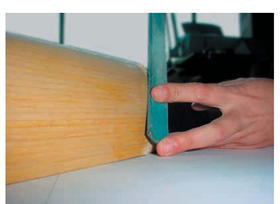
Cuando se ha termina-do esto, ya se presenta parcialmente el dibujo de las cuadernas definidas, el resto de la faena es utilizar el tacto para dejar pulida la superficie, y además las curvas perfectamente definidas y a la vez simétricas en babor y estribor. Esto puede ser verificado si se mira el casco desde la proa y desde la popa según oue cuaderna se quiera ver.

Construcción Matriz 2:

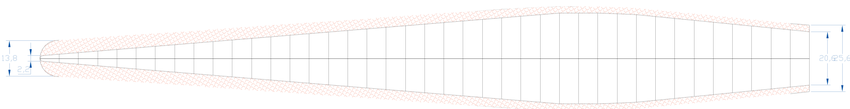
Para la construcción de la segunda matriz se utiliza la matriz anterior. Se trata de desgastar la existente y ajustar las medidas a la nueva proposición.
Para esto se utilizan los planos en 3d y se imprimen guías de las cuadernas y de las líneas de agua. Así se va desgastando con un formón y probando con la cuaderna que corresponde al lugar.



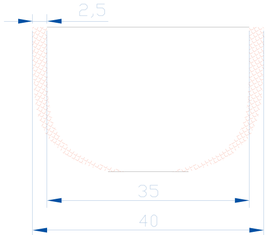
A medida que se va desgastando con el formón se van probando las cuadernas en su posición. Cuando quedan espacios significa que en algún lugar hay que desgastar. Al momento que la cuaderna o la línea coincida perfecta es porque la curva esta lista. Hay que ir probando transversal y longitudinalmente.



Para desgastar se utiliza primero un formón de variadas medidas y luego también la escofina, finalizando con lija.



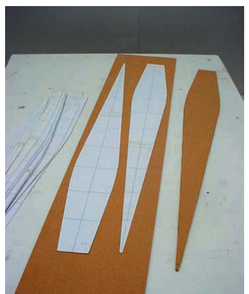
El área achurada muestra el material que hay que sacar. La curva de la proa disminuye 12 cm. En su diámetro y el ancho de la cuaderna 2,5 cm. A cada lado.
El volumen que corresponde a lo que se saca es de 50 litros.

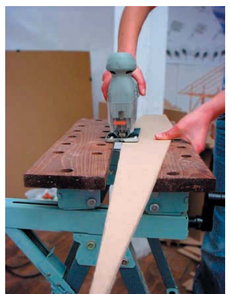


Se imprimen las matrices exteriores: 5 líneas longitudinales y 40 cuadernas.
Sin embargo se decide hacer la construcción completa de la nueva matriz ya que las faenas para desgastar llevarían un tiempo muy largo para ser concluidas. También se toma esta decisión por la falta de precisión en la simetría del casco que será probado en el canal, y para eso es necesario un modelo perfectamente simétrico.

Construcción Modelo 2:

Para la segunda etapa, se propone construir una segunda matriz, esta se proyecta con una proa más aguda que la ya existente. Con estos dos futuros modelos se realizaran pruebas de velocidad en el canal de pruebas de la universidad austral en valdivia. Se piensa que según lo resultados que arrojen tales pruebas se construirá una forma media que integre las bondades de ambos modelos, y así se construirá la forma final en escala real.





Moldes de Láminas

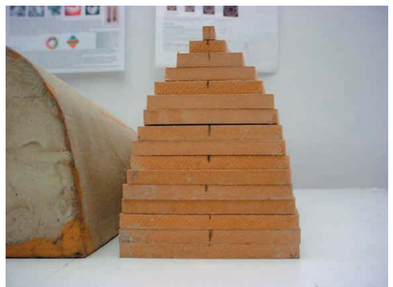
Luego de proyectar las líneas en plano, se imprimen las planillas para luego ser calcadas sobre cada capa de madera que corresponden a 15 mm. Reales cada una, teniendo un total de 18 capas.

Cortes de Láminas

El corte de las planchas de trupán se realiza a mano, con una caladora, luego se hace un lijado fino a través de los cantos para dar con las curvas exactas del modelo de las cuadernas. El corte se realiza con un margen de tolerancia de aproximadamente 2mm, para hacer el lijado sobre la línea y garantizar no perder la medida exacta con el corte.

Planteamiento de la Propuesta

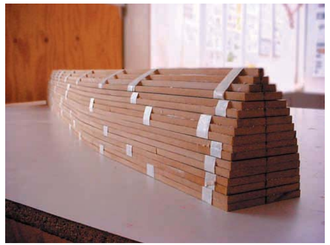
Comparación de modelo I y modelo II, ambos serán constrídos en fibra



Comparación sector popa

Comparación sector proa

Prensado



Luego de cortar y lijar las 18 laminas de madera, se le aplica cola fría profesional (tapa naranja), y se calcula el centro de cada lámina para así hacerlos coincidir en el momento de pegarlas.

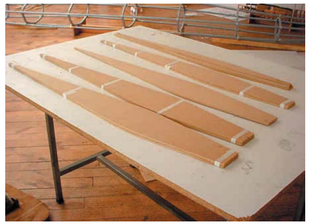
Al juntar ambas caras, se dejan pegando durante 7 minutos, para luego fijarlas con cinta adhesiva, la cinta se usa para que en el momento de aplicar la fuerza al prensar, las láminas no se corran y queden perfectamente centradas. La madera se deja prensando 24 horas para que al lijar el casco, este no sufra cambios.

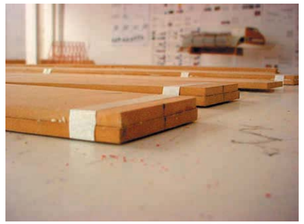
Orden de Prensado

El orden que se sigue para pegar es el siguiente: Primero se pegan dos láminas, se dejan prensar 24 horas. Luego se pegan dos pares, y así sucesivamente, hasta haber juntado las 18.

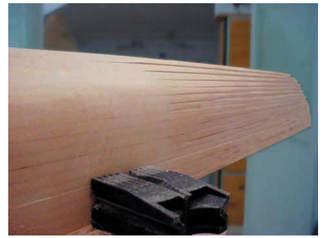
Esto se hace así para hacer mas fácil y efectivo el prensado, si se pegan por ejemplo de 5 o mas caras, se corre el riesgo de que al prensarlas todas juntas se muevan del lugar donde se ubica el eje central.

Cada vez que se hace una unión se saca la cinta adhesiva que corresponde al pegado anterior y se pone una nueva para unir, de lo contrario, el grosor de la cinta dejara un espacio de diferencia entre una capa y otra.



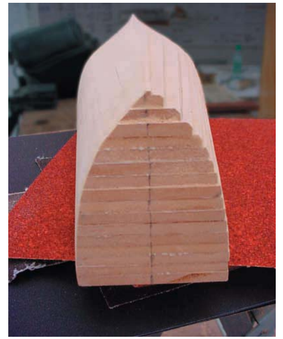


Lijado



Cuando ya esta todo seco, se fija el modelo al banco y con una lija gruesa se desgastan los cantos sobrantes de la curva que se ha formado con la unión de las placas. Cuando se ha quitado la mitad del canto se cambia a un grosor de lija mas fino.

Se debe desgastar hasta lograr la diagonal trazada desde la arista interior superior hasta la arista exterior inferior. El conjunto de estas diagonales es el que forma la línea de la cuaderna.



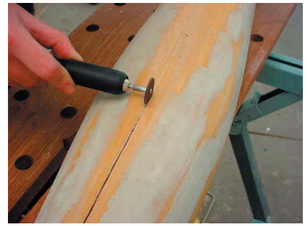
Durante este proceso, se producen errores ya que se utiliza la lijadora eléctrica, la cual no permite tener la fineza requerida. Es por esto que el acabado se realiza a mano con una lija fina, para luego corregir los errores con macilla.

Comparación de Matrices Construidas:

Disminución de la manga en modelo II

Existen dos posibilidades a probar, una con proa ancha hasta la quilla, y otra con proa aguda

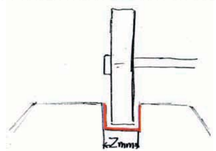
Calado



Antes de comenzar a construir los moldes en fibra de vidrio se deben modificar las matrices haciendo un calado de 2 mm. En el centro de la quilla. Esto se debe a que la conicidad de ambos cascos no es suficiente para garantizar que la fibra se desmolde conservando en buen estado a los modelos. Por esta razón se decide construirlos en dos partes y luego unirlos por la quilla.

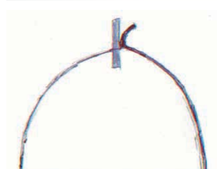
En un comienzo esta división la hace una pieza de latón incrustada en el calado, para tenerla como limite de la sección, sin embargo, la curva ascendente que esta construye no permite tener la forma que se ha proyectado para la quilla. Entonces, se decide no usar el latón y hacer pasar la lana por sobre el calado.

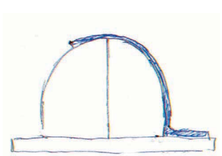
Esto permite ajustarse a la curva real para la unión posterior de las mitades de casco.
La solución es cortar el sobrante usando el calado como guía.
El corte se realiza cuando la resina esta semiseca, ya que, al estar muy fresca, la lana se dispersa y al estar muy seca, la resina ya esta demasiado dura para ser cortada.
Debe estar en un punto medio.

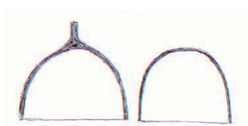


Pletinas

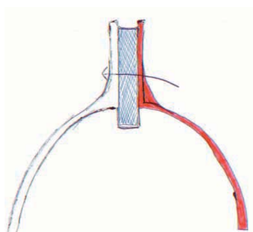
Al hacer la prueba con el latón se observa que la curva que se forma en el encuentro de la quilla tiene un grosor que luego al juntar ambas caras va a provocar una deformación en la quilla, es decir, se ha pensado en un casco sin quilla y esta curva que se forma inevitablemente agudiza el ángulo de la quilla ouedando una punta.







Otra observación es que al secar la resina tiene la pestaña a deformarse y curvarse. Por estos dos motivos se decide no utilizar las láminas de latón y distribuir la fibra de forma continua hacia la otra cara del modelo, así luego de secar se pasa el cuchillo por el calado que sirve como guía.



Fibra de Vidrio

Mezcla y Procedimiento

La preparación de la mezcla de los químicos tiene un orden y proporción. En clima caluroso se aconseja poner un poco menos de catalizador y al contrario en clima frío. No hay que preparar grandes cantidades ya que puede tardar la aplicación y en ese tiempo la resina ya estará catalizada en el recipiente, por lo que quedara inaplicable.

Mientras la resina cataliza, se genera calor por la reacción química que se produce; a mayor cantidad de catalizador hay mas reacción y por lo tanto mas calor en la pieza, lo cual si es excesivo esta puede deformarse o dañarse. Por esta razón hay que cuidar las proporciones de catalizador y acelerador.

100ml resina x 0,3ml acelerante x 1 ml. Catalizador, en el mismo orden para hacer la mezcla.

Para poder sacar el modelo de la matriz es necesario aplicar cera desmoldante antes, luego, se comienza con una mano de resina, no hay que poner la fibra directo sobre el desmoldante, terminada la aplicación de la resina, se pone la fibra y luego se comienza a empapar con una brocha. Se pueden poner las capas que se requieran, sin embargo, esto aumentara el peso del modelo. La aplicación de una capa y otra se realiza cuando la primera ya esta seca, o bien, se puede ir aplicando delgadas capas de fibra a medida oue se va empapando.

Primera Capa

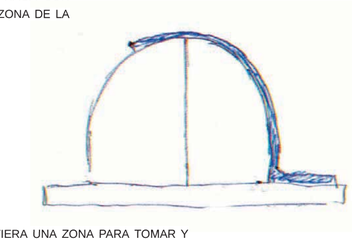
Para la aplicación de la primera capa se hicieron tres pruebas. La primera distribuía la lana sin dividirla, en secciones verticales, una al lado de la otra, dejando un traslape. Si bien, el proceso se hacia mas rápido, al momento de desmoldar se provocaron quiebres de estas secciones, quedando el casco debilitado y en algunas partes deformado.

La segunda prueba se realiza distribuyendo la lana en trozos entrelazados, para así fortalecer la fibra, esta se ponía dividida en su grosor. Este método resulto efectivo, sin embargo, al terminar la prueba se detectan distintos grosores a lo largo del casco, lo cual puede traer resultados no reales para las pruebas a las que se someterá ya que quedaran zonas mas pesadas que otras y la estabilidad variara.

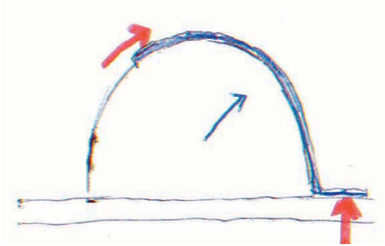
Finalmente para la tercera prueba se corta un trozo completo de lana que cubrirá la matriz, sin divisiones en el grosor ni cortes. De esta forma, el grosor del casco es igual en todas sus partes y también así se controla la cantidad de resina aplicada. Este método se usara para la construcción de ambos modelos con sus dos capas cada uno.

Pestañas

Es importante que al aplicar la capa de lana no se haga con los límites en el momento, se dejaron pestañas en la zona de la ouilla y de la cubierta.



Esto se hizo para oue al momento de desmoldar existiera una zona para tomar y hacer la fuerza, así se evito hacer palanca en algún lado del casco y el posible daño del material, para que esto fuera mas efectivo aun, en la zona de las pestañas se aplico mas resina, para que estuviera mas reforzado.



En el momento de construir la pestaña se tiene en cuenta el ángulo inferior oue corresponde al término de la cubierta. Se distribuye justo en la curva una capa delgada de fibra, oue luego en la segunda mano se engrosa. Esto es para evitar un ángulo redondeado ya oue luego se cortara y será la línea límite de la cubierta

Segunda Capa

Para la aplicación de la segunda capa se hicieron tres pruebas. La primera se aplico estando la resina anterior aun sin secar, esto trajo consigo la desproporción de la resina aplicada, teniendo el mismo problema anterior. La segunda prueba se hace aplicando la resina totalmente seca, después de una noche secando.

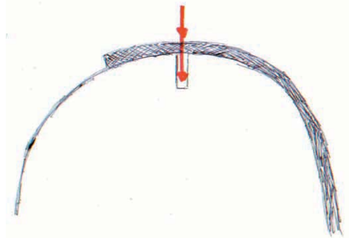
El tiempo que se espero es de 3 horas aprox. Y también hubo una variación en la mezcla de la resina aplicando menos acelerante ya que el endurecimiento era mas lento para una mayor aplicación de la fibra.

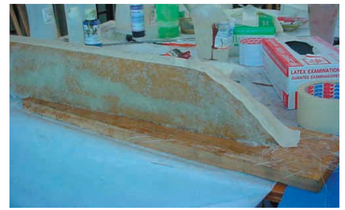
Se observo que luego de secada la segunda capa, esta tenia muchas burbujas y la resina no estaba bien adherida. Por lo tanto se prueba con la primera capa a medio secar, no presentando ningún problema de adherencia ni burbujas.

Quilla

Durante el secado de la resina, se elimina la pestaña de la quilla, esto se realiza en un momento de secado intermedio, ya que si se encuentra seca el cuchillo no es capaz de cortarla.

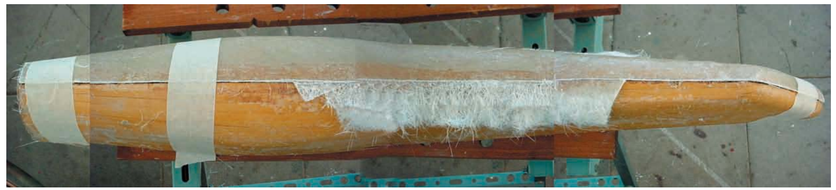
Se pasa el filo por la guía que se ha hecho en forma de calado, es importante hacerlo con un movimiento de arriba hacia abajo, ya que si se pasa de forma continua se esparce la lana que aun no se ha fijado completamente.





Luego de retirar la pestaña, se pone sobre la quilla una cinta adhesiva porque esta tiende a deformarse, así queda completamente adherida a la matriz garantizando el ángulo de la curva.

Corte de la Quilla



Ubicación de las Caras en la Matriz

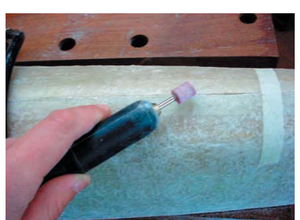
Al desmoldar se presentan ambas caras y se ajustan en su matriz. La matriz es limpiada antes con diluyente sintético para sacar los residuos de fibra y resina.

Las caras son probadas y luego son fijadas a la matriz con el fin de eliminar bordes sobrantes o asperezas de la resina.

Se ajusta de tal modo oue oueden las cuadernas paralelas y enfrentadas para oue el modelo no sufra una descompensación de los lados.

Unión Quilla

Luego de fijar las caras a la matriz y corregir las imperfecciones del casco, se pega una cinta adhesiva sobre la quilla en la madera, el motivo de eso prevenir que el modelo se pegue a la matriz en el momento de aplicar resina en la unión de la ouilla. La cinta deja aislada la matriz.



La primera capa de fibra es de un grosor mínimo, solo para fijar la ubicación de las caras y se aplica por la parte exterior del modelo. Luego de que esta capa esta totalmente seca se hace lo mismo pero por la parte interior.
Cuando ya están ambas capas secas se aplica una capa mas gruesa de fibra cortada en una tira larga.

Para dejar que la curva quede lo mas continua posible esta unión se lija hasta que ouede al nivel del modelo. Como existe la posibilidad de oue hayan ouedado zonas sin cubrir, se aplica una capa de resina sola sin fibra, de este modo se sella la quilla del modelo.

Tapas

Cuando ya se ha secado la quilla se pueden construir las tapas.
Se cubre con cinta adhesiva la popa del modelo y se aplica cera desmoldante. Luego con una capa muy fina de fibra se comienza a empapar con resina. Al tener un tanto cuajada esta capa se saca de la matriz corrigiendo la tapa si se ha soltado de algún extremo del modelo. Esto se hace debido a oue se esta cerrando la figura y esta no tiene la suficiente conicidad para ser desmoldada. Así se evita dañar o deformas más aun la tapa.

Aplicación de la Masilla.

Luego de esto se distribuye una capa uniforme de masilla mágica, esta ultima capa es para corregir los errores de forma oue se han producido al momento de desmoldar y también para dejar una superficie lisa oue no provooue un roce mayor al oue la forma del modelo realmente tiene.

Cuando la forma ya esta completa se corrigen las imperfecciones con una pulidora pequeña y se aplican 2 manos de resina para sellarla, siempre terminando cada aplicación con el lijado.

El lijado se realiza buscando dejar la aplicación de masilla en los lugares oue lo necesita. Esto se nota a medida que va apareciendo al capa de fibra en ciertas partes, donde no ha aparecido es en los lugares donde había alguna hendidura.

Pruebas de Estabilidad de Modelos Construidos

Pruebas de Estabilidad de Modelos Construidos

Los modelos construidos son sometidos a pruebas de estabilidad para ver así su comportamiento con distintos pesos y ubicaciones de esos. Así se sabe la reacción oue tiene en la escora dependiendo de la ubicación y cantidad de peso. Durante las pruebas se va ubicando un peso a escala del modelo oue corresponde al peso dividido por la escala al cubo, en este caso corresponde a 1:3.

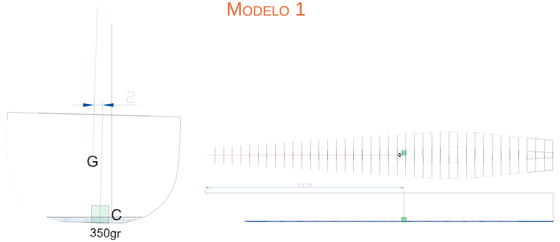
Metacentro Transversal

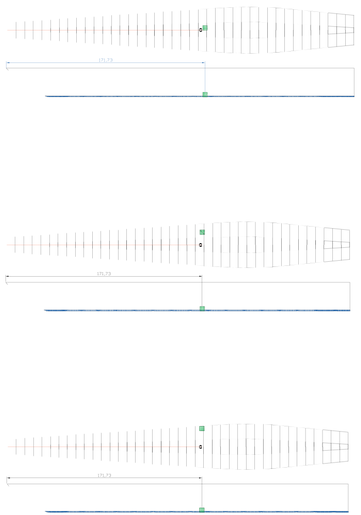
El metacentro afecta a la estabilidad transversal de un buque. Es el punto de intersección del eje vertical del casco cuando se encuentra en su posición de equilibrio y la recta vertical oue pasa por la nueva posición del centro de carena cuando el casco escora. Cuando el metacentro se encuentra más alto oue el centro de gravedad, lo que se verifica en función de la forma del casco y de la distribución del peso, el par constituido por el empuje y la gravedad tienden a adrizar el casco, y el equilibrio es estable. Por el contrario, cuando el centro de gravedad se halla más alto que el metacentro, el equilibrio es inestable, lo oue hará aumentar su escora.

Del peso de los modelos, cálculos y equivalencias

Los modelos son construidos a escala 1:3, según la formula para escalar pesos
Cada modelo debe pesar aproximadamente 1,5 kilos correspondientes a 40 kilos reales.
Son 40 kilos ya que corresponde a la mitad del peso de una persona, tal peso
Lo recibirá cada flotador ya oue al usar ambos se distribuye de forma paralela.
Ambos modelos tienen un peso de 1,15 kg. Por lo tanto se le deben agregar 350 gramos.
Este peso anexo es utilizado para hacer las pruebas de estabilidad transversal para ver el comportamiento de la escora. Durante las pruebas se van cambiando de posición y a continuación se presentan los diagramas de los resultados.

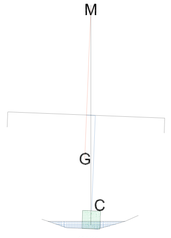
Modelo 1

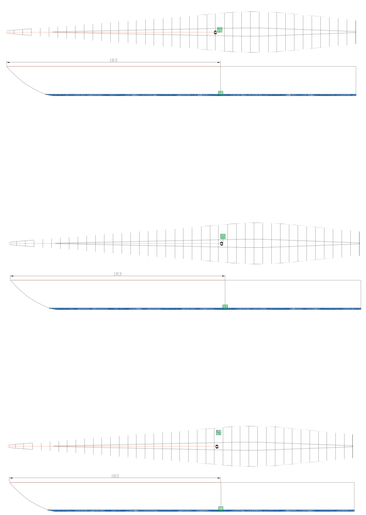




El casco se muestra suficientemente estable en el momento de mayor escora oue corresponde a la ubicación del peso a 17 cm. Del eje. El metacentro se ubica sobre el centro de gravedad. La buena estabilidad ha sido probada en el Canal de Pruebas de Valdivia.

Modelo 2





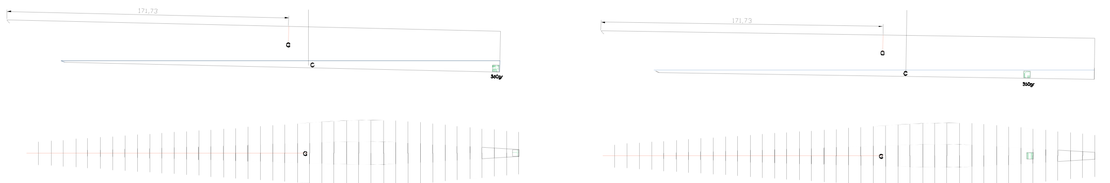
Se muestra en constante inestabilidad durante las pruebas y se comprueba su equilibrio casi indiferente ya que al escorarse queda ubicado en esa posición sin recuperación ni tampoco mayor escora. El metacentro queda siempre muy cerca de la alineación en el eje del casco a pesar de que se encuentre sobre el centro de gravedad.

Metacentro Longitudinal

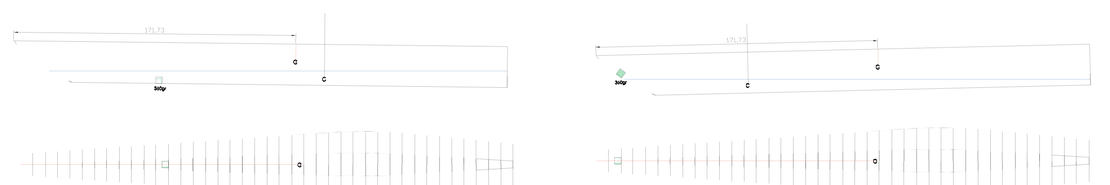
Corresponde al mismo principio que el transversal, sin embargo el equilibrio longitudinal jamás será inestable debido al largo de las embarcaciones. Se utiliza para las embarcaciones que distribuyen carga, es por esto que se puede aplicar a los modelos ya que proporcionalmente recibirá un peso. Esta medida sirve para ver el esfuerzo al que esta sometido un cuerpo al recibir un peso y así evitar quiebres del casco. En este caso se quiere mostrar cuales son las variaciones que sufre la línea de flotación al mover el mismo peso pero esta vez de proa a popa.

Modelo 1

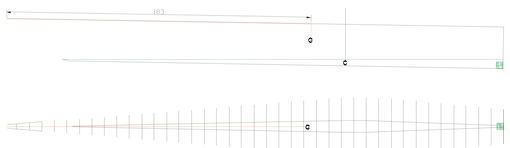
Popa



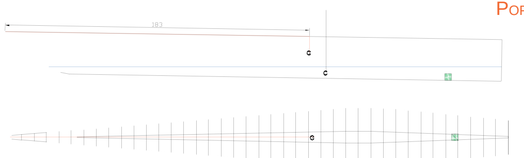
Proa



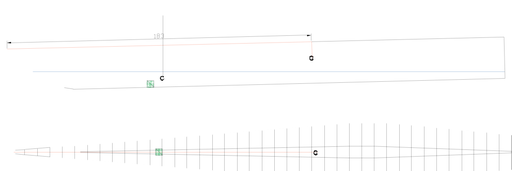
Modelo 2

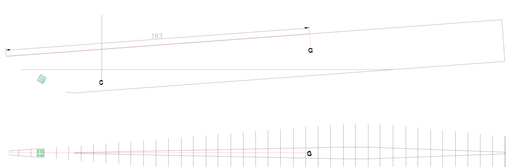


Popa



Proa

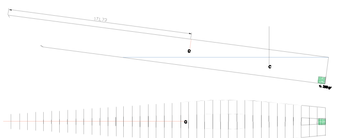




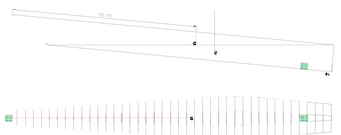
Resistencias Máximas

Se pone a prueba a cada modelo ubicando en la proa, popa y centro de gravedad un peso que se va agregando. Esto es para saber cual es el peso máximo que soportan cada uno de estos puntos, es decir, hasta que la línea de flotación coincida con la línea de cubierta. Tal como en los casos anteriores, se utiliza la formula peso dividido por la escala al cubo.

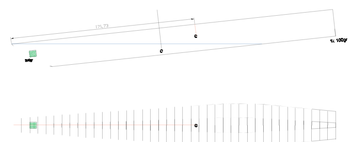
Modelo 1



En la popa resiste un peso real de 37,5 kilos, se debe tomar en cuenta que usando ambos flotadores la persona el extremo del flotador lo resistiría.

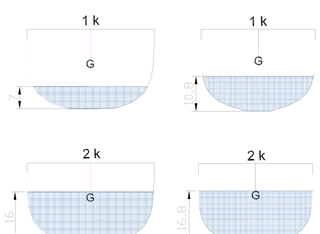


Al acercarse a la cuaderna maestra se sube el peso y la resistencia es de 54 kg. reales.

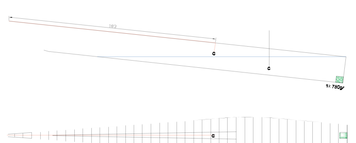


La proa al tener menos volumen soporta un peso menor de 30 kilos quedando por completo la popa al exterior.

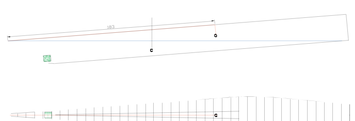
Comparación de Modelos



Modelo 2



Tiene una resistencia de 47,25 kilos reales en la popa quedando más superficie sumergida oue en el modelo 1.



Resiste 37,8 kilos y la gines de flotación es desde la proa hasta la quilla en popa.

Canal de Pruebas Universidad Austral de Valdivia

Canal de Pruebas, Universidad Austral de Valdivia

La velocidad que se utiliza en las pruebas es aproximada a la que logra un kayak, 1.01m/seg.
El objetivo de esta prueba es ver el comportamiento del casco flotando para ver la Resistencia que se tiene al avanzar con esta velocidad, es decir, cual es el valor que se opone al avance de la embarcación.

Si bien existen las variables de velocidad de avance, densidad y viscosidad del fluido y calidad de la superficie del barco, en este caso solo se tomara en cuenta la variable de la forma del casco, ya que es el tema que se desarrolla.

Del modelo 1 se observa una buena recuperación de la escora garantizando la estabilidad, sin embargo la resistencia da un valor de 51 a una velocidad de 1.032 m/seg y con 1,5 k de peso.

Del modelo 2 se observa estabilidad indiferente teniendo que agregar peso para poder mantenerlo estable, sin embargo la resistencia se reduce por la proa aguda a un 46 con una velocidad de 1.01 m/seg y con un peso de 1,85 k , el corte del agua es mas fuerte que el modelo 1 que tiene más roce.

MODELO 1		MODELO 2	
Eslora	300cm	Eslora	300cm
Manga	40cm	Manga	35cm
Calado	25cm	Calado	25cm
Volumen	185 Lt	Volumen	137 Lt

Velocidad	Resistencia	Peso
1.01 m/seg	51	1.5 k

Velocidad	Resistencia	Peso
1.032 m/seg	46	1.85 k

MODELO 1		
valor	escala	real
Peso Neto Modelo	1,15 k	31 k
Peso Agregado	0,35 k	9,45 k
Peso Total Modelo	1,5 k	40,5 k

equivalente a la mitad del peso de una persona

MODELO 2		
valor	escala	real
Peso Neto Modelo	1,15 k	31 k
Peso Agregado	0,7 k	18,9 k
Peso Total Modelo	1,85 k	49,9 k

equivalente a la mitad del peso de una persona

Planteamiento de la Etapa

Esta etapa se plantea como el cierre de la forma de los flotadores del catamarán. Durante el estudio de prototipos del primer trimestre se conoce la modalidad de trabajar en base a modelos y pruebas con el fin de observar el comportamiento de los cuerpos cuando se encuentran en el agua, luego, en esta etapa se sigue con esa modalidad.

En el cierre de la titulación 1 se propone un modelo de casco el cual junto con la posibilidad de visitar el canal de pruebas de valdivia abren una nueva idea de proposición y también una nueva forma de proponer, esta vez se trabajara en base a comparaciones.

Como el primer modelo propuesto corresponde a las medidas máximas oue puede llegar a tener el casco se decide iniciar la titulación 2 con la construcción de un modelo que contenga las medidas mínimas requeridas, y así, con la visita al Canal de Pruebas poder constatar defectos y bondades de cada cual para finalizar la etapa con un nuevo casco que contiene la experiencia probada de lo micro y de lo macro, es decir, que ambas formas construyan una nueva proposición, esta vez, con la certeza de los datos entregados en las pruebas.

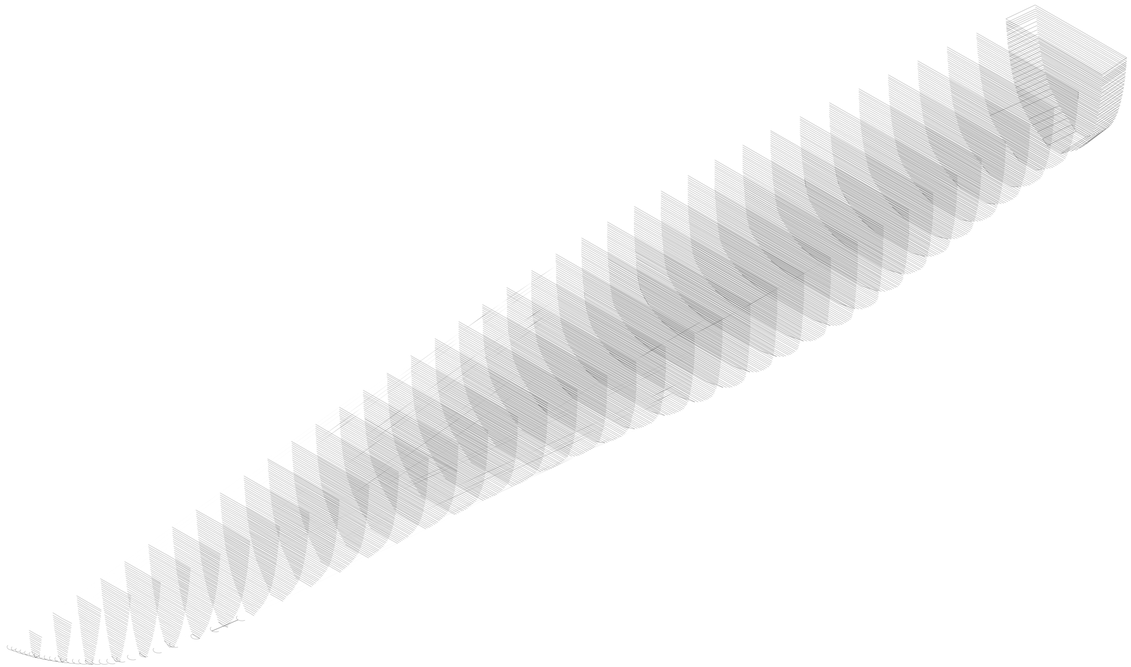
Proposición

Luego de probar los modelos limites se concluye que para garantizar una buena estabilidad se debe mantener el ancho de la cuaderna del modelo 1 oue es de 40 cm, sin embargo la superficie de contacto con el agua de este modelo es mucha, produce mucho roce y la resistencia es alta. Por esta razón y porque el modelo 2 muestra muy poca resistencia se opta por mantener una proa aguda y no tan gruesa como la del modelo 1.

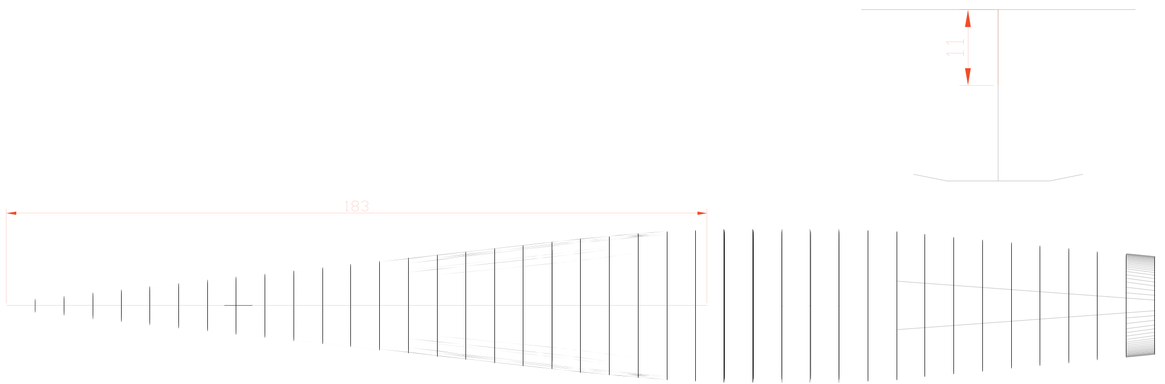
Es decir, se opta por considerar la cuaderna del modelo 1 y la proa del modelo 2 y con este principio hacer una nueva proposición, para así tener una buena estabilidad con un mínimo de resistencia.

La construcción de este modelo se hará en escala real y será probado en su uso real. Para la construcción se decide seguir la modalidad de moldes de las cuadernas y cortes longitudinales, para esto se construye un plano modelo 3d con 52 cortes en su calado y 80 cortes de cuadernas, así se garantiza la simetría perfecta y curvas precisas.

Vista Axonométrica monocasco

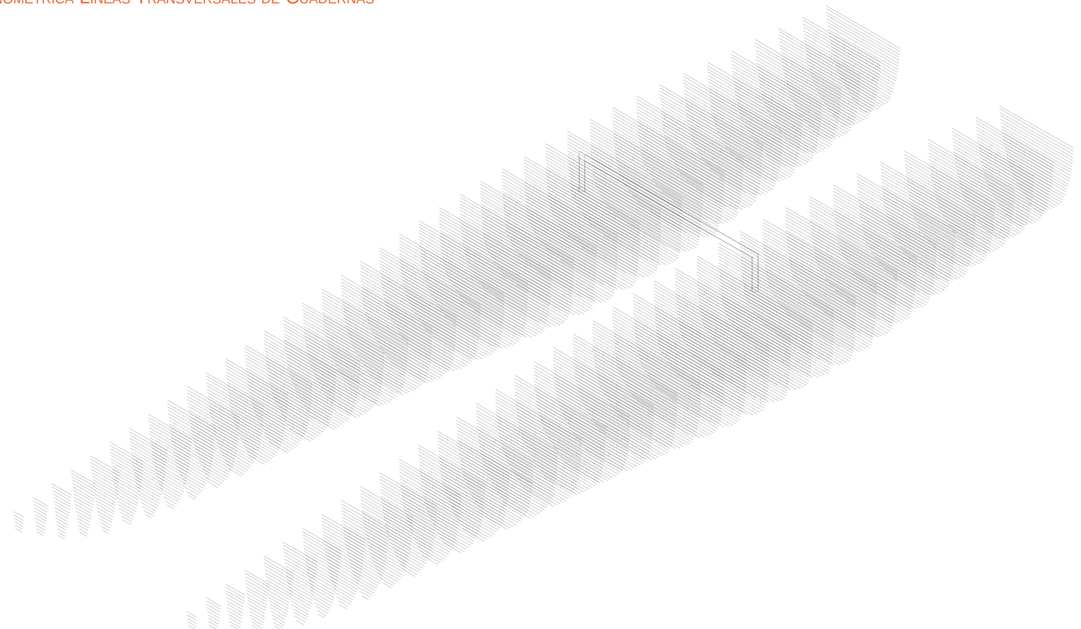


Ubicación de Centro de Gravedad con respecto a proa



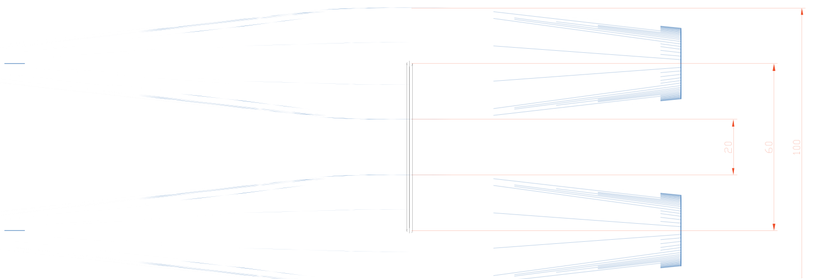
Axonométrica Líneas de Cuadernas

Axonométrica Líneas Transversales de Cuadernas



Axonométrica Líneas Longitudinales

Planta Líneas Longitudinales



Datos del Modelo

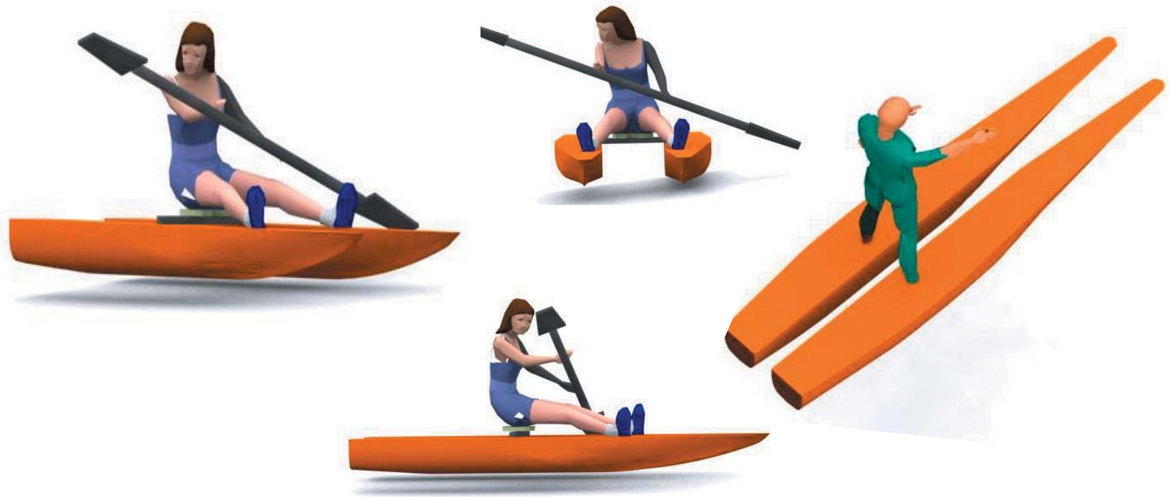
Eslora:	300 cm
Manga:	40 cm
Calado:	25 cm
Volumen:	177 cm
Volumen Total:	354 cm

Tercera Etapa

Planteamiento de la Forma

Al plantearse el proyecto, se deben tomar en cuenta las variables que definirán el diseño del casco; estas variables ordenan la forma de trabajo, lo importante es que ellas están vinculadas de un modo recíproco, es decir, el cambio o modificación de una varible, hará que todos los demas requerimientos se vean afectados. Como diseño, el trabajo se vuelve constantemente dinámico, buscando siempre para finalizar, la ecuación justa que conforte y garantice que todos los requerimientos están satisfactoriamente logrados, teniendo muchas veces que optar y llegar a una media entre dos conceptos distintos pero íntimamente ligados, en este caso del casco, los constantes encuentros entre Volumen - Fineza de la Forma, que apuntan directamente a Estabilidad y Velocidad, han sido logrados despues de llegar a una media a traves de la forma de la cuaderna.

Así mismo, con esta dinámica, se fue contruyendo la forma a media que se le iban agregando ciertas condiciones como por ejemplo el uso de Hidroalas que hizo replantearse toda la forma sin dejar fuera la posibilidad de pararse libremente sobre los cascos.

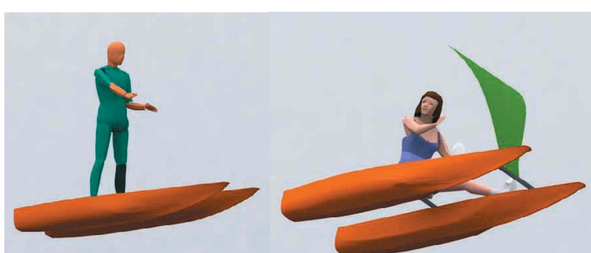


Requerimientos del Diseño (RAN)

1.- Polifuncional, refiriendose a la posibilidad de uso de pie, remo, hidrofoil, vela
2.- Estabilidad
3.- Velocidad
4.- Navegación en zonas bajas tales como, playa, lagunas, tranques, estero, etc
5.- Flotabilidad
6.- Transportabilidad
7.- Resistencia Estructural

Se plantea la Polifuncionalidad como determinante de la forma del casco, este debe ser utilizado como catamarán a remo, caminar de pie, uso de hidrofoil y uso con vela.
Se forman dos grupos de requirimientos que apuntan a dos conceptos en los cuales se debe llegar a una justa medida:

Estabilidad: la forma que conlleva a una buena estabilidad es la que contiene la mayor



Proposición de Casco

Proposición de Casco

manga, es decir, a mayor manga, mayor estabilidad

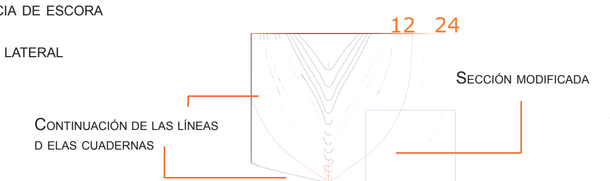
Velocidad: una forma que tenga el menor roce posible para limitar el esfuerzo requerido para desplazarse, la forma que lo contiene es de ángulos agudos, como un filo que corta el agua, obtener la cantidad menor de superficie en contacto con el agua.

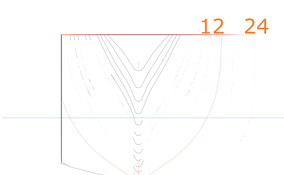
Si bien ambos se contraponen Velocidad y Estabilidad, la problematica se soluciona proyectando una proa muy aguda la cual a la

altura de la cuaderna 15 sale del agua, eliminando asi superficie de contacto.
Por otra parte, se realiza un corte longitudinal a 13 cms de la línea de crujía, manteniendo la curvatura de la cuaderna bajo el agua, es decir, no se elimina estabilidad pero se pierde volumen, el cual se recupera en parte con la modificación de la línea de cuadernas que van desde la 12 a la 24.
El cambio que se les hace a estas cuadernas es el engrosamiento desde la línea de flotación hasta la quilla, es decir, el volumen bajo la linea de flotación responde al peso que va a resistir, sin embargo, en la zona donde no interfiere la boyantez este volumen es eliminado. Luego, se logra una muy buena estabilidad manteniedo las curvas de cuadernas de la obra viva y ganando boyantez con el ensanchamiento de ellas, y por otra parte, la velocidad se ve favorecida por la proa y tambien con la eliminación de un peso considerable al cortar los cascos en su cara interior.

Ausencia de escora

corte lateral

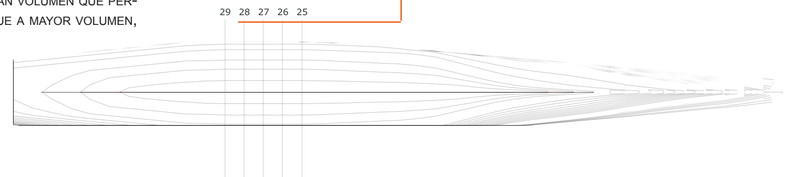




Para la navegación el zonas de bajo fondo, se requiere un calado de la embarcación que permita navegar sin el riesgo de contacto con la quilla.
Es por esto que se diseña la cuaderna maestra siguiendo el modelo de la cuaderna chilota, la cual en su obra viva almacena un gran volumen que permite que el casco no presente un calado profundo, ya que a mayor volumen, menor calado.

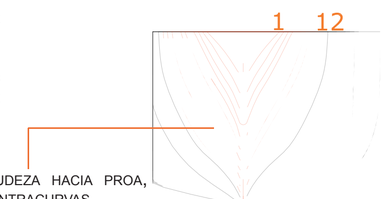
Curva que almacena mucho volumen, bajo la línea de flotación

Sección de cuadernas maestras



La línea de cuadernas maestras se prolonga desde la número 25 a 29, teniendo en esa zona, la mayor concentración de volumen y en consecuencia, la parte que ofrece mas estabilidad a la embarcación, desde la 29 hacia popa, se mantiene la curvatura disminuyendo la manga y el grado de llegada a la quilla obteniendo un equilibrio y reserva para cuando se tenga velocidad no se produzca mucho asiento.

Desde la cuaderna 25 hacia proa comienza el afinamiento para conformar un buen ángulo de ataque y corte del agua, aparecen las contracurvas llegando a la proa con una cuaderna casi triangular.
Se ha considerado con esta forma, facilitar dos acontecimientos de importancia en la gobernabilidad:
El momento de despegue del casco en el uso del hidrofoil y el problema de resistencia ejercida por los cascos en el momento de girar la embarcación, ya sea remando, con vela, o con motor. En estos puntos se encuentra el origen de la proa elevada desde la cuaderna 15 que erradica esta problemática.

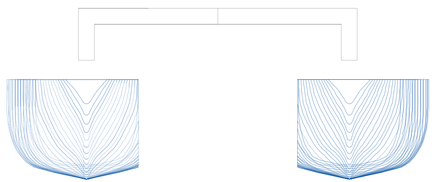


Sección de agudeza hacia proa, aparecen las contracurvas

Re. Flotabilidad

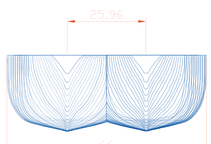
En cuanto a la flotabilidad, cada casco tiene un desplazamiento de 152 lts.y en conjunto 304 lts, la altura del calado para una persona promedio de 70 kilos es de 8.5 cm por lo que, existe una reserva de flotabilidad considerada para personas de mayor peso o bien, el transporte de carga adicional como equipamiento de camping o deportivo.
Se considera en este punto del diseño, que cada flotador por separado tenga un desplazamiento capaz de soportar todo el peso de la persona cuando se desplaza parada y también para tener boyantez suficiente para escoras grandes causadas por el uso de la vela, esto concede también la seguridad de que en caso de accidente, volcamiento o pérdida de un flotador en el agua, exista una garantía de que con un flotador basta para mantenerse a flote.

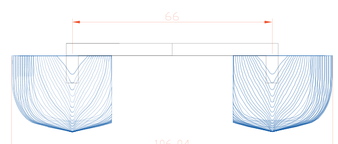
Si bien es un elemento náutico, es necesario mantener la posibilidad de ser transportado por una persona , en este sentido, se considera que el volumen permite cargar la embarcación a orilla por una persona y en largas distancias por un vehículo. Esto se debe a que su peculiaridad intrínseca es la desarmabilidad mediante la adosabilidad; los flotadores son unidos por medio de la estructura pivoteante que se adosa a dos cavidades del flotador.



Otro aspecto que se consideró es el peso de cada casco, es por eso que se cinstruye en fibra de vidrio y se rellena con espuma de poliuretano expansible para rigidizarlo de una manera liviana que no afecta ni a la navegación ni a su transporte.

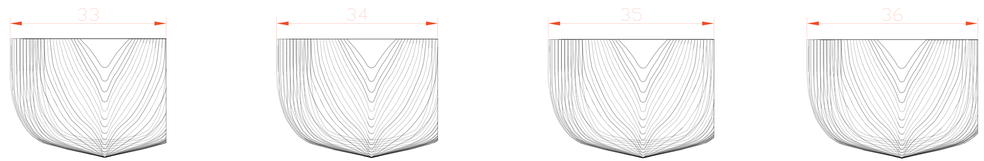
Otra peculiaridad del catamarán es la Adaptablidad con el cuerpo, se propone que el asiento pivote sea regulable para así tener la posibilidad de elegir la manga del catamarán, ya sea por el tamaño de la persona que lo utiliza o bien, por la diversidad de tipos de estabilidades que se pueden lograr; asi aparece la posibilidad de que se puede regular el grado de dificultad de gobierno, para ser usado como elemento de paseo o como elemento deportivo avanzado.

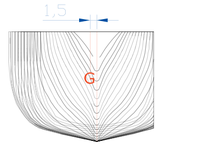




En cuanto a la resistencia estructural del casco, esta se ve determinada por la materialidad escogida para su contrucción. Se necesita un material altamente resistente que no altere el desplazamiento y calado propuesto, es por eso que se propone construir en plástico reforzado (fibra de vidrio), ya que es altamente liviano y ofrece una superficie de termino muy lisa que favorece la pérdida de roce.
Se propone hacer del casco una figura cerrada y compacta para evitar que con cualquier tipo de avería o golpe se produzca una filtración, para esto, se rellena la cavidad de la fibra con espuma poliuretana expansible, pudiendo efectuar una reparación localizada en caso de trizaduras, cabe destacar que por ningún motivo el casco absorvera agua ni se inundará.

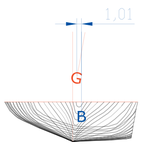
Medidas y Cálculo para Corte del Flotador





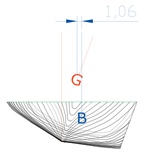
volumen sumergido: 37.7 lt.

10° 9 cm cal



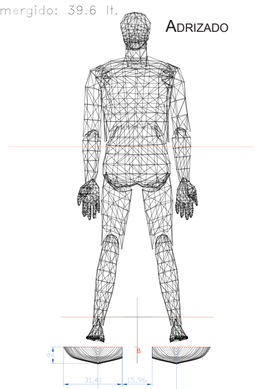
volumen sumergido: 37.4 lt.

20° 9 cm cal



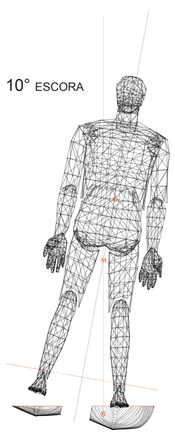
volumen sumergido: 39.6 lt.

Adrizado



Volumen sumergido : 75.5 lt

10° escora



Volumen sumergido : 82 lt

Construcción Matriz Yeso

Para la realización del modelo en fibra de vidrio, se construye una matriz estructurada, la que dara forma al molde de fibra, el cual permitirá hacer un número ilimitado de copias de los cascos.

Las faenas que se consideran para la construcción del modelo son :

1.- Construcción Matriz Sólida

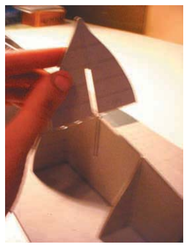
2.- Construcción de moldes de fibra separados por línea de crujía

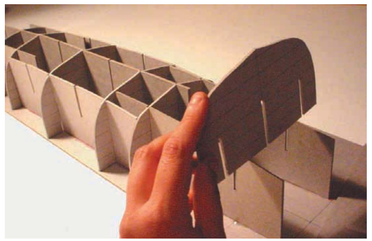
3.- Construcción del Modelo

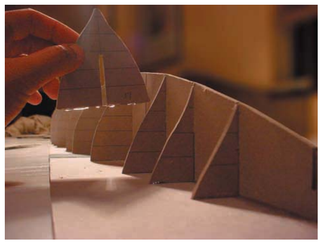
Para esta fase, se decide usar escala 1:3, obteniendo asi un modelo de eslora 100 cm, manga 13,33 cm y Puntal 8,33 cm

A.- Construcción Matriz

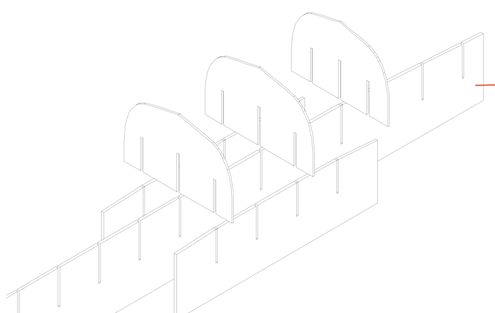
1.- Estructura



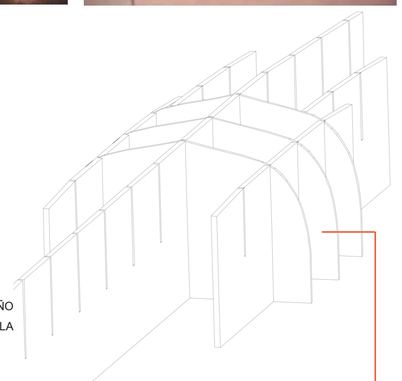




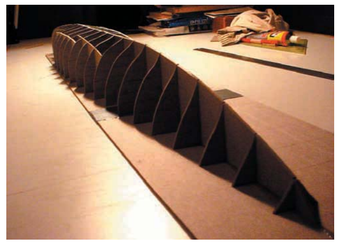
Se imprimen las planillas del dibujo 3D para la exactitud y simetría requeridas por la embarcación.
Se utilizan 20 cortes de cuadernas transversales, las cuales se unen unas con otras mediante travesaños ensamblados.
La posición de los travesaños está determinada segun el ancho del lugar y del angulo de llegada a la superficie de tope

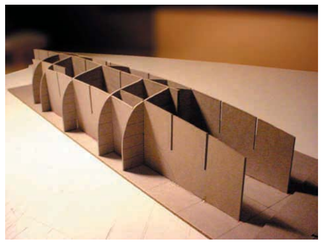


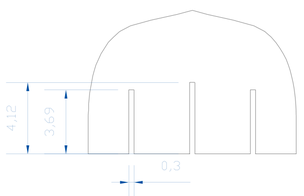
En la línea de crujía se usa un travesaño que cruza de popa a proa estructurando la totalidad de la figura

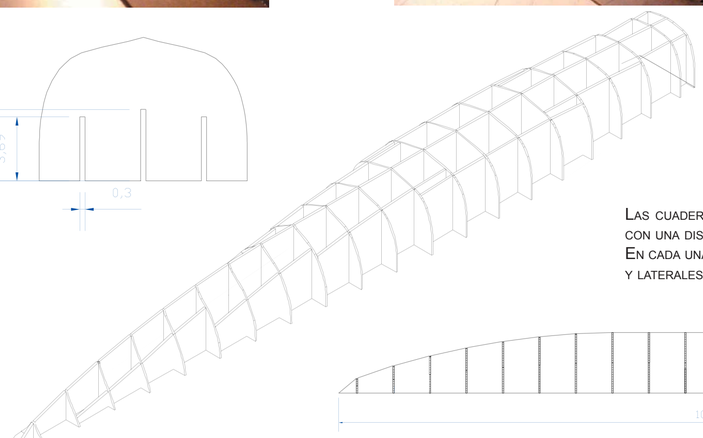


La sección de cuadernas maestras es el punto de unión de los travesaños laterales y el centro de crujía

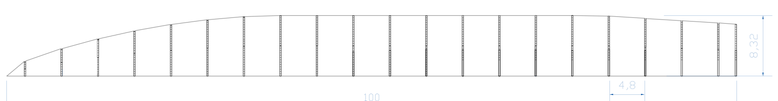




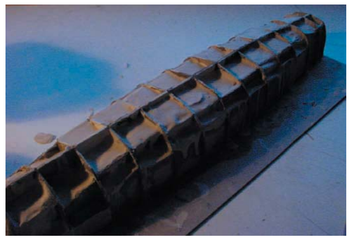


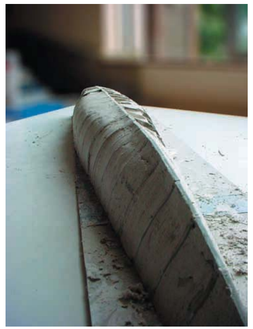


Las cuadernas se han distribuido uniformemente en todo el largo, con una distancia de 4,8 cms
En cada una se hacen 3 cortes, para adosar los travesaños central y laterales

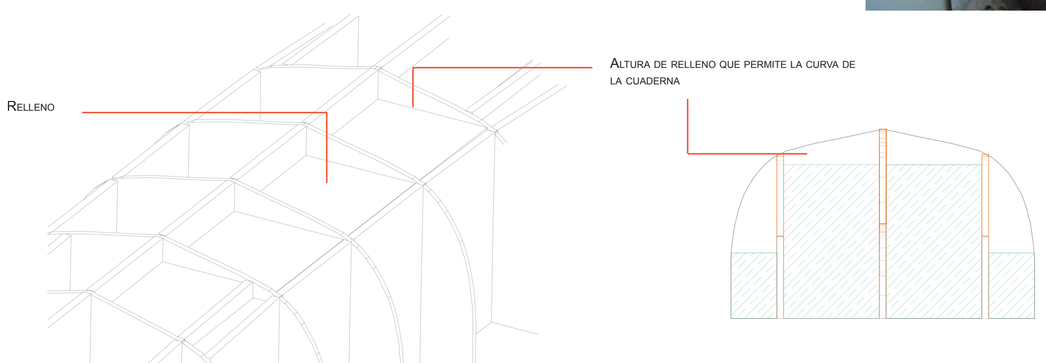


2.- Relleno





Los espacios que se forman en las intersecciones de las cuadernas y travesaños, son rellenados con pasta muro exterior hasta la altura que permita el nivel de la curva, el espacio que va quedando, ha de ser rellenado con espatula usando como referencia de tope las caudernas



3.- Relleno en Bruto

Durante el proceso se debe considerar la aplicación de la pasta de una forma lenta que permita y garantice un tiempo de secado suficiente, de esta manera, se aplica en capas delgadas y uniformes. De no ser asi, la humedad aflorara en la superficie dañando la textura lisa que se requiere para construir un casco con el menor roce posible. En este caso, se rellenaron las cavidades en 3 capas o fases de secado, y luego de dejar 1 dia para el secado total, se aplico la capa final que recubre y forma las curvas finales. Como la distancia entre cuadernas es de 4,8 cms. se uso una espatula de 2 pulgadas, usando como linea de referencia el tope que se forma entre cuadernas y espatula. Luego de llenar las cavidades y tapar la superficie, se aplico una capa de masilla de 2 a 3 mm de grosor, teniendo asi una reserva de superficie para el lijado final.

4.- Lijado y correción de la forma

SUPERFICIE_ Al tener la superficie parcialmente lijada y la forma concluida, se realiza la correccion final, rellenando cualquier tipo de hendidura existente en el casco.

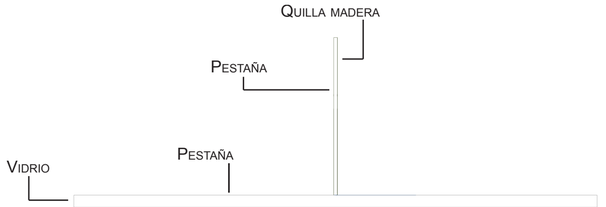
FORMA_ Se imprimen las cuadernas de forma inversa y se presenta en la matriz, corrigiendo con relleno o bien. lijando en los lugares donde sobra material, este tipo de corrección se realiza transversalmente y longitudinalmente, para llegar a la simetría y forma precisa de modo que se evitara futuros escoramientos en las pruebas de estabilidad del modelo.

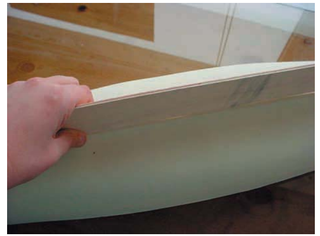
5.- Preparación de Superficie para Enfibrado

Se aplica una capa de pitnura dura (esmalte sintetico, duco, etc) y se ubica la matriz sobre un plano liso, en este caso se uso vidrio, esto es debido a que los sobrantes de fibra deberán quedar perfectamente adheridos al plano para formar una pestaña en el perimetro de todo el molde .

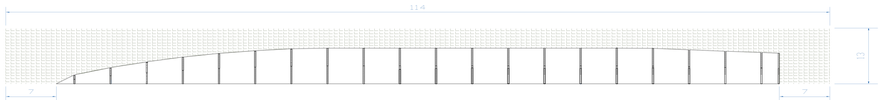
Se aplican 7 capas de cera desmoldante; esto es, aplicar cera, dejar secar y pulir; se hace este procedimiento 7 veces, ya que la forma del casco contiene curvas y contracurvas y asi se evita forzar la fibra en el momento del desmolde. La cera debe cubrir todas las superficies en que se aplicara el enfibrado, es decir, el vidrio y la quilla de madera

6.- Quilla





Se ha contruido en la línea de crujía del casco un negativo de la quilla en madera terciada de 3 mm, debido a que el molde se contruirá en 2 secciones longitudinales que luego serán unidas. La razón de este procedimiento se debe a que el casco en su proa tiene un ángulo muy agudo y no podrá ser desmoldado en una sola pieza.
Para el momento de aplicación de la fibra, se cubre la quilla con papel de aluminio



7.- Requerimientos de aplicación de fibra

Temperatura	% Aceletante	% Catalizador	Tiempo Secado	Especificación
10°-15°	3	3	1° 50'	Calefaccionar
18°	2	3	90 min	Calefaccionar
20°	2	3	45 min	Calefaccionar
25°	2	3	30 min	Ideal
+ 30°	1	3	30 min	Ambientar
+ 35°	1	3	30 min	Ambientar

B.- Molde

1.- Enfibrado

El enfibrado de la matriz para obtener el molde se realiza de la siguiente manera

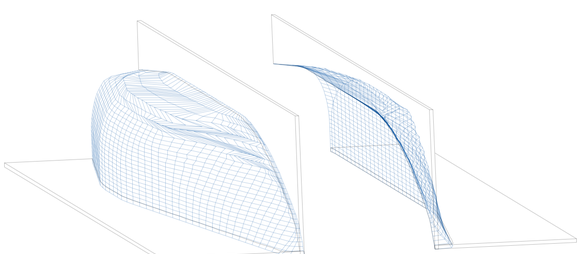
1.- Aplicación de cera desmoldante (7 capas)
2.- Aplicación de Primera capa de resina:

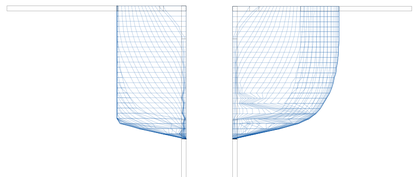
Para esto se hace la mezcla de RESINA + KADOSIL, para esta mezcla se usan una proporción de 1: 1,5 respectivamente y refiriendose al volumen, el Kadosil es un producto que hace mas espesa a la resina, lo que facilita la aplicación en lugares verticales y curvos para obtener una superficie totalmente lisa, a esto se aplica el catalizador y acelerante.

3.- Enfribrado

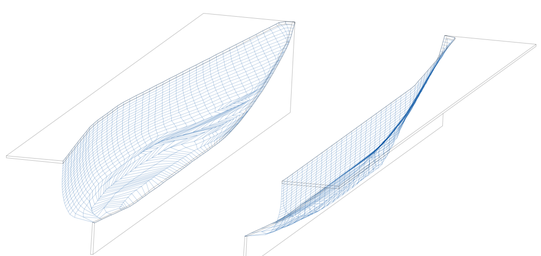
Se utilizan 2 capas de tela de fibra para todo el casco, y en los lugares con ángulos mas complejos y cerrados se aplica en la primera capa velo de fibra

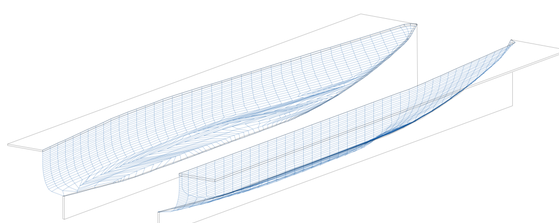
4.- Secado
5.- Desmolde



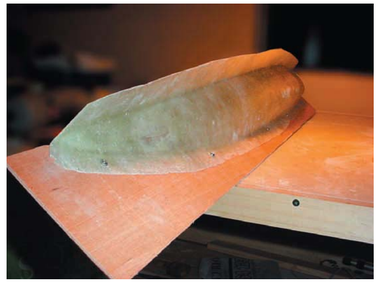


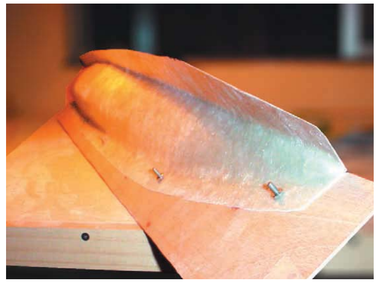
Lo que se obtiene despues de este proceso es el molde definitivo que dará la forma al modelo, de este molde se podrán hacer el número de copias que se requiera.
Es por eso que la superficie se debe dejar pulcra y lisa.
Luego de desmoldar, se limpia y se corrigen con masilla todos los errores que tenga, se cierran los poros, se corrigen los ángulos de llegaba a las pestañas, etc.
Cuando ya no existen correcciones por hacer, se pule con una lija grano 500, y esta lista para la contrucción del modelo





2.- Molde Desmontable





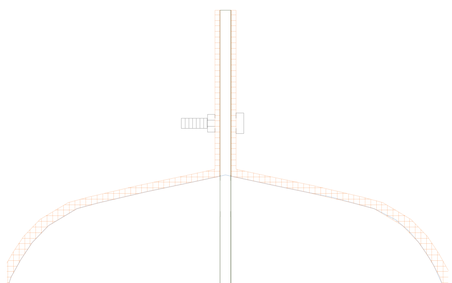
La unión de ambos moldes de fibra completan la figura del casco.
Al ubicar la quilla, se tiene la manga precisa de la embarcación, quedando así un negativo de la matriz.
Por razones del mismo desmolde, la pared de popa se completa en otra fase, uniendo una superficie que se prepara aparte y luego se une para contruir el modelo.

La separación de la fibra es menos brusca ya que se aplica la fuerza hacia afuera liberando sin problemas al modelo.
Luego, la separacioón de la quilla es inmediata ya que ha sido anteriormente forrada con papel aluminio

Para darle forma a estos dos moldes simétricos, deben ser unidos por la parte de las pestañas de la quilla.
Se hacen 5 perforaciones al molde y a la quilla que se utilizó en el primer enfibrado y se unen por medio de pernos, esto permite que queden ubicados simétricamente y, lo más relevante, permite que al momento de desmoldar el modelo se haga el esfuerzo con el molde y no con el casco, es decir, se contruye un sistema desarmable de desmolde para no someter a esfuerzos el modelo recien construido y no se exponga a trizaduras de la resina.

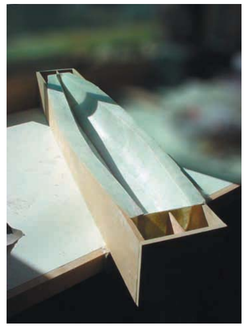
1.-Matriz y quilla

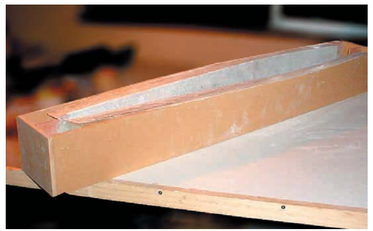
2.- Ubicación de Molde

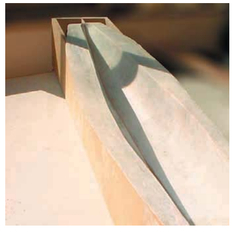


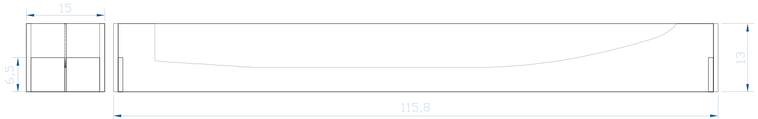
La quilla con las pestañas son unidas mediante 5 pernos ubicados longitudinalmente, estos al momento de desmoldar, se sueltan dejando libre el molde.

3.- Sostenedor del Enfibrado



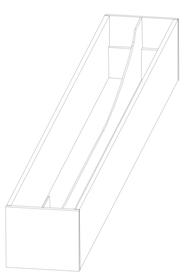


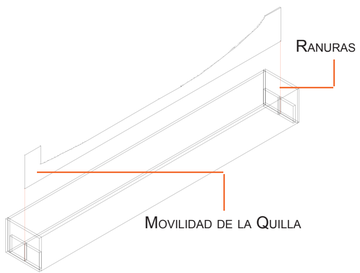




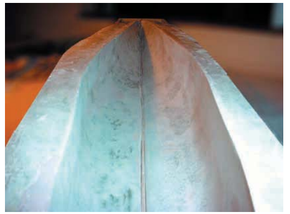
Se contruye una caja de trupan de 9 mm con una ranura en proa y popa que permite inmovilizar la quilla.
El alto es el mismo que el del molde, es así como las pestañas se apoyan en los vertices superiores

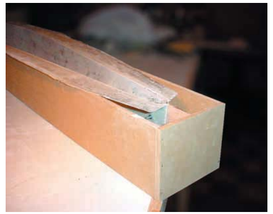
Se realiza el enfibrado en esta posición , luego para desmoldar se desliza la quilla por las ranuras y luego se sueltan los pernospara soltar el molde



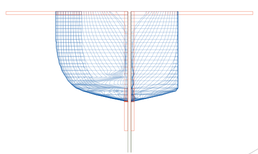


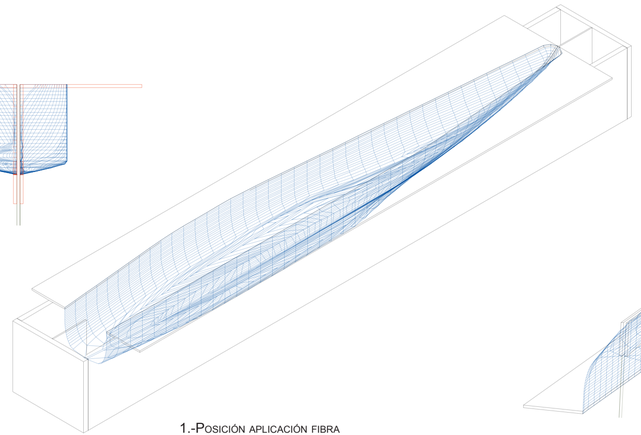
Unión quilla



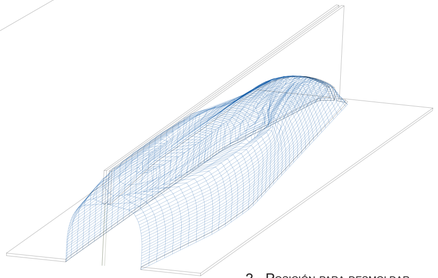


El sostenedor del molde permite que se realice el enfibrado con un apoyo para la quilla y pestañas quedando calzada toda el area de trabajo de la fibra, esto mantiene al molde en forma vertical para no realizar el enfibrado sin un soporte





1.-Posición aplicación fibra



2.- Posición para desmoldar

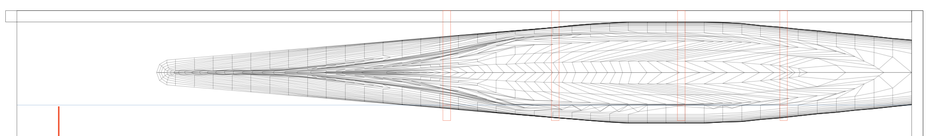
C.- Modelo

1.- Fibra

Luego de encerar 7 veces el molde, se cubre con una primera capa de resina y kadosil; y luego dos capas de fibra impregnada.

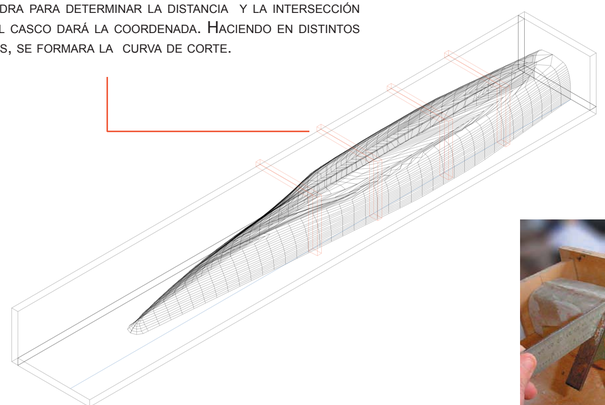
2.- Corte Lateral

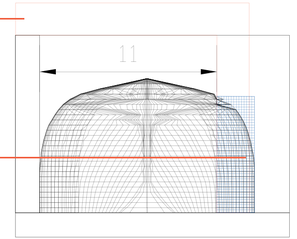
Para hacer el corte interior del flotador, este se ubica continuo a una madera desde donde se traza en la seccion de cuaderna maestra la distancia a cortar (11 cms), luego a partir de esta se traza la línea longitudinal de corte, que delimita el inicio y fin de la sección a cortar



Línea longitudinal de corte

Debido a que la zona a cortar es curva, se utiliza una escuadra para determinar la distancia y la intersección con el casco dará la coordenada. Haciendo en distintos puntos, se formara la curva de corte.

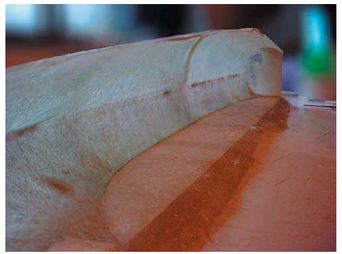




Area de corte

Se realiza el corte con una tolerancia de 2 mm, y luego, se ubica la escuadra sobre la línea trazada en el plano, la intersección de la regla y la proyección de la línea hacia el suelo, permite ver si se está formando el plano vertical que se quiere.

3.- Tapa Lateral



Cuando se ha cortado el casco, construye una cara para cerrar la figura, esto se realiza apoyando el lado cortado en una superficie absolutamente plana, ya que desde ahi se enfibrara la cara.

Se fija muy bien el modelo y se enfibra dejando un traslape hacia el casco, para unir las resinas.

El fijar el flotador a esa superficie garantiza que el lado quede absolutamente plano, luego que seca, se corrigen las aristas cortando el sobrante.

4.- Relleno Poliuretano

Se utiliza poliuretano para rellenar los cascos ya que se quiere dejar una forma compacta resistente a las llegadas a orilla y a golpes, dejando una figura sólida, así se elimina el riesgo de hundimiento de la embarcación por motivos de averías durante la navegación, luego también permite que cualquier rompimiento de la fibra puede ser parchado y solucionado ya que guarda la forma inicial. Como propiedad específica, el poliuretano es altamente resistente y prácticamente no sacrifica un calado considerable ya que es muy liviano e impermeable, por lo tanto, por cualquier tipo de fuga, no almacenara agua lo cual hace que no aumente el peso de la embarcación

Se aplica calculando el volumen de cada flotador, como el poliuretano se expande 13 veces el volumen del líquido, la capacidad del pontón se divide en 13 partes y se aplica esa cantidad, el tiempo de expansión es de aproxmadamente 1 minuto, durante el cual se debe repartir homogéneamente. Cuando el fraguado esté completandose, se vuelca el flotador sobre un polietileno y se deja boca abajo hasta que la temperatura baje.

Curvas Cruzadas

Los Astilleros proporcionan Curvas (o tablas) Cruzadas, de las cuales pueden obtenerse las Curvas de Estabilidad Estática “Inicial” que correspondan a cada Desplazamiento que pueda tener la Nave.

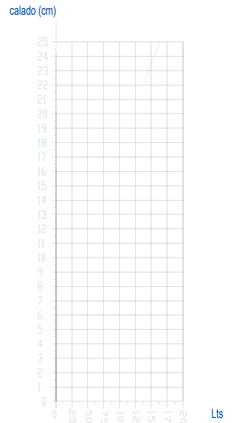
Las Curvas Cruzadas son un gráfico plano (o bidimensional) que contienen la proyección de un gráfico tridimensional que indica el valor del Brazo de Adrizamiento GZ en función del Desplazamiento “W” y del Ángulo de Escora “o”. Se considera que el Centro de Gravedad está fijo en un punto elegido por el constuctor de las curvas cruzadas.
Algunas curvas cruzadas consideran al “G” inicial sobre la quilla “K”. Se les llama Curvas KN.

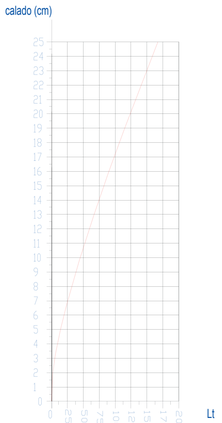
Curvas Hidrostáticas

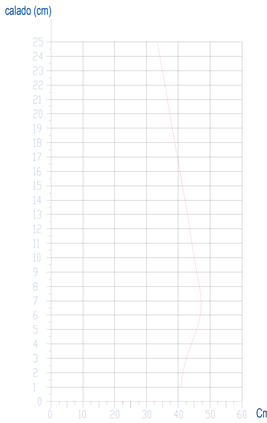
Debido a que la forma de los cascos no siguen ecuaciones ni formas geométricas comunes, generar cálculos de estabilidad no es sencillo a primera manera, para tener esos datos y poder acudir a ellos en forma rápida, solucionar problemas de estabilidad y tambien tener una noción del comportamiento de la embarcación en condiciones específicas, existe una forma gráfica y tabular llamadas Curvas Hidrostáticas. Las cuales en el transcurso del estudio final han sido obtenidas y graficadas

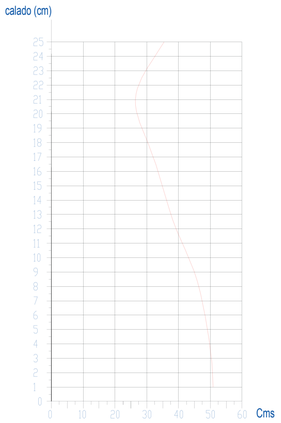
MID B : Posición del Centro de Boyantez “B” con respecto a la sección media.
MID F : Posición del Centro de Flotación “F” con respecto a la sección media.
TPC : Toneladas por centímetro de inmersión, es decir, cuanto peso requiero para aumentar el calado en 1 centímetro
KB : Posición vertical de “B”, medida desde la quilla al centro de boyantez.
T KM : Posición vertical del Metacentro Transversal
L KM : Posición del Metacentro Longitudinal
CP : Coeficiente Prismático
CB : Coeficiente de Block

En este capítulo, se presentan las curvas hidrostáticas de uno de los dos flotadores del catamarán. Si bien, en la construcción de ellos se realiza un corte interior, se ha preferido hacer los cálculos del monocasco sin intervención para tener registro de ello en caso de un futuro estudio.









Curva 1: Desplazamiento Vol. Sumergido

Esta curva indica el volumen que contiene la embarcación en un determinado calado. Con ella se puede calcular el desplazamiento en agua dulce

Curva 2: Desplazamiento de Agua Salada

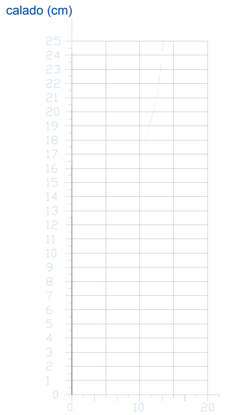
El agua salada es de peso especifico 1,025, debido a esto, el desplazamiento de la embarcación varía. Se ha multiplicado cada volumen por el peso específico nombrado

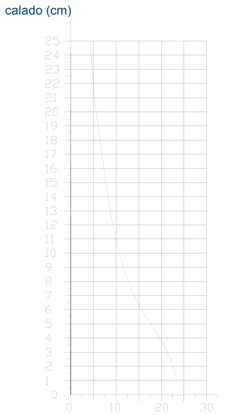
Curva 3: MidB

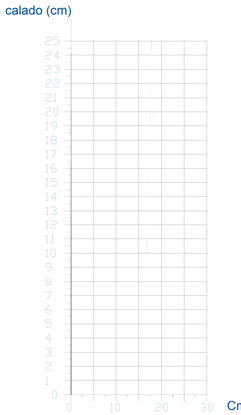
Posición del Centro de Boyantez "B" con respecto a la sección media en el plano longitudinal. Si se mide con respecto a la perpendicular de popa se denomina LCB. En este caso la medida corresponde a la distancia desde el centro de boyantez a la seccion media con respecto a la popa, por eso es llamado MidB.

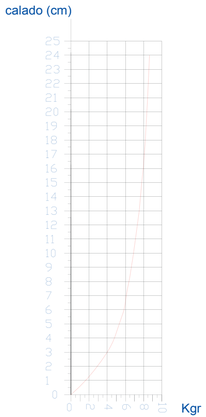
Curva 4: MidF

Es la posición del Centro de Flotación para cada calado con respecto a la sección media en el plano longitudinal. En este caso la medida corresponde a la distancia desde el centro de flotación a la sección media con respecto a la popa, por eso es llamado MidF.









Curva 5: KB

Es la altura del centro de boyantez sobre la quilla.
El centro de boyantez es el centro geométrico del volumen que está sumergido

Curva 6: BM

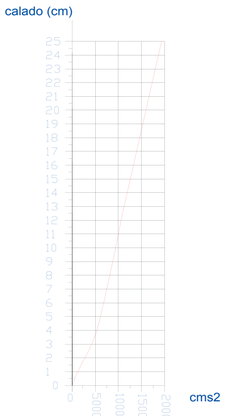
Radio Metacéntrico.
Para obtener este valor se divide la inercia del plano de flotación por el volumen sumergido de la embarcación

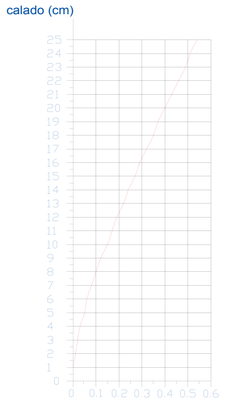
Curva 7: TKM

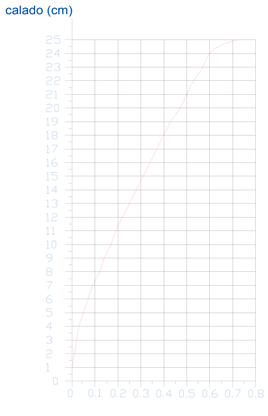
Altura del metacentro desde un corte transversal. Es la medida que existe desde la quilla al metacentro, medida en la vertical de la línea de crujía.

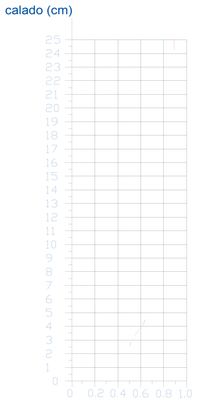
Curva 8: KPC

Es el número de centímetros cúbicos necesarios para provocar un cambio de calados de 1 cm. Esta curva sirve para calcular cual va a ser la variacion del calado si agrego o quito peso en una embarcación









Curva 9: Área de Superficie Mojada

Los valores dados por esta curva se usan principalmente para calcular las relaciones de velocidad y potencia que impliquen resistencia del forro exterior o bien tambien para calcular la cantidad de pintura necesaria para hacer una mantención

Curva 10: CM

Coeficiente de la sección maestra.
Es la relación entre el área de la sección maestra hasta la flotación máxima y el área del rectángulo determinado por la manga y el calado a esa flotación

Curva 11: CB

Coeficiente de bloque.
Es la relación entre el volumen sumergido y el volumen de un paralelepipedo rectangular determinado por la eslora, manga y calado

Curva 12: CP

Coeficiente Prismático.
Relación entre el volumen sumergido y el volumen de un prisma o cilindro cuya longitud es la eslora y la seccion constante el área de la sección maestra hasta la flotación máxima

Curvas Hidrostáticas Flotador Individual sin corte lateral

Las curvas hidrostáticas se dibujan para cada tipo de embarcación en la etapa de diseño constituyendo fuente de gran cantidad de datos relacionados con las características del casco.
La escala de calados empleada en estas curvas se encuentran a cada lado como ordenadas, en la parte superior, cerrando el cuadro, encontramos las unidades en centímetros de uno en uno. En la parte inferior derecha de cada curva se indica el valor empleado para cada tipo.

Tabla de Información de Curvas Hidrostáticas

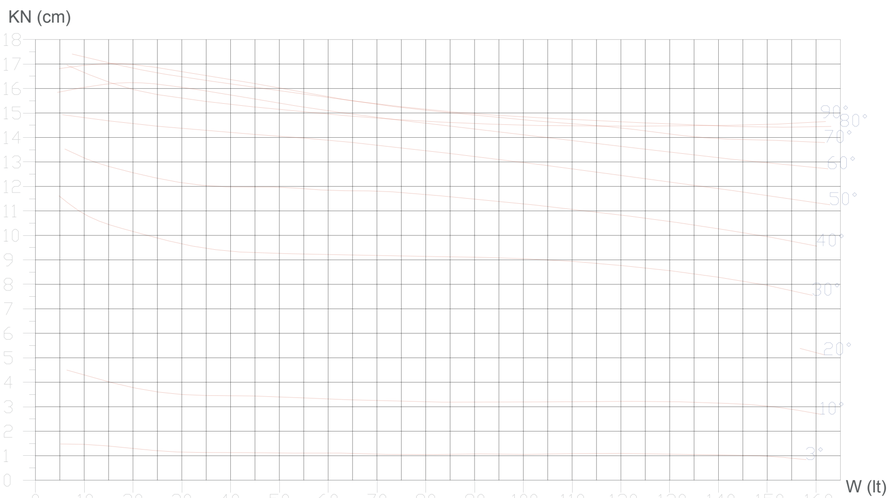
calado cm	volumen Lt	despl. Salada Lt	despl. Dulce Lt	MidB cm	MidF cm	Kb cm	BM cm	TKM cm	KPC Kgr	area sup mojada cm2	CM	CB	CP
1	0,47	0,48	0,47	40,8	50,8	1,4	23,4	24,9	1,6	1229,6	0,48	0	0
2	2	2,1	2	41,4	50,7	1,6	22,6	24,3	2,8	2755	0,5	0,01	0,01
3	4,9	5	4,9	42,5	50,3	2	21,3	23,4	3,9	4261	0,52	0,02	0,02
4	8,9	9,1	8,9	44,1	49,8	2,6	19,6	22,2	4,7	5350	0,61	0,03	0,03
5	13,7	14	13,7	45,8	49,1	3,2	17,5	20,8	5,3	6150	0,66	0,05	0,05
6	19	19,5	19	46,9	48,3	3,9	15,6	19,5	5,8	6827	0,7	0,06	0,07
7	24,7	25,4	24,7	47,1	47,4	4,5	13,9	18,5	6	7490	0,73	0,08	0,09
8	30,8	31,6	30,8	46,6	46,3	5,1	12,6	17,8	6,3	8155	0,75	0,1	0,12
9	37,2	38,1	37,2	45,7	44,9	5,7	11,5	17,2	6,6	8790	0,76	0,12	0,14
10	43,9	45	43,9	44,9	43,2	6,2	10,6	16,9	6,8	9390	0,78	0,15	0,17
11	50,8	52	50,8	44,2	41,1	6,8	9,8	16,7	7,1	9970	0,79	0,17	0,19
12	57,9	59,3	57,9	43,6	39,2	7,4	9,2	16,6	7,3	10574	0,8	0,19	0,22
13	65,2	66,8	65,2	42,9	37,6	8	8,6	16,6	7,5	11205	0,81	0,22	0,25
14	72,5	74,3	72,5	42,1	36,2	8,5	8,1	16,7	7,6	11870	0,82	0,24	0,28
15	80,1	82,1	80,1	41,3	34,9	9,1	7,6	16,8	7,8	12549	0,83	0,27	0,31
16	87,9	90,1	87,9	40,5	33,5	9,6	7,2	16,9	7,9	13220	0,84	0,29	0,34
17	95,9	98,3	95,9	39,7	32	10,2	6,8	17	8	13890	0,84	0,32	0,37
18	104	106,6	104	38,9	30,3	10,8	6,4	17,2	8,2	14569	0,85	0,35	0,4
19	112,2	115	112,2	38,1	28,4	11,4	6	17,4	8,3	15250	0,86	0,37	0,43
20	120,5	123,5	120,5	37,2	26,9	12	5,6	17,6	8,3	15940	0,87	0,4	0,47
21	128,9	132,1	128,9	36,4	26,4	12,4	5,2	17,7	8,4	16634	0,87	0,43	0,5
22	137,1	140,8	137,1	35,6	27,4	12,8	4,9	17,7	8,5	17315	0,88	0,46	0,53
23	145,9	149,5	145,9	34,9	29,6	13	4,7	17,7	8,5	17995	0,88	0,49	0,57
24	154,5	158,3	154,5	34,1	32,5	13,2	4,5	17,7	8,6	18669	0,89	0,51	0,6
25	163,1	167,2	163,1	33,4	35,4	13,5	4,2	17,8		19321	0,89	0,54	0,72

Curvas Cruzadas Flotador sin corte

Curvas Cruzadas Flotador Individual sin corte lateral

Las curvas cruzadas nos muestran los valores de los brazos de adrizamiento GZ correspondiente a diversos ángulos de inclinación o escora. Se deben ubicar las diversas posiciones del centro de boyantez al escorar la embarcación ya que al escorar a distintos ángulos varia la forma geométrica de la carena y lógicamente varia también el centro de boyantez. Para la construcción de las curvas cruzadas de estabilidad se asume un KA, que en este caso es de 14,5 cm.

Se asume KA 14,5 cm



Cuadro de Estabilidad

Es otro modo gráfico de mostrar los brazos de adrizamiento.
En la columna derecha, se tienen los distintos desplazamientos y arriba los angulos de escora

	3 °	10 °	20 °	30 °	40 °	50 °	60 °	70 °	80 °	90 °	grado escora
10	0,71	1,79	2,79	3,62	3,88	3,79	3,5	3,34	3,03	2,15	
20	0,54	1,28	2,19	2,91	3,28	3,54	3,69	3,37	2,57	1,46	
30	0,39	1	1,84	2,4	2,87	3,35	3,5	3,08	2,21	1,1	
40	0,38	0,95	1,56	2,1	2,7	3,18	3,19	2,76	1,93	0,85	
50	0,35	0,91	1,38	2,01	2,69	3,03	2,85	2,41	1,65	0,64	
60	0,36	0,81	1,28	1,97	2,56	2,87	2,54	2,05	1,37	0,45	
70	0,31	0,76	1,23	1,92	2,53	2,67	2,27	1,74	1,11	0,29	
80	0,29	0,7	1,22	1,89	2,39	2,44	2,03	1,5	0,89	0,16	
90	0,32	0,68	1,24	1,86	2,21	2,21	1,8	1,3	0,71	0,07	
100	0,3	0,69	1,29	1,8	2,01	1,96	1,56	1,11	0,58	0	
110	0,33	0,71	1,32	1,69	1,79	1,7	1,33	0,95	0,48	-0,03	
120	0,34	0,72	1,3	1,52	1,55	1,43	1,09	0,78	0,38	-0,04	
130	0,31	0,71	1,21	1,31	1,29	1,16	0,85	0,53	0,29	-0,03	
140	0,28	0,65	1,05	1,04	0,99	0,89	0,62	0,34	0,21	-0,01	
150	0,23	0,53	0,76	0,71	0,67	0,61	0,41	0,28	0,16	0,03	
Vol. Lts											

La corrección de KN se realiza sabiendo la posición real de G, luego del experimento de inclinación para luego construir la curva de estabilidad final.

Experimento de Inclinación y Curva de Estabilidad
Flotador sin corte

Experimento de Inclinación

El Experimento de Inclinación se realiza para determinar la posición real del Centro de Gravedad en una condición de carga específica y por lo general para ubicar G en condición de embarcación liviana.

1.- Deberá realizarse, en lo posible, en dique, a flote y con la compuerta cerrada, o en un sitio de aguas muy quietas.
2.- La nave debe estar sin fondear el ancla y con las amarras sueltas.
3.- Los líquidos deben estar apretados (estanques llenos o totalmente vacíos). Tomar sondas con la mayor exactitud
4.- Tomar calados con la mayor exactitud (proa, centro y popa). Medir la densidad del agua de mar (mitad del calado) en 3 partes de la eslora.
5.- Tratar de no tener "asiento" (Trim)

6.- Tener el mínimo de pesos a bordo. Todos los pesos no considerados en el "barco liviano" deberán inventariarse, indicando el peso y sus 3 coordenadas rectangulares (distancia a popa, sobre la quilla y a crujía (center line).
7.- Los pesos que puedan moverse deberán estar bien trincados. La tripulación debe desembarcarse.
8.- Se proveerá un (o varios) peso movible que tenga un valor cercano al 0,5 % del desplazamiento W de la nave. La escora debe ser del orden de 1,5° a 2°, en lo posible.
9.- Se deberá contar con una plomada de unos 3 metros de largo (no menos de 2 metros), una reglilla y un balde con aceite de gran viscosidad. En naves de más de 100 metros de eslora deberán usarse 2 o 3 plomadas en distintas posiciones de la eslora del barco.
10.- Es conveniente contar con la presencia de la Autoridad Marítima, para que el Experimento sea reconocido.

Traslación de un peso

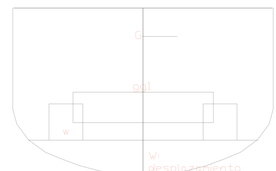
El Momento lateral del peso "w" es el producto del peso "w" multiplicado por la distancia recorrida, o sea

w x GG1

Este momento debe ser igual al efecto ocurrido en la nave, siendo el momento en él:

W x GG1 ---------- tendremos:

W x GG1 = w x GG1



Expresión Matemática

W x GG1 = w x GG1

GG1 = w x GG1/W

GG1 = GM x TG Θ

GM x TG Θ = w x GG1/W

$$GM = \frac{w \times GG1}{W \times TG\Theta}$$

Si llamamos "s" a la medida sobre la reglilla y "L" al largo de la plomada tendremos que

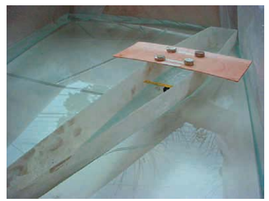
$$TG\Theta = \frac{S}{L}$$

La expresión matemática queda:

$$GM = \frac{w \times GG1 \times L}{W \times S}$$

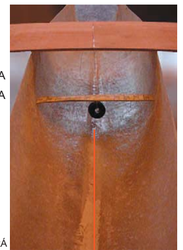
Preparación para el Experimento

Se prepara una piscina ya que el experimento requiere de agua calma y sin viento



El agua debe estar calma y sin viento para que la prueba se realice sin intervenciones

En la sección de cuadernas maestras se ubica una cubierta para sostener los pesos y el plomo que medira la escora; a 5,5 cms de la cubierta, se ubica la reglilla



Péndulo en adrizamiento marcará "cero" en la reglilla

Se miden los pesos aplicando la formula $\frac{\text{PESO}}{\text{ESCALA AL CUBO}}$

obteniendo para la prueba 4 pesos de 30 gramos cada uno, equivalentes a 3,240 kilos en total

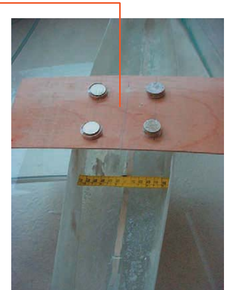
El peso de cada casco es de 0,723 kilos, es decir, el peso real es 15,2 kilos teniendo asi un peso el catamaran de 30,4 kilos.

Al agregar el peso de prueba tenemos 18, 44 kilos que se traducen en 33,64 kilos

Ubicación peso de forma que el casco quede adrizado

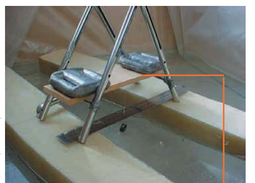
Se mide la distancia que se ha trasladado el peso

Al momento de escorarse, el péndulo marcará la medida de la reglilla



Elemento utilizado para la Medición

Al igual que en la prueba anterior, se utilizara una regla, un péndulo y un peso de prueba, sin embargo, esta prueba requiere trasladar el peso verticalmente, para simular una situación de carga similar a la de una persona parada o sentada.
Los pesos se ubican a la altura del centro de gravedad de la persona en sus dos posturas, con una apertura del apoyo del aparato, igual a la distancia que tendran los flotadores en el momento de ser utilizados.
Al tener el peso en la altura requerida, se traslada por la plataforma para provocar una escora que se medira con la plomada que se intercepta con la regla ubicada en la cubierta del catamarán.



Plomada inteceptada por la reglilla para medir escora

Pesos centrados listos para ser escorados

Traslado vertical del peso segun centro de gravedad requerido por la posición

Parado

Sentado

Momento de escora provocada

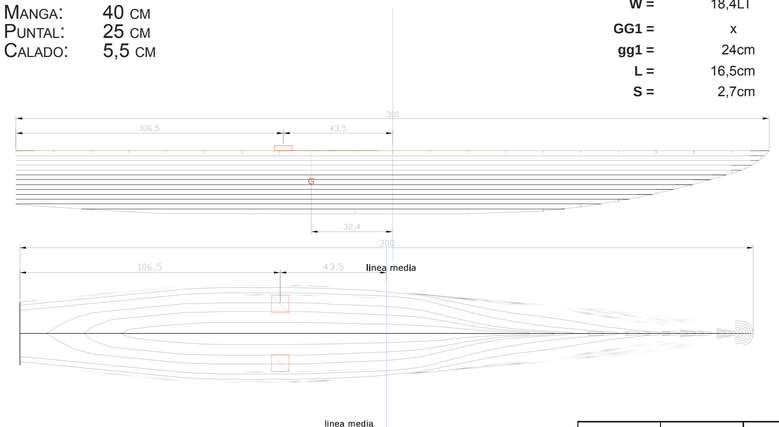
Experimento casco individual

El experimento se realiza con el casco aun no cortado para ser utilizado en otras mediciones
Los valores están expresados en escala real, sin embargo se hace la prueba con un modelo 1.3

Eslora: 300 cm
Manga: 40 cm
Puntal: 25 cm
Calado: 5,5 cm

Datos obtenidos

w =	1,62K
W =	18,4LT
GG1 =	x
gg1 =	24cm
L =	16,5cm
S =	2,7cm



	peso	Mid G	Mto Longit	KG	Mto Vertic	Lat G	Mto Lat
	kilo	cm	k/cm	cm	k/cm	cm	k/cm
casco liviano	15,20	32,40	492	14,50	220	0,000	0
1 babor popa	1,62	43,50	70	26,00	42	12,00	19
3 estribor popa	1,62	43,50	70	26,00	42	12,00	19
Desplazamiento W	**18,4**	**34,35**	633	**16,52**	305	**2,108**	39

Cálculo GM y KG

W x GG1 = w x gg1
18.4 x GG1 = 1.62 x 24
GG1 = 2.11 cm

$$TG\theta = \frac{2.7}{16.5}$$

$$GM = \frac{1.62 \times 24 \times 16.5}{18.4 \times 2.7} = 12.9 \text{ cm}$$

Por curvas hidrostáticas se tiene:

KM = 19,59 cm
KB = 3,05 cm
BM = 15,64 cm

Por cálculo se tiene:

KG = KM - GM

16.52 = KM - 12,9

KM = 29.42 cm

Corrección de la Curva de Estabilidad Inicial

Valores entregados en Curvas Cruzadas

Ang Escora	KN
0°	0
3°	1,32
10°	3,85
20°	7,19
30°	10,24
40°	12,63
50°	14,59
60°	16,24
70°	17
80°	16,89
90°	16,04

La construcción de la curva de estabilidad inicial se realiza con los GZ entregados en las curvas cruzadas (KN), es decir, la vista de esta curva es la proyección de la ordenada de 18.5 Lts en las cruzadas si se mirara en un modo de tres dimensiones.

Tablatura de cálculos para corregir GZ

W = 18.5 Lts KGo = 16.52cm

Ang Escora	KN	AGo	senAng Esc agx senAng		GoZ
0°	0	16,52	0	0	0
3°	1,32	16,52	0,052	0,859	0,460
10°	3,85	16,52	0,174	2,874	0,975
20°	7,19	16,52	0,342	5,649	1,540
30°	10,24	16,52	0,5	8,26	1,98
40°	12,63	16,52	0,642	10,605	2,024
50°	14,59	16,52	0,766	12,654	1,935
60°	16,24	16,52	0,866	14,306	1,933
70°	17	16,52	0,939	15,512	1,487
80°	16,89	16,52	0,984	16,255	0,634
90°	16,04	16,52	1	16,52	-0,48

KN indica los valores de GZ con G asumido
AGo es el valor de GZ asumido para la construcción de Curvas Cruzadas y de Estabilidad Inicial.
La cuarta columna es el seno del ángulo de la escora utilizada

Para corregir el KN se resta al valor actual el producto entre AGo y el seno del angulo de la escora (ag xsenAng)... obteniendo así GoZ.
Ejemplo:

KN en 10° es 3.85
AGo 16.52 x senAng 0.174 = ag x senAng 2.874

luego 3.85 - 2.874 = 0.975 GoZ

Con los valores obtenido en la columna GoZ ya se puede construir la Curva de Estabilidad Final

Curva de Estabilidad Estática Final

W = 84.4 Lts sentado

Ahora que se tiene ya la Curva de Estabilidad Estática se debe analizar el área bajo la curva, para ver si cumple con los requerimientos (OMI)

Se pueden utilizar 2 métodos : Simpson y Trapecios

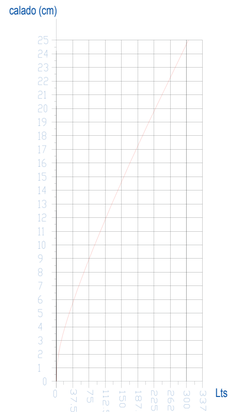
Normas OMI acerca de la estabilidad de las naves

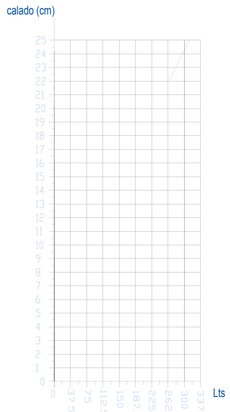
1.- El área bajo la Curva de Estabilidad Estática corregida (GoZ) entre 0° y 30° debe ser igual o superior a 0,055 [m rad].
2.- El área bajo la curva de Estabilidad Estática corregida (GoZ) entre 0° y 40° (o 0° y el ángulo de inundación θf , si θf <40°) debe ser igual o superior a 0,090 [m rad].
3.- El área bajo la curva de Estabilidad Estática corregida (GoZ) entre 30° y 40° (o 30° y el ángulo de inundación θf , si θf <40°) debe ser igual o superior a 0,030 [m rad].
4.- El Brazo de Adrizamiento GoZ debe ser a lo menos 0,20 m a un ángulo de escora igual o mayor de 30°.
5.- El máximo Brazo de Adrizamiento debe ocurrir a un ángulo de escora que exceda 30°, pero nunca menor de 25°.
6.- La Distancia Metacéntrica GoM no debe ser menor de 0,15 m.

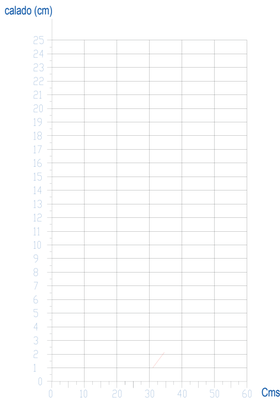
1.- 0.070 m2 / 57.3 = 1.22 mrad — cumple
2.- 0.110 m2 / 57.3 = 1.919 mrad — cumple
3.- 0.0405 m2/ 57.3 = 7.068 mrad — cumple
4.- GZ 2 cm en 35° — no cumple
5.- El máximo GZ se encuentra en los 35° cumple
6.- GoM es de 0.12 m — no cumple

Curvas Hidrostáticas Catamarán

En este capítulo, se presentan las curvas hidrostáticas del catamarán. Con el corte interior, teniendo así los datos hidrostáticos para su dimensión real







Curva 1: Desplazamiento Vol. Sumergido

Esta curva indica el volumen que contiene la embarcación en un determinado calado. Con ella se puede calcular el desplazamiento en agua dulce

Curva 2: Desplazamiento de Agua Salada

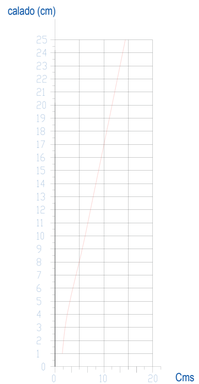
El agua salada es de peso especifico 1,025, debido a esto, el desplazamiento de la embarcación varía. Se ha multiplicado cada volumen por el peso específico nombrado

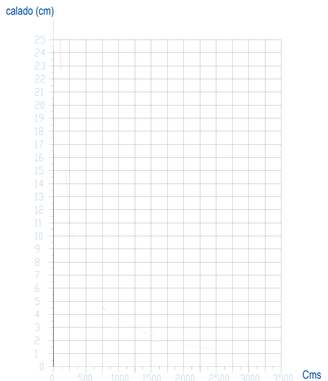
Curva 3: MidB

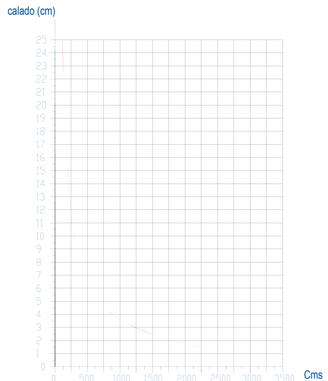
Posición del Centro de Boyantez "B" con respecto a la sección media en el plano longitudinal. Si se mide con respecto a la perpendicular de popa se denomina LCB. En este caso la medida corresponde a la distancia desde el centro de boyantez a la seccion media con respecto a la popa, por eso es llamado MidB.

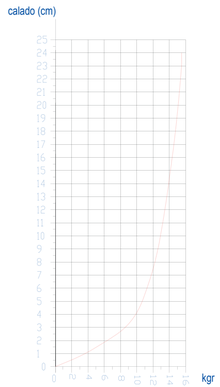
Curva 4: MidF

Es la posición del Centro de Flotación para cada calado con respecto a la sección media en el plano longitudinal. En este caso la medida corresponde a la distancia desde el centro de flotación a la sección media con respecto a la popa, por eso es llamado MidF.









Curva 5: KB

Es la altura del centro de boyantez sobre la quilla.
El centro de boyantez es el centro geométrico del volumen que está sumergido

Curva 6: BM

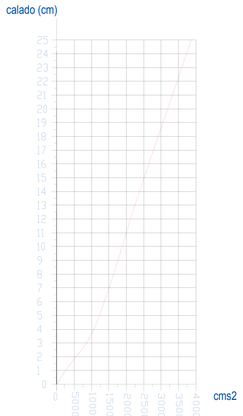
Radio Metacéntrico.
Para obtener este valor se divide la inercia del plano de flotación por el volumen sumergido de la embarcación

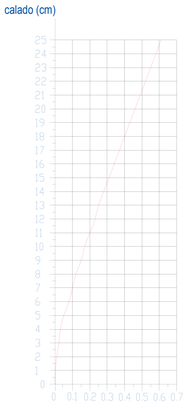
Curva 7: TKM

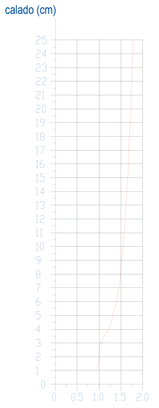
Altura del metacentro desde un corte transversal. Es la medida que existe desde la quilla al metacentro, medida en la vertical de la línea de crujía.

Curva 8: KPC

Es el número de centímetros cúbicos necesarios para provocar un cambio de calados de 1 cm. Esta curva sirve para calcular cual va a ser la variacion del calado si agrego o quito peso en una embarcación







Curva 9: Área de Superficie Mojada

Los valores dados por esta curva se usan principalmente para calcular las relaciones de velocidad y potencia que impliquen resistencia del forro exterior o bien tambien para calcular la cantidad de pintura necesaria para hacer una mantención

Curva 10: CM

Coeficiente de la sección maestra.
Es la relación entre el área de la sección maestra hasta la flotación máxima y el área del rectángulo determinado por la manga y el calado a esa flotación

Curva 11: CB

Coeficiente de bloque.
Es la relación entre el volumen sumergido y el volumen de un paralelepipedo rectangular determinado por la eslora, manga y calado

Curva 12: CP

Coeficiente Prismático.
Relación entre el volumen sumergido y el volumen de un prisma o cilindro cuya longitud es la eslora y la seccion constante el área de la sección maestra hasta la flotación máxima

Curvas Hidrostáticas Catamarán

Tabla de Información de Curvas Hidrostáticas

calado cm	volumen Lt	despl. salada Lt	despl. Dulce Lt	MidB cm	MidF cm	Kb cm	BM cm	TKM cm	KPC Kgr	area sup mojada cm2	CM	CB	CP
1	1	1,1	1	31	43	1,4	3391,7	3393,1	3,6	2459	0,96	0,002	0,002
2	4,7	4,8	4,7	34,1	44,2	1,7	1776,7	1778,4	6,3	5545	1	0,009	0,01
3	11,1	11,3	11,1	37	45,4	2	1230,7	1232,7	8,5	8522	1,04	0,022	0,02
4	19,7	20,1	19,7	39,4	46,5	2,4	803	805,4	9,8	10645	1,22	0,03	0,04
5	29,5	30,3	29,5	41,3	47,3	2,9	651,5	654,4	10,6	12255	1,32	0,05	0,06
6	40,2	41,2	40,2	42,4	47,3	3,8	509,2	513	11,2	13654	1,4	0,08	0,09
7	51,5	52,8	51,5	42,8	46,2	4,2	421,7	425,9	11,7	15000	1,46	0,1	0,11
8	63,3	64,8	63,3	42,7	44,3	4,8	363	367,8	12,2	16320	1,5	0,12	0,14
9	75,5	77,4	75,5	42,3	42,3	5,5	319,9	325,4	12,6	17580	1,52	0,15	0,17
10	88,1	90,3	88,1	41,8	40,8	6	284,7	290,7	12,9	18775	1,56	0,17	0,19
11	101	103,6	101	41,1	39,5	6,6	256,2	262,8	13,2	19945	1,58	0,2	0,22
12	114,2	117,1	114,2	40,4	38,1	7,2	233,6	240,8	13,4	21148	1,6	0,23	0,25
13	127,7	130,9	127,7	39,7	36,4	7,7	215,2	222,9	13,7	22420	1,62	0,25	0,28
14	141,4	145	141,4	39,1	34,4	8,2	200,2	208,4	13,9	23745	1,64	0,28	0,31
15	155,4	159,2	155,4	38,4	32,4	8,9	187,3	196,2	14,1	25098	1,66	0,31	0,35
16	169,5	173,7	169,5	37,7	30,7	9,3	174,7	184	14,3	26440	1,68	0,34	0,38
17	183,9	188,5	183,9	37	29,2	9,9	163	172,9	14,5	27785	1,68	0,37	0,41
18	198,5	203,4	198,5	36,3	27,7	10,5	152,3	162,8	14,7	29138	1,7	0,4	0,44
19	213,2	218,5	213,2	35,5	26,3	11	142,5	153,5	14,9	30505	1,72	0,43	0,48
20	228,2	233,9	228,2	34,7	24,9	11,5	133,7	145,2	15,1	31885	1,74	0,46	0,51
21	243,3	249,3	243,3	33,9	23,6	12,2	126,2	138,4	15,2	33268	1,74	0,49	0,54
22	258,5	265	258,5	33,2	22,3	12,6	119	131,6	15,3	34640	1,76	0,52	0,58
23	273,9	280,7	273,9	32,4	21	13,1	112,7	125,8	15,5	36000	1,76	0,55	0,61
24	289,4	296,6	289,4	31,7	19,7	13,8	107,2	121	15,5	37338	1,78	0,58	0,65
25	304,4	312	304,4	31	18,2	14,3	102,2	116,5		38642	1,78	0,61	0,68

Curvas Cruzadas Catamarán

Curvas Cruzadas Catamarán

Las curvas cruzadas nos muestran los valores de los brazos de adrizamiento GZ correspondiente a diversos ángulos de inclinación o escora. Se deben ubicar las diversas posiciones del centro de boyantez al escorar la embarcación ya que al escorar a distintos ángulos varia la forma geométrica de la carena y lógicamente varia también el centro de boyantez. Para la construcción de las curvas cruzadas de estabilidad se asume un KA, que en este caso es de 14,5 cm.

Se asume KA 14,5 cm

Cuadro de Estabilidad

Es otro modo gráfico de mostrar los brazos de adrizamiento.
En la columna derecha, se tienen los distintos desplazamientos y arriba los angulos de escora

	3°	10 °	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	grado escora
20	29,11	37,64	39,66	39,17	37,22	34,47	30,71	26,01	20,52	14,42	
40	21,65	36,38	39,9	38,98	37,22	34,48	30,71	26,01	20,52	14,42	
60	15,53	34,86	39,95	38,85	37,21	34,48	30,71	26,01	20,52	14,42	
80	11,34	32,87	39,69	38,83	37,2	34,47	30,7	26,01	20,52	14,42	
100	9	30,35	39,02	38,91	37,18	34,44	30,69	26,01	20,52	14,42	
120	7,86	27,54	37,98	38,97	37,17	34,43	30,68	26,01	20,52	14,43	
140	7,37	24,73	36,59	38,89	37,17	34,43	30,68	26,01	20,53	14,43	
160	7,11	22,24	34,88	38,54	37,2	34,49	30,71	26,01	20,53	14,43	
180	6,8	20,17	32,89	37,82	37,21	34,57	30,75	26,02	20,54	14,43	
200	6,4	18,38	30,65	36,73	37,1	34,62	30,79	26,02	20,54	14,43	
220	5,92	16,66	28,22	35,27	36,72	34,56	30,78	26,02	20,54	14,43	
240	5,36	14,83	25,65	33,43	35,95	34,31	30,71	26	20,53	14,44	
260	4,72	12,75	23,03	31,25	34,69	33,82	30,54	25,96	20,51	14,45	
280	3,92	10,79	20,69	29,09	33,23	33,15	30,26	25,84	20,41	14,46	
300	2,89	9,38	18,94	27,36	31,93	32,41	29,87	25,59	20,21	14,47	
Vol.Lts											

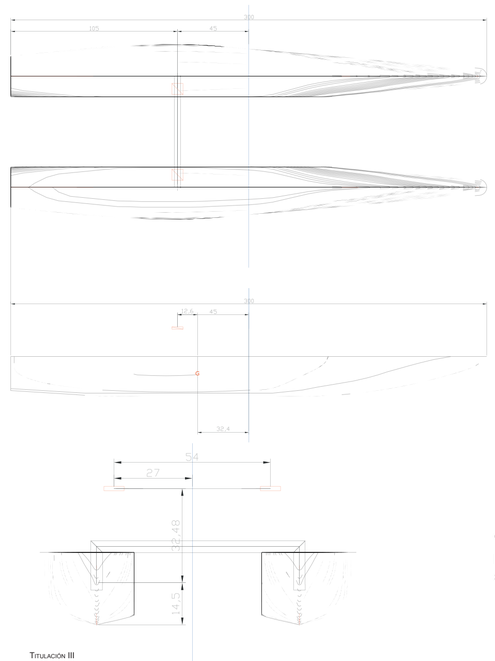
La corrección de KN se realiza sabiendo la posición real de G, luego del experimento de inclinación para luego construir la curva de estabilidad final.
La siguiente tabla, es un ejemplo de corrección donde se asume que la posición de G es 14,5 cm. Sin embargo es un resultado ficticio, ya que más adelante se efectúa el experimento para encontrar la real posición de G.

20 lt	KN	kg*sen°	GZ	40 lt	KN	kg*sen°	GZ	60 lt	KN	kg*sen°	GZ	80 lt	KN	kg*sen°	GZ	100 lt	KN	kg*sen°	GZ
3 g	29,11	0,754	**28,356**	3 g	21,65	0,754	**20,896**	3 g	15,53	0,754	**14,776**	3 g	14,34	0,754	**13,586**	3 g	9	0,754	**8,246**
10 g	37,64	2,5	**35,14**	10 g	36,68	2,5	**34,18**	10 g	34,86	2,5	**32,36**	10 g	32,87	2,5	**30,37**	10 g	30,35	2,5	**27,85**
20 g	39,66	4,93	**34,73**	20 g	39,9	4,93	**34,97**	20 g	39,95	4,93	**35,02**	20 g	39,69	4,93	**34,76**	20 g	39,02	4,93	**34,09**
30 g	39,17	7,25	**31,92**	30 g	38,98	7,25	**31,73**	30 g	38,85	7,25	**31,6**	30 g	38,83	7,25	**31,58**	30 g	38,91	7,25	**31,66**
40 g	37,22	9,28	**27,94**	40 g	37,22	9,28	**27,94**	40 g	37,21	9,28	**27,93**	40 g	37,2	9,28	**27,92**	40 g	37,18	9,28	**27,9**
50 g	34,47	11,02	**23,45**	50 g	34,48	11,02	**23,46**	50 g	34,48	11,02	**23,46**	50 g	34,47	11,02	**23,45**	50 g	34,44	11,02	**23,42**
60 g	30,71	12,55	**18,16**	60 g	30,71	12,55	**18,16**	60 g	30,71	12,55	**18,16**	60 g	30,7	12,55	**18,15**	60 g	30,69	12,55	**18,14**
70 g	26,01	13,61	**12,4**	70 g	26,01	13,61	**12,4**	70 g	26,01	13,61	**12,4**	70 g	26,01	13,61	**12,4**	70 g	26,01	13,61	**12,4**
80 g	20,52	14,26	**6,26**	80 g	20,52	14,26	**6,26**	80 g	20,52	14,26	**6,26**	80 g	20,52	14,26	**6,26**	80 g	20,52	14,26	**6,26**
90 g	14,42	14,5	**-0,08**	90 g	14,42	14,5	**-0,08**	90 g	14,42	14,5	**-0,08**	90 g	14,42	14,5	**-0,08**	90 g	14,42	14,5	**-0,08**
120 lt	**KN**	**kg*sen°**	**GZ**	**140 lt**	**KN**	**kg*sen°**	**GZ**	**160 lt**	**KN**	**kg*sen°**	**GZ**	**180 lt**	**KN**	**kg*sen°**	**GZ**	**200 lt**	**KN**	**kg*sen°**	**GZ**
3 g	7,86	0,754	**7,106**	3 g	7,37	0,754	**6,616**	3 g	7,11	0,754	**6,356**	3 g	6,8	0,754	**6,046**	3 g	6,4	0,754	**5,646**
10 g	27,54	2,5	**25,04**	10 g	24,73	2,5	**22,23**	10 g	22,24	2,5	**19,74**	10 g	20,17	2,5	**17,67**	10 g	18,38	2,5	**15,88**
20 g	37,98	4,93	**33,05**	20 g	36,59	4,93	**31,66**	20 g	34,88	4,93	**29,95**	20 g	32,89	4,93	**27,96**	20 g	30,65	4,93	**25,72**
30 g	38,97	7,25	**31,72**	30 g	38,89	7,25	**31,64**	30 g	38,54	7,25	**31,29**	30 g	37,82	7,25	**30,57**	30 g	36,73	7,25	**29,48**
40 g	37,17	9,28	**27,89**	40 g	37,17	9,28	**27,89**	40 g	37,2	9,28	**27,92**	40 g	37,21	9,28	**27,93**	40 g	37,1	9,28	**27,82**
50 g	34,43	11,02	**23,41**	50 g	34,43	11,02	**23,41**	50 g	34,49	11,02	**23,47**	50 g	34,57	11,02	**23,55**	50 g	34,62	11,02	**23,6**
60 g	30,68	12,55	**18,13**	60 g	30,68	12,55	**18,13**	60 g	30,71	12,55	**18,16**	60 g	30,75	12,55	**18,2**	60 g	30,79	12,55	**18,24**
70 g	26,01	13,61	**12,4**	70 g	26,01	13,61	**12,4**	70 g	26,01	13,61	**12,4**	70 g	26,02	13,61	**12,41**	70 g	26,02	13,61	**12,41**
80 g	20,52	14,26	**6,26**	80 g	20,53	14,26	**6,27**	80 g	20,53	14,26	**6,27**	80 g	20,54	14,26	**6,28**	80 g	20,54	14,26	**6,28**
90 g	14,43	14,5	**-0,07**	90 g	14,43	14,5	**-0,07**	90 g	14,43	14,5	**-0,07**	90 g	14,43	14,5	**-0,07**	90 g	14,43	14,5	**-0,07**
220 lt	**KN**	**kg*sen°**	**GZ**	**240 lt**	**KN**	**kg*sen°**	**GZ**	**260 lt**	**KN**	**kg*sen°**	**GZ**	**280 lt**	**KN**	**kg*sen°**	**GZ**	**300 lt**	**KN**	**kg*sen°**	**GZ**
3 g	5,92	0,754	**5,166**	3 g	5,36	0,754	**4,606**	3 g	4,72	0,754	**3,966**	3 g	3,92	0,754	**3,166**	3 g	2,89	0,754	**2,136**
10 g	16,66	2,5	**14,16**	10 g	14,83	2,5	**12,33**	10 g	12,75	2,5	**10,25**	10 g	10,79	2,5	**8,29**	10 g	9,38	2,5	**6,88**
20 g	28,22	4,93	**23,29**	20 g	25,65	4,93	**20,72**	20 g	23,03	4,93	**18,1**	20 g	20,69	4,93	**15,76**	20 g	18,94	4,93	**14,01**
30 g	35,27	7,25	**28,02**	30 g	33,43	7,25	**26,18**	30 g	31,25	7,25	**24**	30 g	29,09	7,25	**21,84**	30 g	27,36	7,25	**20,11**
40 g	36,72	9,28	**27,44**	40 g	35,95	9,28	**26,67**	40 g	34,69	9,28	**25,41**	40 g	33,23	9,28	**23,95**	40 g	31,93	9,28	**22,65**
50 g	34,56	11,02	**23,54**	50 g	34,31	11,02	**23,29**	50 g	33,82	11,02	**22,8**	50 g	33,15	11,02	**22,13**	50 g	32,41	11,02	**21,39**
60 g	30,78	12,55	**18,23**	60 g	30,71	12,55	**18,16**	60 g	30,54	12,55	**17,99**	60 g	30,26	12,55	**17,71**	60 g	29,87	12,55	**17,32**
70 g	26,02	13,61	**12,41**	70 g	26	13,61	**12,39**	70 g	25,96	13,61	**12,35**	70 g	25,84	13,61	**12,23**	70 g	25,59	13,61	**11,98**
80 g	20,54	14,26	**6,28**	80 g	20,53	14,26	**6,27**	80 g	20,51	14,26	**6,25**	80 g	20,41	14,26	**6,15**	80 g	20,21	14,26	**5,95**
90 g	14,43	14,5	**-0,07**	90 g	14,44	14,5	**-0,06**	90 g	14,45	14,5	**-0,05**	90 g	14,46	14,5	**-0,04**	90 g	14,47	14,5	**-0,03**

Experimento de Inclinación y Curva de Estabilidad Catamarán

Experimento Catamarán persona sentada

El experimento se realiza con el casco cortado para obtener la posición de G con una persona sentada
Los valores están expresados en escala real, sin embargo se hace la prueba con un modelo 1.3



Datos obtenidos

w =	27K
W =	84.4LT
GG1 =	x
gg1 =	54cm
L =	18cm
S =	6cm

Eslora: 300 cm
Manga: 110 cm
Puntal: 25 cm
Calado: 12 cm

Cálculo GM y KG

W x GG1 = w x gg1
84.4 x GG1 = 27 x 54
GG1 = 17.27 cm

$$TGΘ = \frac{6}{18}$$

$$GM = \frac{27x\ 54\ x\ 18}{84.4\ x\ 6} = 51.82\ cm$$

Por curvas hidrostáticas se tiene:

KM = 240.94 cm
KB = 7.26 cm
BM = 233.68 cm

Por cálculo se tiene que:

KG = KM - GM

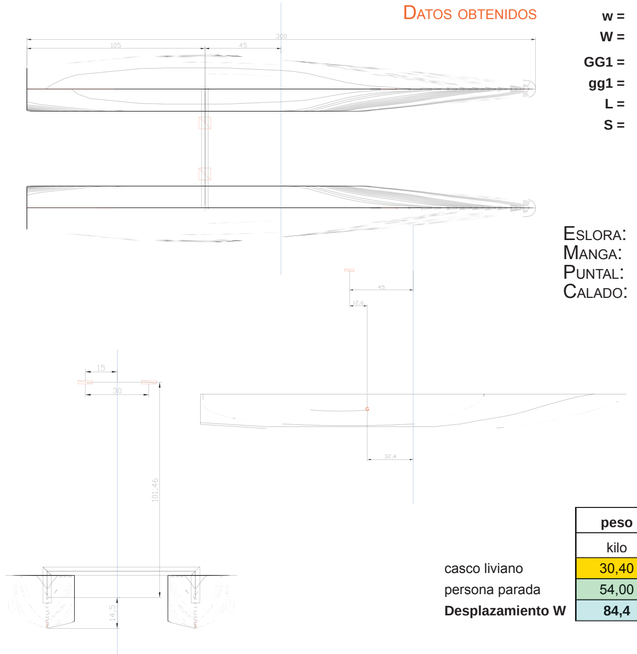
35.28 = KM - 51.82

KM = 87.1 cm

	peso	Mid G	Mto Longit	KG	Mto Vertic	Lat G	Mto Lat
	kilo	cm	k/cm	cm	k/cm	cm	k/cm
casco liviano	30,40	26,20	796	14,50	441	0,000	0
persona sentada	54,00	45,00	2430	46,98	2537	0,00	0
	84,4	**38,23**	3.226	**35,28**	2.978	**0,000**	0

Experimento Catamarán persona parada

El experimento se realiza con el casco aun no cortado para ser utilizado en otras mediciones
Los valores están expresados en escala real, sin embargo se hace la prueba con un modelo 1.3



Datos obtenidos

w =	27K
W =	84.4LT
GG1 =	x
gg1 =	30cm
L =	87cm
S =	5.1cm

Eslora:	300 cm
Manga:	110 cm
Puntal:	25 cm
Calado:	12 cm

Cálculo GM Y KG

W x GG1 = w x gg1
84.4 x GG1 = 27 x 30
GG1 = 9.59 cm

$$TG\theta = \frac{5.1}{87}$$

$$GM = \frac{27 \times 30 \times 87}{84.4 \times 5.1} = 163.71 \text{ cm}$$

Por curvas hidrostáticas :
KM = 240.94cm
KB = 7.26 cm
BM = 233.68 cm

Por cálculo se tiene:

KG = KM - GM

79.42 = KM - 163.71

KM = 243.13 cm

	peso	Mid G	Mto Longit	KG	Mto Vertic	Lat G	Mto Lat
	kilo	cm	k/cm	cm	k/cm	cm	k/cm
casco liviano	30,40	26,20	796	14,50	441	0,000	0
persona parada	54,00	45,00	2430	115,96	6262	0,00	0
Desplazamiento W	**84,4**	**38,23**	3.226	**79,42**	6.703	**0,000**	0

Corrección de la Curva de Estabilidad Inicial persona sentada

Valores entregados en Curvas Cruzadas

Ang Escora	KN
0°	0
3°	10,69
10°	32,35
20°	39,58
30°	38,84
40°	37,19
50°	34,46
60°	30,7
70°	26,01
80°	20,52
90°	14,42

La construcción de la curva de estabilidad inicial se realiza con los KN entregados en las curvas cruzadas, es decir, la vista de esta curva es la proyección de la ordenada de 84.5 Lts en las cruzadas si se mirara en un modo de tres dimensiones.

Tablatura de cálculos para corregir GZ

W = 84.5Lts KGo = 35.28cms

Ang Escora	KN	AGo	senAng Esc agx senAng		GoZ
0°	0	35,28	0	0	0
3°	10,69	35,28	0,052	1,834	8,855
10°	32,35	35,28	0,174	6,138	26,211
20°	39,58	35,28	0,342	12,065	27,514
30°	38,84	35,28	0,5	17,64	21,2
40°	37,19	35,28	0,642	22,649	14,540
50°	34,46	35,28	0,766	27,024	7,435
60°	30,7	35,28	0,866	30,552	0,147
70°	26,01	35,28	0,939	33,127	-7,117
80°	20,52	35,28	0,984	34,715	-14,195
90°	14,42	35,28	1	35,28	-20,86

AT indica los valores de GZ (KN) con G asumido
AGo es el valor de GZ asumido para la construcción de Curvas Cruzadas y de Estabilidad Inicial.
La cuarta columna es el seno del ángulo de la escora utilizada

Para corregir el KN se resta al valor actual el producto entre AGo y el seno del angulo de la escora (ag xsenAng)... obteniendo así GoZ.
Ejemplo:

KN en 10° es 32.35
AGo 35.28 x senAng 0.174 = ag x senAng 6.138

luego 32.35 - 6.138 = 26.211 GoZ

Con los valores obtenido en la columna GoZ ya se puede construir la Curva de Estabilidad Final

Curva de Estabilidad Estática Final

Ahora que se tiene ya la Curva de Estabilidad Estática se debe analizar el área bajo la curva, para ver si cumple con los requerimientos (OMI)

Se pueden utilizar 2 métodos : Simpson y Trapecios

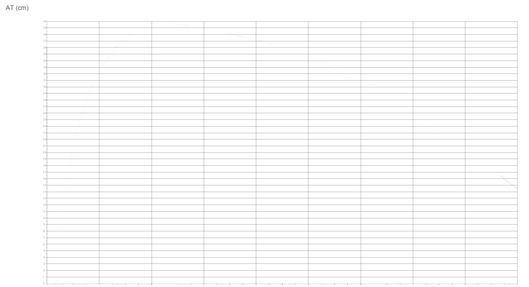
Normas OMI acerca de la estabilidad de las naves

1.- El área bajo la Curva de Estabilidad Estática corregida (GoZ) entre 0° y 30° debe ser igual o superior a 0,055 [m rad].
2.- El área bajo la curva de Estabilidad Estática corregida (GoZ) entre 0° y 40° (o 0° y el ángulo de inundación θf , si θf <40°) debe ser igual o superior a 0,090 [m rad].
3.- El área bajo la curva de Estabilidad Estática corregida (GoZ) entre 30° y 40° (o 30° y el ángulo de inundación θf , si θf <40°) debe ser igual o superior a 0,030 [m rad].
4.- El Brazo de Adrizamiento GoZ debe ser a lo menos 0,20 m a un ángulo de escora igual o mayor de 30°.
5.- El máximo Brazo de Adrizamiento debe ocurrir a un ángulo de escora que exceda 30°, pero nunca menor de 25°.
6.- La Distancia Metacéntrica GoM no debe ser menor de 0,15 m.

1.- 5.146 m2 / 57.3 = 0.089 mrad	CUMPLE
2.- 6.5756 m2 / 57.3 = 0.114 mrad	CUMPLE
3.- 1.4217 m2/ 57.3 = 0.024 mrad	NO CUMPLE
4.- GZ 21.22 cm en 30°	CUMPLE
5.- El máximo GZ esta en 16.8°	NO CUMPLE
6.- GoM es de 0.51 m	CUMPLE

Corrección de la Curva de Estabilidad Inicial persona parada

Valores entregados en Curvas Cruzadas



Ang Escora	KN
0°	0
3°	10,69
10°	32,35
20°	39,58
30°	38,84
40°	37,19
50°	34,46
60°	30,7
70°	26,01
80°	20,52
90°	14,42

La construcción de la curva de estabilidad inicial se realiza con los GZ entregados en las curvas cruzadas (KN), es decir, la vista de esta curva es la proyección de la ordenada de 84.5 Lts en las cruzadas si se mirara en un modo de tres dimensiones.

Tablatura de cálculos para corregir GZ

W = 84.5Lts KGo = 79.42 cm

Ang Escora	KN	AGo	senAng Esc agx senAng		GoZ
0°	0	79,42	0	0	0
3°	10,69	79,42	0,052	4,129	6,560
10°	32,35	79,42	0,174	13,819	18,530
20°	39,58	79,42	0,342	27,161	12,418
30°	38,84	79,42	0,5	39,71	-0,87
40°	37,19	79,42	0,642	50,987	-13,797
50°	34,46	79,42	0,766	60,835	-26,375
60°	30,7	79,42	0,866	68,777	-38,077
70°	26,01	79,42	0,939	74,575	-48,565
80°	20,52	79,42	0,984	78,149	-57,629
90°	14,42	79,42	1	79,42	-65

KN indica los valores de GZ con G asumido
AGo es el valor de GZ asumido para la construcción de Curvas Cruzadas y de Estabilidad Inicial.
La cuarta columna es el seno del ángulo de la escora utilizada

Para corregir el KN se resta al valor actual el producto entre AGo y el seno del angulo de la escora (ag xsenAng)... obteniendo así GoZ.
Ejemplo:

KN en 10° es 32.35
AGo 79.42 x senAng 0.174 = ag x senAng 13.819

luego 32.35 - 13.819 = 18.53 GoZ

Con los valores obtenido en la columna GoZ ya se puede construir la Curva de Estabilidad Final

Curva de Estabilidad Estática Final

Ahora que se tiene ya la Curva de Estabilidad Estática se debe analizar el área bajo la curva, para ver si cumple con los requerimientos (OMI)

Se pueden utilizar 2 métodos : Simpson y Trapecios

Normas OMI acerca de la estabilidad de las naves

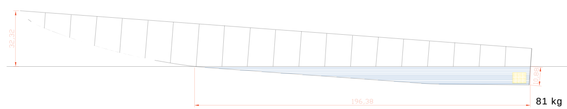
1.- El área bajo la Curva de Estabilidad Estática corregida (GoZ) entre 0° y 30° debe ser igual o superior a 0,055 [m rad].
2.- El área bajo la curva de Estabilidad Estática corregida (GoZ) entre 0° y 40° (o 0° y el ángulo de inundación θf , si θf <40°) debe ser igual o superior a 0,090 [m rad].
3.- El área bajo la curva de Estabilidad Estática corregida (GoZ) entre 30° y 40° (o 30° y el ángulo de inundación θf , si θf <40°) debe ser igual o superior a 0,030 [m rad].
4.- El Brazo de Adrizamiento GoZ debe ser a lo menos 0,20 m a un ángulo de escora igual o mayor de 30°.
5.- El máximo Brazo de Adrizamiento debe ocurrir a un ángulo de escora que exceda 30°, pero nunca menor de 25°.
6.- La Distancia Metacéntrica GoM no debe ser menor de 0,15 m.

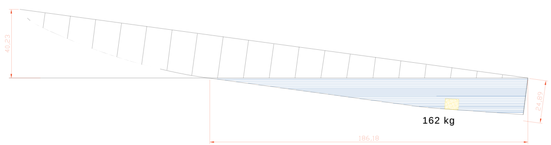
1.- 2.44 m2 / 57.3 = 0.042 mrad	NO CUMPLE
2.- 1.855 m2 / 57.3 = 0.032 mrad	NO CUMPLE
3.-	NO CUMPLE
4.- GZ -0.87 cm en 30°	NO CUMPLE
5.- El máximo GZ esta en 12°	NO CUMPLE
6.- GoM es de 1.63 m	CUMPLE

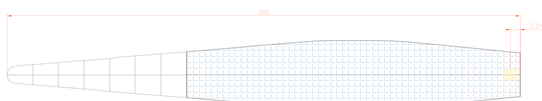
Se asume que los requerimientos no son cumplidos ya que al estar una persona de pie, provoca una subida abrupta del Centro de Gravedad, lo cual convierte a la nave en un objeto totalmente inestable en relacion a sus medidas (manga, eslora, calado)

Resistencias Máximas

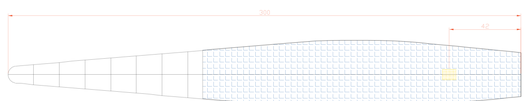
Se prueba el modelo individual ubicando en popa, proa y centro de gravedad un peso que se va agregando, estos es para saber de un modo práctico cual es el peso que soportan estos puntos, es decir, con que peso agregado obtengo el tope con la línea de inundación. Tal como en los casos anteriores, se utiliza la fórmula peso dividido por escala al cubo.







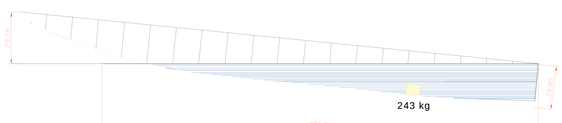
Superficie en contacto con agua



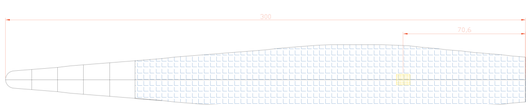
Superficie en contacto con agua

SALIDA QUILLA

81 K EN G
6,4 CM CALADO



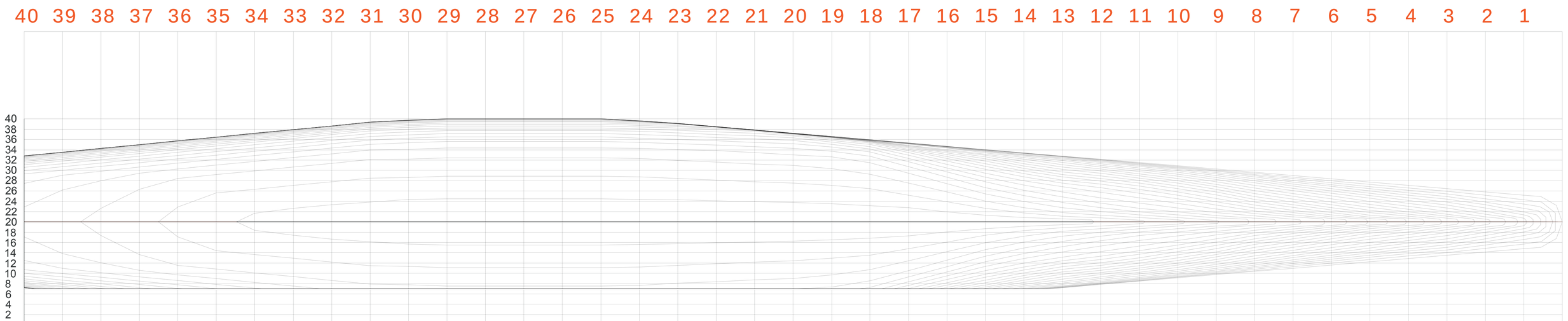
162 K EN G
10 CM CALADO



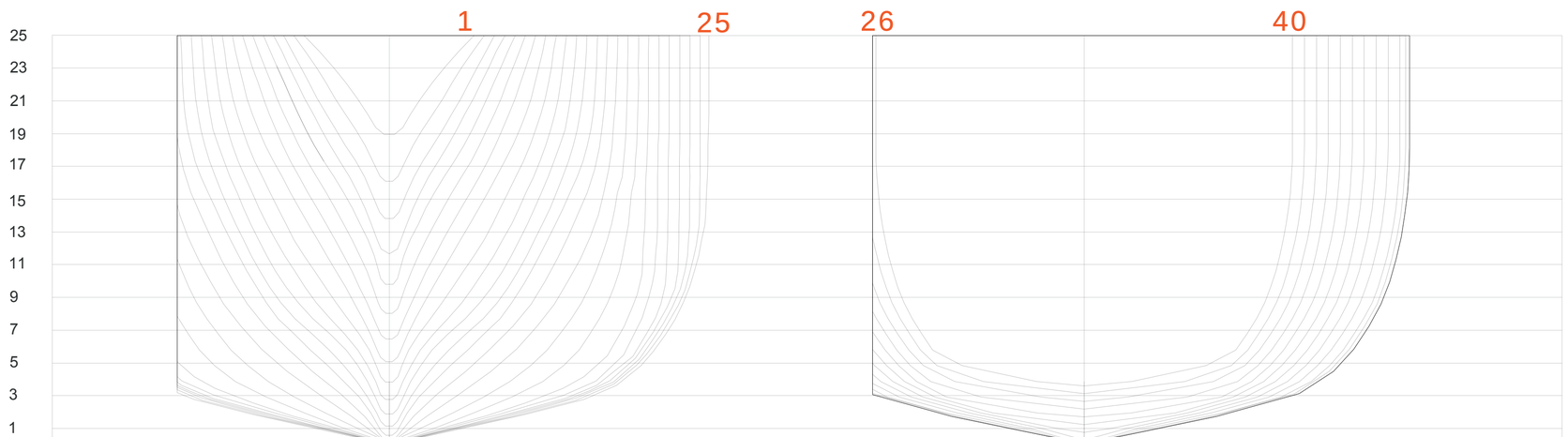
Superficie en contacto con agua

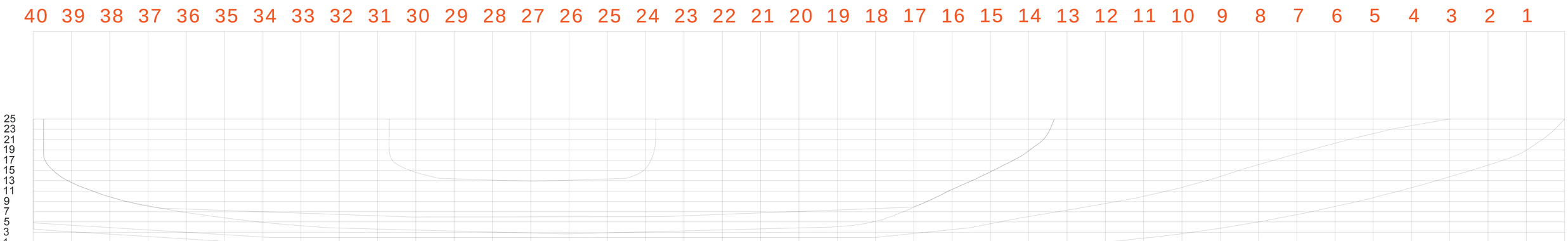
243 K EN G
16 CM CALADO

Plano de Línea Longitudinal



Plano de Línea Transversal



Eslora:	300cm
Manga:	máxima 140 cm, mínima 66 cm
Puntal:	25 cm
Desplazamiento:	304 Lt
Material:	Plástico reforzado con Espuma de Poliuretano

Plano de Línea Lateral