

PROCESO DE DISEÑO, CÁLCULO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA EMBARCACIÓN MENOR



PROYECTO FINAL DE CARRERA

J O S É A N T O N I O S Á N C H E Z
M A R T Í N

D.N.I 79282284-L

TUTOR DEL PROYECTO:

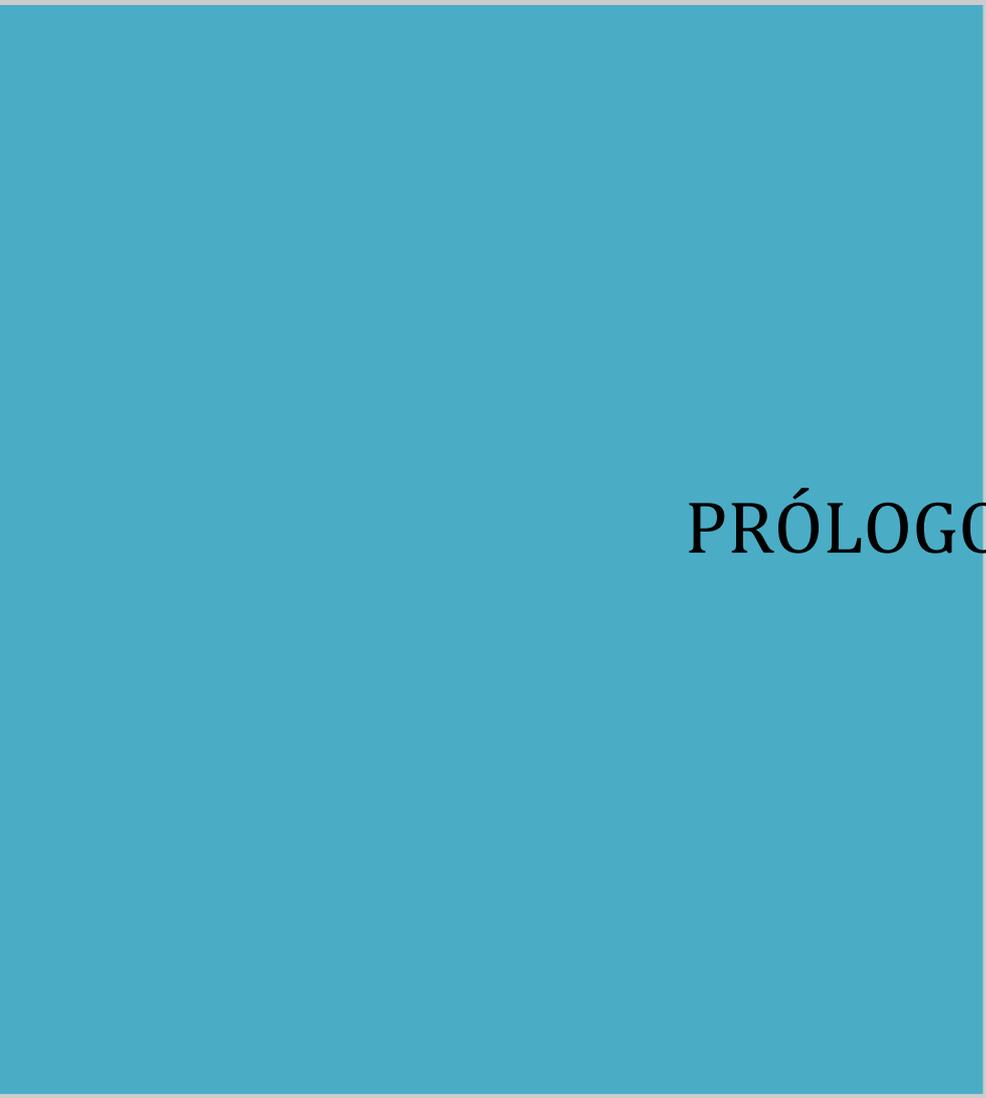
JORDI TORRALBO GAVILÁN

ÍNDICE

	Pág.
1. Prólogo	
1.1 Introducción, Motivaciones personales y objetivos	6-7
2. Introducción Histórica de las embarcaciones	8
2.1 Embarcaciones en madera	9-10
2.1.1 Tipos de madera	10-13
2.1.2 métodos construcción en madera	13-19
2.1.2.1 Técnicas tradicionales	13-14
2.1.2.2 Técnicas modernas	15-19
2.1.2 Establecer método elegido para la construcción del modelo.	19
2.2 Embarcaciones y métodos de construcción en fibra	(20-29)
2.2.1 Tipos de materiales compuestos y métodos construcción	21-28
2.2.2 Establecer método elegido y motivos elección	29
3. Construcción del modelo 3D y pasos constructivos	
3.1 Datos para la creación de la Embarcación 3D	31
3.2. Manual diseño embarcación con el programa 3D Rhinoceros.	(32-78)
3.2.1. Líneas básicas	32
3.2.2. Cuadernas	32-35
3.2.2.2 Alineación de cuadernas	35-38
3.2.3. Casco	38-39
3.2.4. Capas	40
3.2.5. Estructura 3D	40-44
3.2.6. Cuadernas y peto popa 3D	44-46
3.2.6.1 Estructura de las cuadernas	47-52
3.2.6.2 Recorte de las cuadernas	52-55
3.2.7. Larguerillos de refuerzo	55-59
3.2.8. Plan	59-60
3.2.9. Tapa de regala	61-62

3.2.9.1 Barraganetes	62-63
3.2.10. Armazón para la poceta motor	64-66
3.2.11. Cubierta de proa	66-67
3.2.12. Roda laminada	67-68
3.2.13. Quilla biselada	69-70
3.2.14. Asientos para los pasajeros	70-71
3.2.1 Proceso de alisado de la superficie	72-74
3.3 Presentación final (video de ensamblaje)	75
3.4 Planos 2D	76-78
3.5 Características del modelo	80-98
3.5.1 Calculo de espesores	80-87
3.5.2 Cálculos hidrodinámicos	88-94
3.5.3 Cálculos de resistencia método Holtrop & Mennen	94-98
3.5.4 Formación de olas	99
4. Presentación material a utilizar	100-101
5. Presupuesto del modelo	102-103
6. Procedimiento constructivos del modelo	(104-154)
6.1 Falsas cuadernas	106-107
6.2 Peto de popa	108-110
6.3 Cuadernas 1,2,3 y 4	110-112
6.4 Roda	112-114
6.5 Cortar cuadernas y el peto de popa	115-116
6.6 Base de construcción (B.S)	117-120
6.7 Montaje de las cuadernas sobre B.S	120-124
6.8 Unión de la quilla interior con la roda	124-125
6.9 Unión de los refuerzos a las cuadernas	125-127
6.9.1 Quilla central junto a la roda	127
6.9.2 Vagras de pantoque	128

6.9.3 Abrazadera de arrufo	128-129
6.10 Perfilado	129-130
6.11 Masilla y lijado	130
6.12 Colocación del forro	(130-134)
6.12.1 Forro de fondo	130-133
6.12.2 Forro de costado	134
6.13 Construcción interna	134-143
6.13.1 Const. Del pique de proa	135-136
6.13.2 Const. Del Pañol	137
6.13.3 Cubierta de proa	137-138
6.13.4 Plan	139-140
6.13.5 Poceta motor y asientos del piloto	140-142
6.13.6 Bancada central	142-143
6.14 Tapa de regala	143-144
6.15 Falsa quilla y quilla externa	144-146
6.16 Masilla	146-148
6.17 Laminado por fibra de vidrio y resina epoxi	(148-155)
6.17.1 Curado	152
6.17.2 Laminado exterior del casco	153-155
6.17.3 Laminado interior del casco	155
6.18 Lijado y masillado	156
6.19 Pintado	157-163
7. Conclusiones	164-167
8. Agradecimientos	168-169
9. Anexo	(170-189)
9.1 Desglose de imágenes, imp. De pantalla fotografías	170-177
9.2 Gráfocas Holtrop	179-182
9.3 Especificaciones de motores fuera borda recomendados	183-185
9.4 Fotografías Sánchez Noguera	186-188
10. Bibliografía	189-191



PRÓLOGO

1.1 Introducción

El hombre, ha tenido y tiene desde sus inicios el afán y la necesidad de construir artilugios, que en la mayoría de los casos tienen como única finalidad hacer un trabajo más cómodo, sencillo y rápido.

Por otra parte, un gesto que nos caracteriza es el ímpetu que ponemos en el ocio, tiempo que empleamos para nuestro disfrute y divertimento. Por ello el ser humano ha dedicado prácticamente la mayoría de su tiempo en crear nuevas formas de disfrutar con diferentes objetos.

No es diferente, en el ámbito náutico. Los primeros hombres, utilizaban el mar por necesidad; salieron a navegar porque tenían la necesidad de alimentarse, querían expandirse, explorar nuevos territorios, ya que les invadía una gran curiosidad.

La vela considerada como deporte, se podría decir que es reciente. Surgió en los países bajos en el siglo XVI, que por entonces eran una potencia naval. Las embarcaciones de pesca y transporte se utilizaban ocasionalmente con fines de recreo. Pero estos fines lúdicos eran únicamente para la nobleza debido a su alto coste.

No obstante, con la aparición de nuevos materiales, como la madera contrachapada, permitió a los diseñadores y constructores realizar embarcaciones más sólidas y ligeras, con un coste bastante inferior.

Otros factores como el aumento progresivo del tiempo de ocio y del poder adquisitivo de las personas, actuaron como detonante para que el público se interesase cada vez más por esta afición y lo hiciera más accesible para un mayor número de personas.

Las pequeñas embarcaciones de vela, se hicieron muy populares durante la década de los sesenta y posteriores. La sencillez de construcción con estos nuevos materiales hizo que esta clase de embarcaciones se propagara con rapidez, traduciendo esto en muchas pequeñas empresas dedicadas a la construcción, que abastecían a un público cada vez mayor.

Esta pauta ha seguido firme y en mayor o menor medida en una constante progresión. De este interés por la náutica y el sueño de poseer una embarcación propia, surge el siguiente proyecto.

1.2 Motivaciones personales y Objetivos

Al finalizar el curso académico, se pide a los estudiantes que realicen un proyecto, donde se deben quedar expuestos todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.

De las múltiples propuestas, creo como el más conveniente en referencia a los valores antes mencionados el proyecto que aquí se presenta.

La motivación principal que lleva a la realización de este proyecto, viene de la necesidad de asentar todos los conocimientos adquiridos a lo largo de mi trayectoria universitaria, cálculos de resistencias, estudio de espesores, esfuerzos, etc...

Es por ello que decido realizar un manual de diseño para una embarcación modelo. En este manual se expone todo el proceso de diseño, estudio y construcción a pequeña escala, para la realización de una embarcación modelo.

Otro factor que motiva la creación de este manual, es el hecho de no encontrar, en documentación escrita, manuales como el que aquí se trata. Ya que o bien, presentan los pasos técnicos para el estudio hidrodinámico de una embarcación o únicamente los pasos constructivos de esta.

Es por ello que se cree interesante, establecer un manual que recoja todos los pasos para la construcción de una embarcación desde su inicio hasta su finalización.

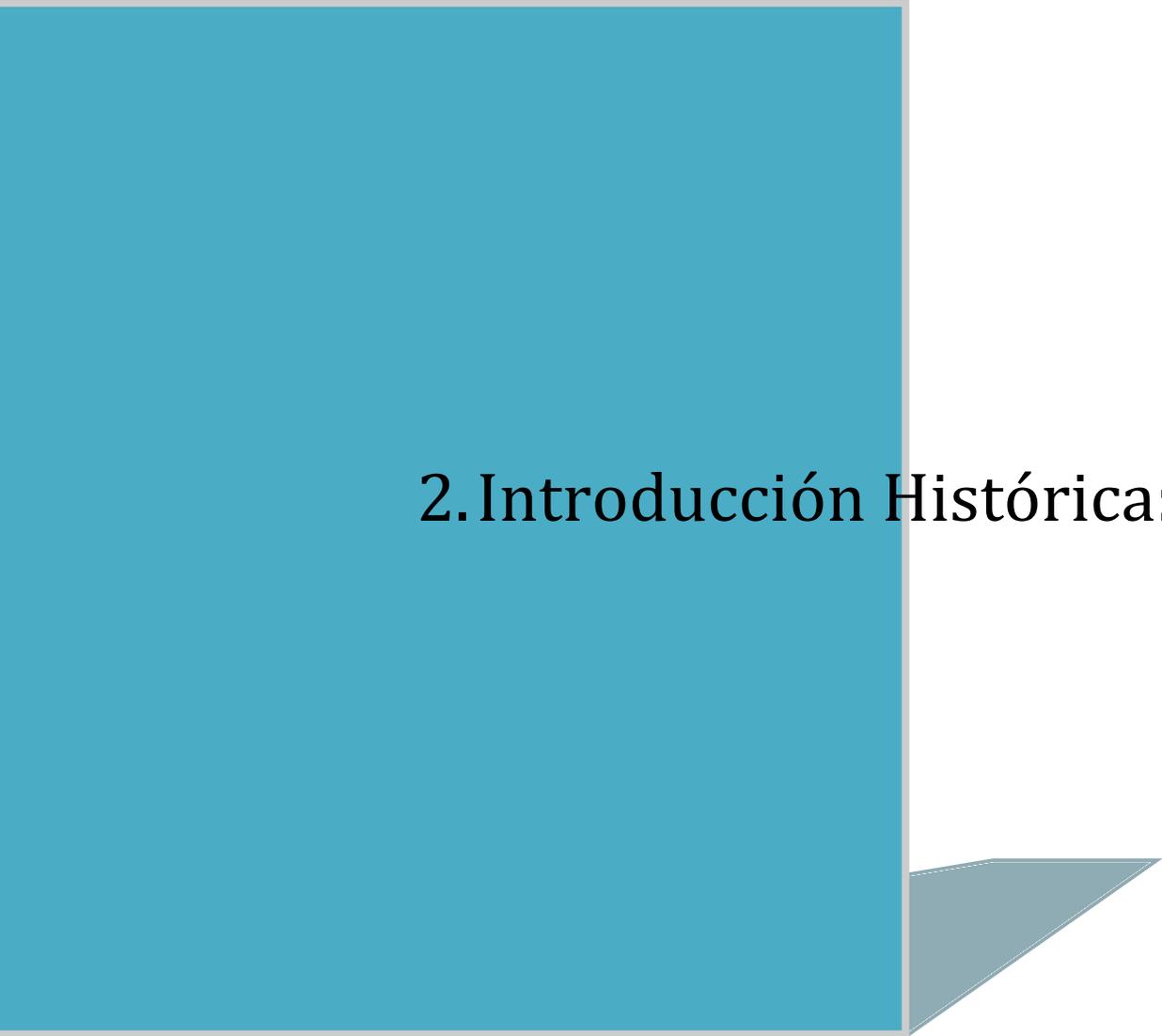
Se disponen planos, pasos a seguir, documentación, fotografías, cálculos, videos explicativos,... en definitiva todo lo necesario para asegurar el buen funcionamiento de la embarcación aquí tratada.

Otro ámbito de motivación personal para la realización de dicho manual, es el hecho de tener la total certeza de que a lo largo del proyecto surgirán múltiples y variados problemas.

Es por ello que aún si cabe me interesa más su realización, ya que estos problemas me llevarán a tener contacto con múltiples personas del mundo naval, ya sean proveedores, oficina técnica, administración, ingenieros etc...

Como objetivo principal se establece la creación de un manual de diseño para una embarcación tipo. Con el propósito de disponer de una guía de fácil comprensión, donde los procesos tanto técnicos como constructivos queden perfectamente definidos.

Se hace hincapié en establecer que este manual no pretende ser un texto didáctico sobre el funcionamiento de la hidrodinámica, esfuerzos, resistencias, etc..., es por ello que se dan por conocidos todos los conocimientos relacionados con la ingeniería náutica.



2. Introducción Histórica:

2. Introducción histórica de las embarcaciones:

La madera en la construcción naval:

El ser humano ha navegado desde su pasado más remoto, aunque las pruebas directas más antiguas de ello corresponden al Mesolítico.

A Australia se llegó hace más de 40.000 años desde la costa del Sudoeste cruzando cortos tramos de los estrechos, estas primeras embarcaciones eran extremadamente rudimentarias pero cumplían su objetivo. Se trataba y por tanto se puede considerar como la primera embarcación de troncos vaciados, que formaban una canoa rudimentaria.



Imagen 1



Imagen 2 Fotografía tomada en el MM NV

El hombre pronto experimento con nuevas formulas para poder navegar más lejos con mayor capacidad de transporte y con mayor seguridad.

Para poder adentrarse más en el mar tendrían que utilizar troncos amarrados entre sí con cuerdas, formando embarcaciones más sólidas.

Se han encontrado múltiples muestras, donde se puede observar claramente que estos hombres más avanzados eran capaces de realizar embarcaciones de hasta 15 metros de eslora y una manga de más de 1,5 metros.

El tipo de navegación en aquellos tiempos se realizaba bien por aguas interiores o bordeando la costa intentando evitar adentrarse en alta mar siempre que se podía. En muchas ocasiones no eran tanto problemas técnicos como supersticiones, ya que incluso en tiempos modernos el mar siempre ha sido víctima de innumerables leyendas y cábalas.

Lógicamente, también la época del año era importante, la más conveniente era el verano por las condiciones climáticas existentes.

Se desarrolló el comercio, la navegación y difusión cultural con mayor rapidez en las zonas de mar tranquilo. Donde la mayor parte del año se podía navegar, es decir, a lo largo del Mediterráneo

En los procesos de fabricación de las primeras embarcaciones está presente como único referente el uso de la madera. Ya sea ensamblando troncos o juncos entre ellos, aprovechando las corrientes para desplazarse. Como el vaciado de troncos para formar una canoa.

Hasta mediados del siglo XIX la madera fue el único material empleado en la

construcción de cascos y estructuras de los buques.

Más ligera que el agua y muy resistente en relación con su peso específico, presenta grandes dificultades de ensamblaje por lo que las dimensiones de los mayores buques de la época tuvieron un límite de entre los 60 y los 70 metros de eslora. También es así en los mástiles, que en sus inicios se formaban de una única pieza o tronco.

Se daban dos técnicas de construcción:

Las maderas superpuestas a partir de la quilla sin cuadernas (técnica que usaron los vikingos) o las maderas unidas y calafateadas sobre quilla y cuadernas.



Imagen 3 técnica de unión mediante calafateo

El calafateo: Técnica que consiste en introducir entre cada dos tablas estopa y brea, de manera que se evite la entrada de agua por las pequeñas separaciones que quedan entre los tablones.

Hasta el siglo XVII no empezaron las primeras construcciones en metal, mientras que los materiales plásticos y los compuestos de fibra de vidrio o carbono con resinas epoxi empezaron en el siglo XX.

También en el siglo XX, se han desarrollado técnicas de epoxidización de maderas lo que las hace más duraderas y resistentes y han abierto un nuevo camino en la construcción de barcos en madera.

2.1.1 Tipos de madera

En este apartado únicamente se tratan las maderas propias de la construcción naval. Quedando sin definir otras muchas debido a que no es el objetivo del proyecto su definición.

Dentro de cada categoría de madera pueden encontrarse variedades como en el caso del roble, roble rojo, roble americano, etc.... que, conjuntamente con el pino, es la madera que produce mayores variedades aptas para la construcción naval.

Principalmente se tratan 7 tipos de maderas:

- Roble
- Roble Rojo
- Teka
- Cedro
- Fresno
- Olmo
- Abeto

ROBLE



Imagen 4, Roble

Se trata de la madera más utilizada en Europa y América del norte, para construcción naval.

Tiene una buena durabilidad en agua de mar, del orden de 12 años. Es una de las maderas más resistentes después de la Teka.

El peso específico oscila entre 720 Kg/m^3 a 890 Kg/m^3 . No se suele utilizar para forros debido a su alto peso específico.

Necesita de un periodo de estacionamiento elevado para evitar la posible aparición de alabeos o grietas.

ROBLE ROJO



Imágen 5, Roble Rojo

Variedad del roble, originario de EE.UU. y Canadá, es una madera de grano recto y textura basta, de veteado menos atractivo que el roble blanco. Como resultado se obtienen buenos acabados, y su peso medio específico es de 790 Kg/m^3 .

TEKA



Imagen 6, Teka

La teka originaria de Birmania, tiene la gran singularidad de contener características particulares que no se dan en otras maderas conocidas. La más conocida sin duda es su capacidad de resistencia al fuego.

Otra particularidad de la teka, es que permite ser secada de pie, sin que afecte a su duramen.

Su durabilidad en medios de aguas saladas parece ser ilimitada, no siendo así en aguas dulces.

Su peso específico es de 660 Kg/m^3 . Reúne pues la teka los requisitos de la madera más adecuada a la construcción naval, con la ventaja inalcanzable para otras especies de que, en la parte mojada del casco, soporta mejor que ninguna sus efectos.

CEDRO



Imagen 7, Cedro

EL cedro es otra de las maderas más utilizadas en la construcción naval, especialmente en forros, debido a que soporta muy bien sumergida el ataque de microorganismos

Se trata de una madera moderadamente pesada, al punto de variar su peso específico entre 500 kg/m^3 a 820 kg/m^3 . No admite ser utilizada para piezas muy curvadas, dobladas al vapor, pues es débil su resistencia a la flexión, ya que se vuelve quebradiza.

FRESNO



Imagen 8, Fresno

El Fresno es una especie con un vetado realmente característico y muy bello. Este tipo de madera presenta al menos sesenta variedades, particulares de cada clima y región.

Es una madera durable en seco, pero de poca duración si se moja y seca alternamente. Proceso al que está sometida toda embarcación. Por eso, se suele utilizar barnizada y con fines decorativos. Posee una extraordinaria flexibilidad, lo que lo hace ideal para embarcaciones ligeras. Su peso específico es de 650 Kg/m^3 .

OLMO



Imagen 9, Olmo

En la construcción naval, las variedades más apreciadas son las de olmo “blanco” y el de “roca” o “negro”, debido a su durabilidad bajo el agua, sólo superadas por la teka.

Su alto peso específico (890 Kg/m^3) limita su uso, ya que está bastante por encima de las demás maderas aquí vistas.

ABETO:



Imagen 10, Abeto

El abeto es el árbol con mayor abundancia ya que dentro de la designación Abeto se encuentran descritas infinidad de variedades.

Como es bien conocido el pino, se trata de una variedad cuyo rápido desarrollo provoca que sea una de las maderas más baratas. Sin embargo, son pocas las variedades útiles para la construcción naval.

-pino (colorado, Oregón, Sitka, blanco...)

El pino “colorado” Se utiliza en forros, cascos y cubiertas, cuadernas y baos. Su principal característica es la durabilidad en aguas frías.

El pino “clear” es una variedad baja del pino “spruce”, también conocido como pino blanco. Usada principalmente para mástiles y botavaras de encolado hueco. El pino “Sitka” es una variedad de “spruce” o abeto, y debido a su estabilidad y falta de nudos, la convierten en la más idónea para la construcción de mástiles huecos.

2.1.2 Métodos de construcción en madera

2.1.2.1 Técnicas tradicionales

Una vez más, cabe recalcar que se pretende nombrar dichas técnicas buscando principalmente las más comunes y entendiendo que en distintas épocas y situaciones geográficas puedan darse otras técnicas no nombradas en este apartado. Que sean de un uso más minoritario o menos conocido. Es por ello que se definirán como las principales técnicas tradicionales (forro a tope, tingladillo y doble forro)

Forro a tope o carabela:

Esta técnica se caracteriza principalmente en el hecho de que las tracas no se pegarán a las cuadernas sino que lo harán entre sí a tope, es decir canto con canto.

Los tablones o tracas se unen con juntas a tope para conseguir una superficie lisa. Las juntas se calafatean o impermeabilizan para hacerlas estancas

El Calafateado es la operación de rellenar de estopa las juntas de las tablas de fondos, costados y cubiertas; se cubren después con una capa de brea.

Forro a tingladillo:

Los tablones del casco se disponen de tal modo que los bordes de las tablas, montan ligeramente los unos sobre los otros.

Doble forro:

Es una técnica que se basa en el forro a tope, pero aplicando una capa más, normalmente en una dirección diferente a la anterior para así dar resistencia a la embarcación en más sentidos.

Estas técnicas quedan perfectamente claras en las siguientes imágenes ya que se puede apreciar perfectamente el modo de colocar las tracas o tablones:



Imagen 11, Forro a tope

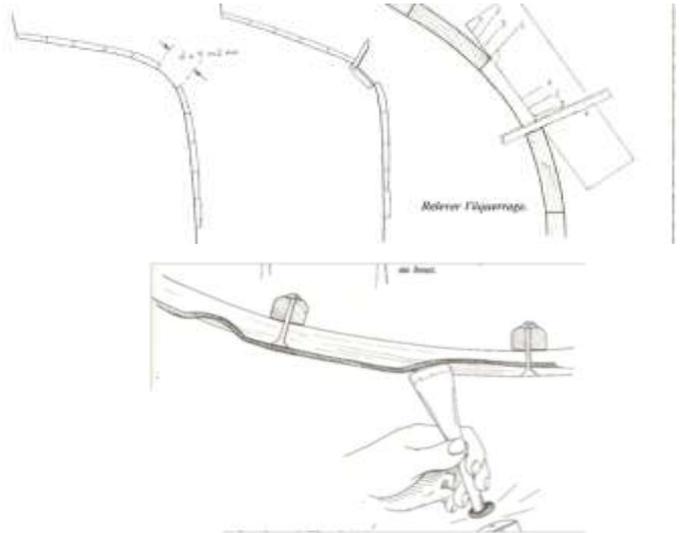
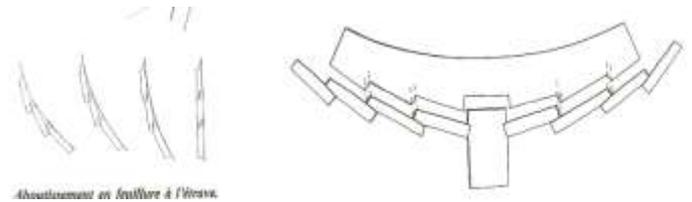


Imagen 12, Calafateo



Img. 14, Forro a tingladillo



Img. 13, Forro a tingladillo



Img. 15, Doble forro

2.1.2.2 Técnicas modernas

Las principales técnicas modernas en construcción de embarcaciones de madera se nombran y describen escuetamente a continuación.

- Forro de listones
- Forro en contrachapado
- Madera laminada
- Tingladillo de contrachapado
- Cosido y estratificado o Stich and glue

Forro de listones

Esta técnica moderna de construcción del forro, es básicamente o sigue los mismos pasos que se dan en la técnica tradicional forro a tope, ya que en vez de tracas o tablas de una anchura considerable se emplean sus “hermanos pequeños”, los listones.

Es el modo clásico de construir embarcaciones.

Se tendrá que fabricar un armazón y forrar todo el casco mediante tiras de madera que se van ajustando una a una. El resultado final es muy vistoso y en mi opinión el método junto a la madera laminada más bonito.

Cabe destacar, su complejidad, al incrementarse en gran medida el número de pasos a seguir para su construcción. Es una técnica económica desde el punto de vista del material, aunque sin duda es la que mayor coste conlleva, debido a que si ciertamente un listón de madera no es caro, la suma de infinidad de ellos, junto a la cantidad de horas que se le deben emplear, convierten a esta técnica respecto a las que a continuación se describen como una de las más complejas y costosas.



Img. 16, Forro de listones

Forro en contrachapado

El forro en contrachapado es una técnica usual en la construcción de pequeñas embarcaciones, debido a su sencillez.

La madera contrachapada, es un tipo de madera de ingeniería creada, a partir de hojas delgadas de madera. Las capas se pegan entre sí, de modo que las capas tienen su grano en ángulos rectos unos con otros proporcionando mayor fuerza al conjunto. Generalmente hay un número impar de láminas.

Una razón común para el uso de este tipo de madera es su resistencia al agrietamiento, la contracción, torsión / deformación, y su fuerza general.

La madera contrachapada marina es altamente resistente al tiempo, a los microorganismos, al agua, al vapor, y al calor seco. Este tipo de contrachapado se diseña especialmente para resistir el ambiente de humedad alta, y por lo tanto se prefiere en la construcción de muelles y barcos.

Es un método económico, sencillo y ecológico

Características principales:

- Sin deformaciones ni fracturas
- Puede ser cortada en pequeñas partes
- Puede reciclarse y no contiene sustancias dañinas, lo que la hace ecológica
- Posee una larga duración



Img. 17, Embarcación de madera contrachapada



Img. 18, Listón de madera contrachapada

Madera laminada:

La madera laminada ha permitido ampliar la gama de usos de la madera donde se resaltan sus cualidades estéticas, físico - mecánicas y de durabilidad.

- Sus principales ventajas son:

Permite diseñar elementos de diversas formas y cubre grandes luces sin apoyos intermedios.

Su conductividad térmica es muy inferior a la de otros materiales, otorgando excelentes condiciones aislantes.

No reacciona con agentes oxidantes, generando gran resistencia en ambientes ácidos ó alcalinos. (Propios del medio marino). Como pasara con la Teka, la madera laminada resiste sorprendentemente bien al fuego.

El carácter noble y cálido de la madera, resalta considerablemente en las estructuras de Madera Laminada.

- Sus principales desventajas son:

Son más costosas, especialmente en vigas rectas; En vigas curvas no hay comparación. El factor de pérdida es bastante elevado tanto de adhesivo como de madera es del 33% al 50%

Elementos de gran longitud y gran curvatura son muy difíciles de manipular, lo que incide en el coste final del elemento de madera laminada.



Img. 19, Madera laminada

Tingladillo de contrachapado

Este proceso está íntimamente relacionado con el proceso ya descrito con anterioridad, en el apartado *técnicas tradicionales, el tingladillo*.

Su única variación es el tipo de madera y su naturaleza, pero los procesos constructivos son los mismos y las propiedades serán las mismas a este proceso con las características que le ofrece la madera contrachapada.



Img. 20, Tingladillo de contrachapado

Cosido y estratificado (Stich and Glue)

El argumento básico para la construcción punto y pega es que son necesarios menos pasos en la elaboración del forro. La construcción inicial es más rápida y más fácil, utiliza menos piezas, y no requiere moldes de construcción. A largo plazo, el barco es mucho más fácil de mantener.

Es una técnica muy efectiva a la hora de construir pequeñas embarcaciones como kayaks, piraguas y todo tipo de pequeños veleros.

Con la llegada de las modernas resinas de epoxi y la madera contrachapada de calidad, rápidamente se vio que se podían construir pequeñas embarcaciones sin recurrir a complejos armazones, moldes o cuadernas.

Los paneles de la embarcación, se recortan en su forma exacta en madera contrachapada y se "coserán", por sus bordes, temporalmente con pequeños hilos de alambre de cobre. Posteriormente cuando tengamos toda la estructura del casco sujeta y firme con la forma definitiva, se aplica resina para su laminado.

Tiene la ventaja de ser muy ligera y rígida

Lo más destacable de este método además de su sencillez, es que no se carga con un gasto inicial tan elevado como en anteriores métodos expuestos, ya que no es necesaria la creación a priori de una estructura donde iría sujeta el forro, con lo que se usará menos material y menos tiempo invertido



Img. 21, Stich and blue

2.1.3 Establecer método elegido para la fabricación del modelo y Motivos de la elección

El método o técnica escogido, para la fabricación y estudio de esta embarcación, es una evolución de la técnica tradicional, tingladillo. Esta técnica (tingladillo de contrachapado queda definida en la página 17 de este manual).

El material a utilizar es la madera contrachapada.

Los motivos de la elección se centran exclusivamente en aspectos económicos y prácticos.

Al considerarse el método tradicional tingladillo, de entre sus cualidades y desventajas el método más favorable, al ser este el más usual y sencillo de utilizar, adaptándose perfectamente al material madera en contrachapado.

Al tratarse de una embarcación a la que se le quiere conceder el máximo carácter práctico, se utiliza la combinación de las técnicas forro a tope y tingladillo. Con el fin de otorgar de mayor estabilidad a la embarcación, creando las aristas características en las uniones de los paneles por la técnica tingladillo.

La elección de dicho material también se basa en aspectos económicos y prácticos, al ser el material más económico refiriéndose a derivados de la madera. También se trata de un material moderno y con grandes aplicaciones en el ámbito naval.

2.2 Embarcaciones en fibra

En adelante nos referiremos a las fibras como materiales compuestos.

Los materiales compuestos quedan definidos como toda combinación de materiales a partir de la unión de dos o más componentes. Dando lugar a un nuevo material con propiedades y características específicas.

Estos materiales están formados por dos fases. La matriz y el refuerzo.

La matriz de un material compuesto es la fase que tiene carácter continuo y es la responsable de las propiedades físicas y químicas. Transmite los esfuerzos al agente reforzante. También lo protege y da cohesión al material.

El refuerzo referido a materiales compuestos se define como la fase que le otorga al material las propiedades mecánicas.

Según la definición propuesta al inicio de este apartado, como materiales compuestos pueden haber infinidad de ellos.

De entre todas las clasificaciones de tipos de materiales compuestos según su clasificación por matriz, en este proyecto se hará únicamente referencia al material compuesto de matriz polimérica:

Son materiales, los cuales su matriz está formada por un polímero y el refuerzo es algún tipo de fibra, ya sea sintética o inorgánica.

Sus principales características son:

- Materiales con buenas propiedades mecánicas,
- Resistentes a la corrosión y agentes químicos,
- Dadas sus características poseen una gran libertad a la hora de ser moldeados en distintas formas.

2.2.1 Tipos de materiales compuestos y métodos construcción

Tipos de materiales de refuerzo

- Fibra de vidrio
- Fibra de carbono
- Fibras sintéticas
- Estructuras textiles

Fibra de vidrio

Las fibras de vidrio están generalmente compuestas por Sílice, combinado con diferentes óxidos.

Los enlaces covalentes de estas fibras la dotan de gran resistencia

Sus principales propiedades son:

- Gran resistencia mecánica
- Resistente a los agentes químicos
- Incombustible
- Posee una elevada adherencia a la matriz
- Buen aislante eléctrico



Img. 22, Mat fibra vidrio



Img. 23, Roving fibra de vidrio

Fibra de carbono

Sin duda se trata de un material en auge, sobretodo en ámbitos de competición.

Las fibras de carbono combinadas con matrices epoxi resultan materiales compuestos que poseen una resistencia y modulo de elasticidad fuera del alcance de otras fibras.

Propiedades:

- Gran resistencia y rigidez
- Buen comportamiento ante la fatiga
- Bajo coeficiente de dilatación térmica
- Elevada resistencia química
- No se ve afectado por el contacto con el agua de mar



Img. 24, Hilo fibra carbono



Img.25, Roving fibra carbono

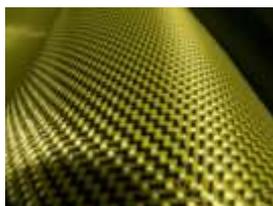
Fibras sintéticas

Más conocidas por su nombre comercial Kevlar, sus usos se centran en campos que requieran de una alta resistencia a la tracción con un peso bajo y una gran resistencia al impacto.

No es muy común en la industria naval.

Propiedades:

- Alta resistencia a la tracción
- Buena resistencia a la fatiga
- Auto extingible
- La rotura se produce progresivamente
- Menor densidad respecto a todas las fibras sintéticas
- Excelente comportamiento a la corrosión en cualquier ambiente.



Img. 26, Roving Kevlar



Img. 27, Hilo Kevlar

Estructura textil

Las fibras se configuran en ordenamientos planos, a estas estructuras se les denomina estructuras textiles. Se presentan en diversas configuraciones. Filtros, sistemas no mallados y sistemas mallados.

Estas estructuras pueden formarse de distintas fibras, obteniendo las propiedades de estas. Es decir, se pueden formar filtros de fibra de vidrio, mallados de carbono etc...

Imgs. 27 tipos de estructuras



Fieltro



Sarga



Satín



Unidireccional

En el sector industrial existen muchas técnicas de fabricación con materiales compuestos, no es así en el ámbito de la construcción naval, donde este gran número de técnicas se ve considerablemente reducido, principalmente por el gran tamaño de las piezas a construir.

Se determinan como los procesos más utilizados en la construcción naval los siguientes:

Dado la complejidad, coste y necesidad de maquinaria de muchas de estas técnicas solo es practicable un método para la fabricación de la embarcación, por ello no se comentaran los conceptos fundamentales de estas técnicas.

- Moldeo por contacto
 - laminación manual
 - proyección simultanea
- Moldeo asistido por vacío
- Moldeo por vía líquida
 - RTM
 - Infusión

Moldeo por contacto:

Laminado manual

Sin duda esta técnica, es la más antigua en la fabricación de piezas con materiales compuestos.

Su proceso se centra en la aplicación de capas de material de refuerzo sobre el molde o sobre la superficie a cubrir, impregnando estas con resina mediante la acción de un rodillo o brocha.

Es fundamental la acción del rodillo para ayudar a la impregnación del refuerzo, siendo lo más aconsejable aplicar la máxima presión para que la relación sea de una gran cantidad de refuerzo en contra de poca resina.

También será esencial, para evitar la aparición de burbujas entre las capas.

Se trata de una técnica, en comparación con otras realmente económica al no necesitar utensilios complejos.

Principales ventajas:

- Equipos sencillos y coste bajo
- Gran sencillez
- No hay límite respecto al tamaño de la pieza
- Pueden aplicarse todo tipo de resinas y refuerzos

Desventajas:

- Contenido de refuerzo más bajo que con otras técnicas
- Proceso lento
- Acabado superficial solo es bueno por una cara.



Img. 28 Laminado manual



Img. 29 Pique de proa

Proyección simultanea

Esta técnica es una evolución del laminado manual, que hace el trabajo más eficiente, pero sin que desaparezca la componente artesanal.

Consiste en proyectar fibra cortada mezclada, con chorros de resina ya catalizada, de tal forma que se depositen simultáneamente sobre el molde, matriz y refuerzo. Una vez la mezcla se halla en el molde, se procede a comprimir esta mediante rodillos.

Este método es inviable por el alto coste que conlleva un equipo de proyección simultánea.

Ventajas:

- proceso más productivo que el laminado manual
- precio del refuerzo más asequible
- se optimizan los materiales y los desperdicios.

Desventajas:

- coste del equipo elevado
- supone las mismas desventajas que el método laminado manual, añadiendo todas las que se refieren a mantenimiento y uso de la maquinaria.



Img. 30, maquina de proyección



Img. 31 Proyección simultanea

Moldeo asistido por vacío

Dentro de esta técnica, se encuentran diversas formas de realizarlo.

Entendiendo que el principio es el mismo, se procede a definir el proceso de forma global.

Estas técnicas aprovechan la presión externa para comprimir el laminado y así optimizar el contenido de matriz en el material compuesto. Se obtienen laminados con una mayor densidad. Se trata de suprimir la fuerza que pueda aplicar un hombre sobre el rodillo a la hora de laminar. Por una muy superior del vacío y además regular a lo largo de toda la superficie.

Ventajas:

- Laminados con altos porcentajes de refuerzo
- Densidad elevada
- No existe límite de tamaño
- Se pueden emplear todo tipo de refuerzos

Desventajas:

- El coste aumenta al tener que utilizarse bombas de vacío, entre otros equipos auxiliares
- El proceso requiere una formación técnica
- En general las resinas utilizadas requieren procesos térmicos posteriores.



Img. 32. Colocación bolsa de vacío



Img. 33, Fase de inyección de la resina

Moldeo por vía líquida

Las técnicas por vía líquida se fundamentan en colocar las fibras de refuerzo sobre el molde en la posición definitiva sin la resina, ya que no hay contacto directo entre los refuerzos y esta. Hasta que no se inicia el proceso dentro del molde cerrado.

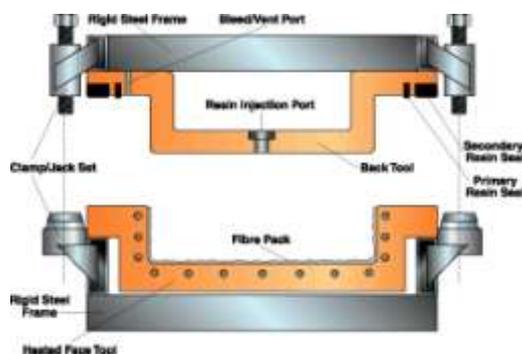
Por medio de diferentes mecanismos se introduce la resina dentro del molde ya catalizada. Resina y refuerzos quedan compactados gracias a la presión ofrecida por el vacío o por el contra-molde.

Resin Transfer Molding (RTM)

RTM es un proceso de moldeo a baja presión, donde se inyecta una resina y el catalizador mezclados en un molde cerrado que contiene un paquete de fibra o de preformas. Cuando la resina ha curado el molde se abre y se retira la pieza acabada. Una amplia gama de sistemas de resina se puede utilizar como poliéster, viniléster, epoxi, fenólicas...

Ventajas:

- Molduras pueden construirse con tolerancias dimensionales
- Los componentes tendrán un buen acabado superficial a ambos lados
- La uniformidad del espesor de la fibra y la carga, resultando en la contracción uniforme
- Capacidad de alcanzar desde 0,5 mm hasta 90 mm de espesor del laminado



Img. 34 Esquema RTM



Img. 35 RTM

Infusión

Esta técnica se basa en los mismos pasos que el RTM. Se colocan las fibras sobre los moldes y se cierran al ambiente mediante una bolsa conectada a una bomba de vacío y a cubos con resina.

Una vez hecho el vacío se abren los conductos de resina y esta fluirá a lo largo de toda la superficie. Una vez cubierta toda la superficie del molde, la presión se mantendrá hasta alcanzar la polimerización.

Al ser métodos tan parejos, sus ventajas y desventajas son a si mismo muy similares.



Img. 36 Esquema infusión



Img. 37 resultado de infusión

2.2.2 Establecer método escogido y motivos de la elección

La elección de la técnica en la que se basara la embarcación es sin duda sencilla. Disponemos de muchas técnicas en el mercado pero basándose nuevamente en ámbitos prácticos y económicos, solo hay una técnica que reúna las mejores cualidades.

Es por ello que la técnica escogida es el laminado manual.

Por su relativa sencillez y bajos costes respecto a otras técnicas.

Se ha de dilucidar que la embarcación se realiza en madera contrachapada y únicamente se aplicara un material compuesto para otorgar a la embarcación de mayor impermeabilidad, resistencia y hacer esta más longeva.

Referente al tipo de fibra a utilizar, se pueden advertir en la tabla adjunta que las diferencias de precios son claramente diferenciadoras.

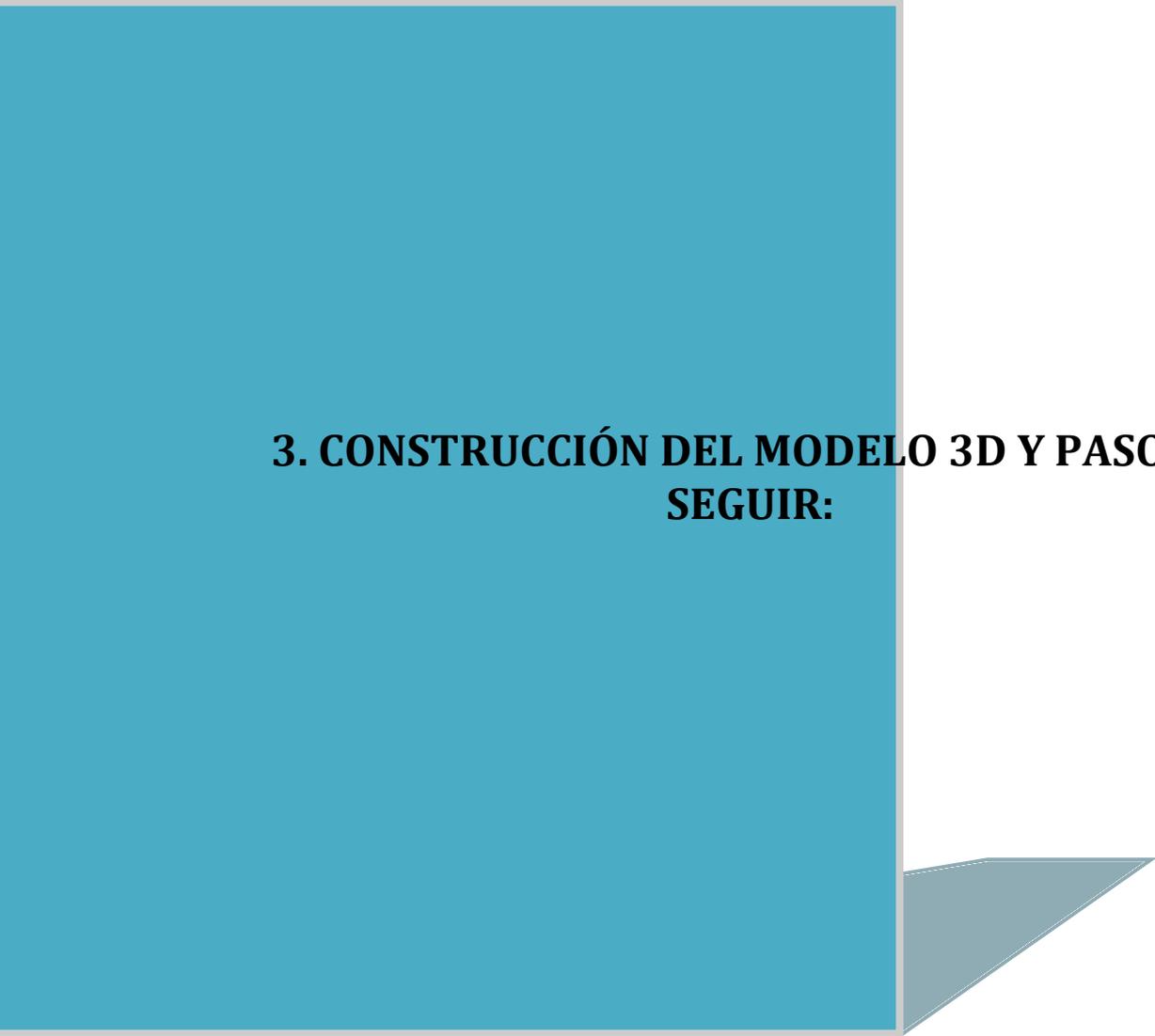
Fibra	Precio
Fibra de vidrio	2,5 - 6,5 Euros m ²
Fibra de carbono	50 Euros m ²
Fibra Kevlar	39 Euros m ²

Es por ello que se establece como fibra a utilizar, la fibra de vidrio.

Otra propiedad que la hace idónea para este proyecto es el hecho que la fibra de vidrio en contacto con la resina se vuelve transparente, otorgando a la embarcación el aspecto y calidez de la madera, con los beneficios de estar reforzada con materiales plásticos.

Esta ventaja no queda reflejada en este proyecto, al no disponer de moldes y contra-moldes, el laminado manual solo tiene una cara "buena", siendo esta la interior, por lo que se deberá pulir la cara externa.

Este proceso supondrá un aspecto basto a la embarcación y será imprescindible el pintado de esta.



3. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO 3D Y PASOS A SEGUIR:

3. Construcción del modelo y pasos a seguir

El proyecto se basa en la creación desde el inicio de una embarcación y es por ello que todos los planos se deberán elaborar y estudiar desde su inicio.

Lo principal para empezar este proyecto es establecer la eslora máxima. Factor muy importante, al tratarse de una embarcación pesquera modesta se pueden establecer como factores restrictivos los siguientes:

- A mayor numero de eslora, mayor uso de madera que conlleva a un gasto superior.
- El tamaño del vehículo que lo transporte a su lugar de uso, limitara consecuentemente la eslora, ya sea por el tamaño del remolque o en su defecto la eslora del vehículo en cuanto a su vaca.
- El espacio disponible para su resguardo
- El número de personas y uso al que se destine
- El peso es un factor muy importante, ya que cuanto mayor sea la embarcación su peso aumentara también.
- Proceso constructivo, a mayor eslora mayor dificultad conlleva su construcción.
- Cuanta mayor sea su eslora, la manga de dicha embarcación aumentara en consecuencia.

Con la esperanza de conseguir un manual constructivo lo más sencillo posible a la hora de seguir sus pasos, las explicaciones se dotaran de múltiples fotografías. Quedando cada paso descritos mediante texto y imágenes.

Se establecen para esta embarcación modelo las siguientes cotas. Se justifican estas en el estudio de embarcaciones similares ya construidas y por tanto dotadas de validez.

Este modelo, tiene una manga bastante ancha en relación a su eslora. Normalmente se prefiere el uso de embarcaciones alargadas, ya que se dotan a esta de menos resistencia al contacto con el agua y por ello también con las olas. Pero se requiere de cierta manga para una estabilidad satisfactoria.

Se establecen como valores estimados los siguientes según el estudio de embarcaciones similares.

Eslora Total	5,2 m / 17 pies
Manga Total	1,85 m / 6 pies
Puntal de Trazado	0,72 m / 2,4 pies
Volumen	LT*MT*PT 6,9 m ³
Calado	0,215 m
Peso en vacío	550 kg
Carga	300 kg

Recuerde que este no es un manual para una única embarcación, por lo que las dimensiones expuestas, deberán tomarse como una guía a seguir y en ningún caso como una norma.

3.2. Manual diseño embarcación en 3D por el programa Rhinoceros.

3.2.1 líneas básicas.

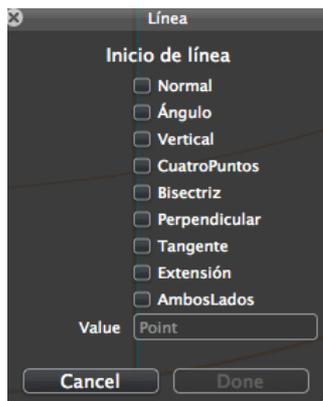
Como primer paso se crea la estructura básica de la embarcación.

Se utiliza la herramienta **línea**  con el programa en **orto** (el programa solo permite crear líneas perpendiculares entre ellas).



Trazamos una línea recta picando una vez en su inicio, escribiremos 5,2 en caso de tener las unidades en m. El programa dibuja una línea horizontal, presionamos ENTER y la línea queda fijada. Esta línea simula la eslora de la embarcación, actuando como quilla central.

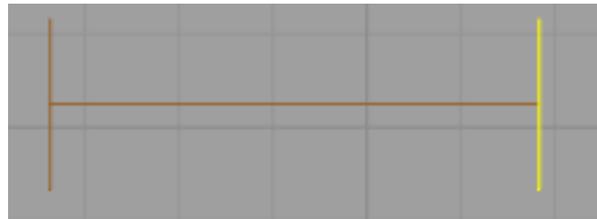
La embarcación tiene una manga total de 1,85 m para trazarla, utilizaremos el comando: **< curva - línea - una línea - ambos lados - 0,925 >**. El programa trazara desde el punto seleccionado una línea en ambos sentidos verticales, siendo de 1,85 m en total



Impresión 1

Para trazar ambas líneas, seleccionar la línea vertical, aquí representada en amarillo. Para trazarla en el extremo opuesto de la eslora.

Para ello, seleccionaremos la línea y clicaremos  en el comando **copiar**



Imp. 2

Para poder hacer una embarcación en 3D se han de seguir prácticamente los mismos pasos que se harían si se estuviese construyendo en madera en la mayoría de los pasos.

Por ello como segundo paso crearemos las cuadernas.

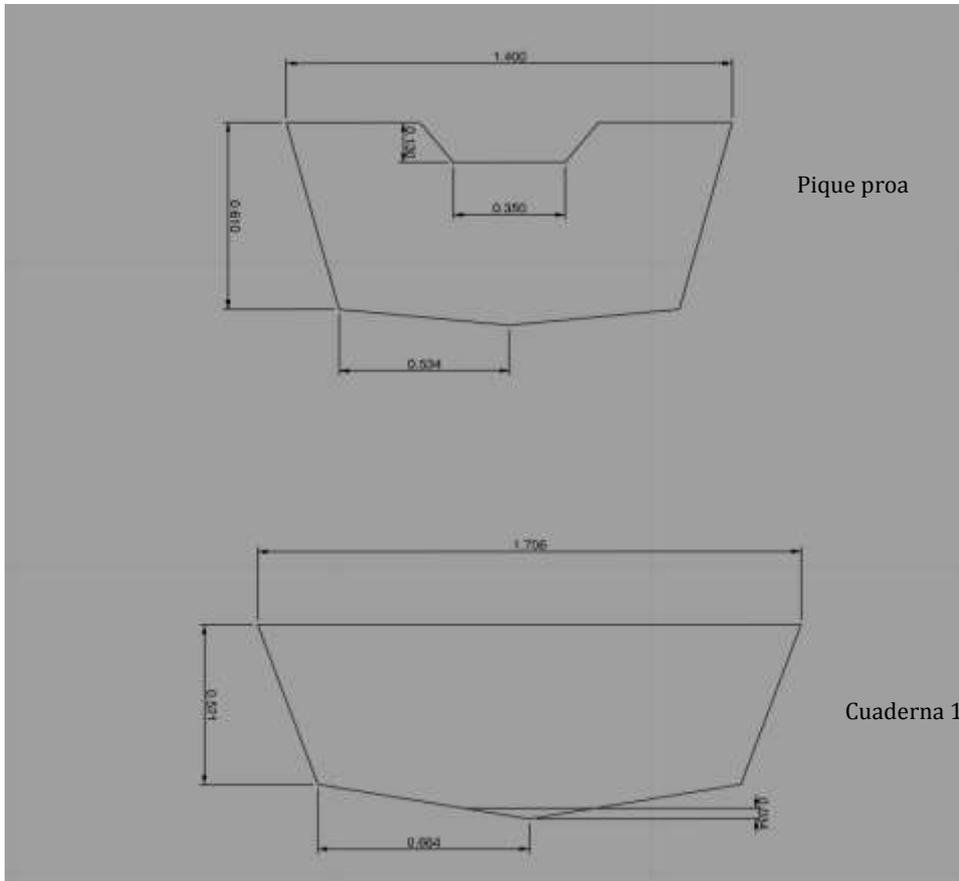
3.2.2. Creación de cuadernas

Este modelo de 5,2 metros se basa en 1 peto de popa y 4 cuadernas. Dividiendo $5,2 / 5$ nos da las distancias entre ellas.

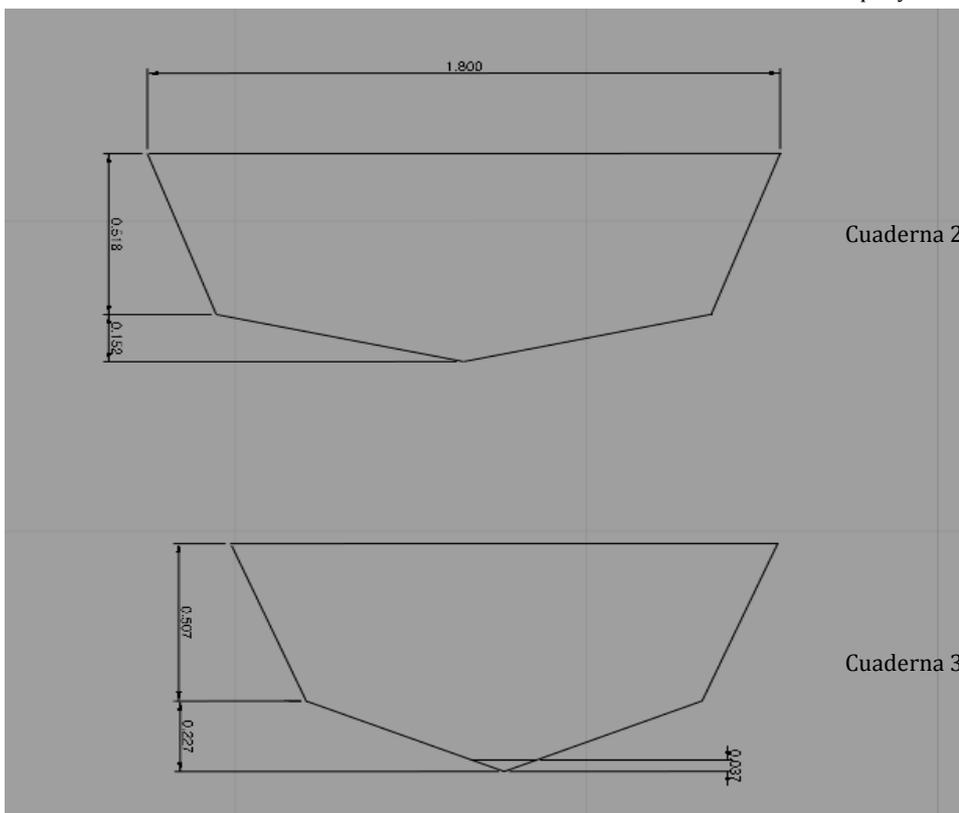
Se establecen 5 cuadernas al espaciar estas según lo habitual de 1m aproximadamente por cuaderna en este tipo de embarcaciones. El número de estas variara el espesor del

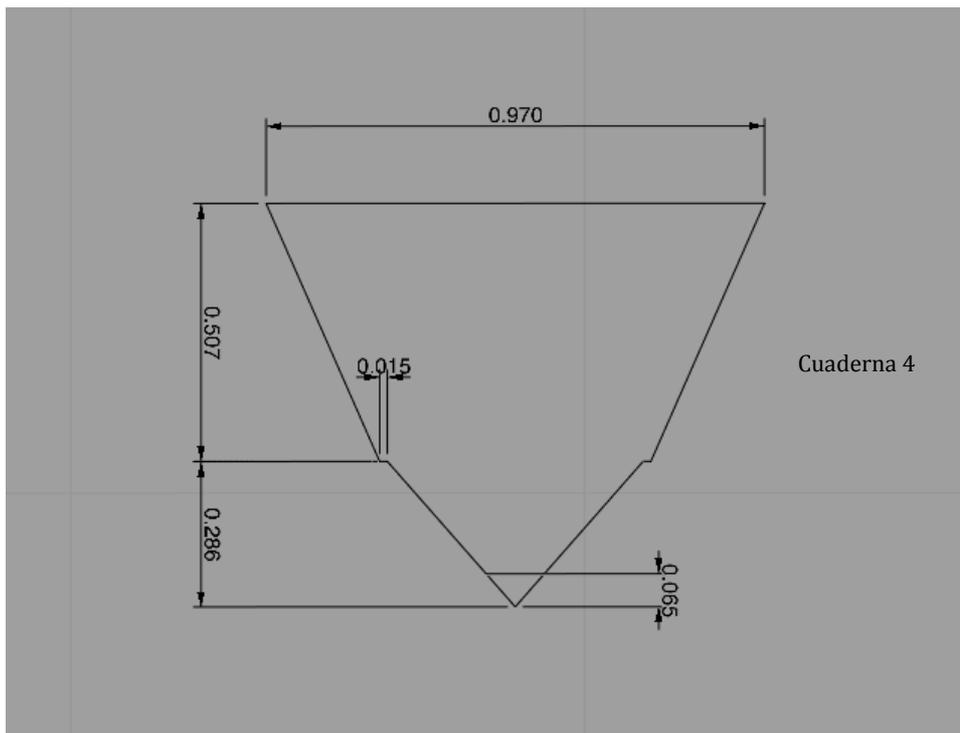
refuerzo y por consiguiente el peso de la embarcación. En este documento se puede encontrar en el estudio de mínimos de espesores. Dicho documento se encuentra en las páginas 76-80.

Se facilitan los planos para la creación de cuadernas (Imp. 4, 5)



Imp. 3 y 4





Imp. 5

Las cuadernas aquí representadas están pensadas para poder realizar la embarcación con planchas planas de contrachapado. A las cuales se les dotara de una curvatura en los casos necesarios.

Se pretende la formación de aristas entre las uniones de las diferentes planchas, con la intención de realizar la embarcación con los métodos anteriormente comentados de forro a tope y tingladillo.

En el diseño de las cuadernas no es necesario hacer ambos lados, ya que se puede hacer un reflejo y de esta forma ahorrar mucho tiempo, para ello se utiliza el comando:

< Transformar - Reflejar >

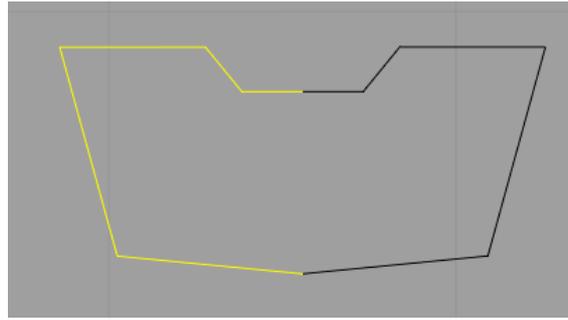
Un ejemplo de esta práctica (Imp. 6)



Imp. 6

Seleccione los elementos a reflejar (marcados en amarillo).

Seleccione un punto superior o inferior, el programa le pedirá, la selección de un segundo punto de reflejo, seleccione punto restante.



Imp. 7

Realice estos pasos para todas las cuadernas (es aconsejable no unir las dos mitades).

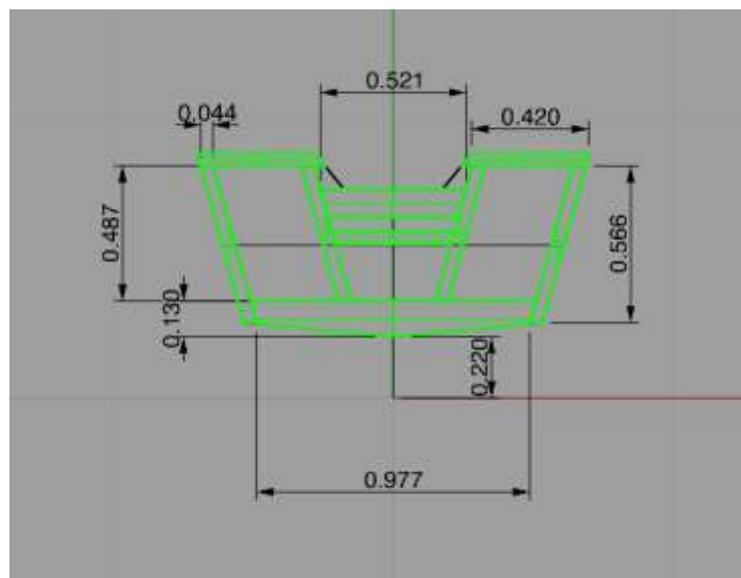
3.2.2.2 Alineación cuadernas:

Una vez creada la estructura básica de las diferentes cuadernas, se procede a alinearlas.

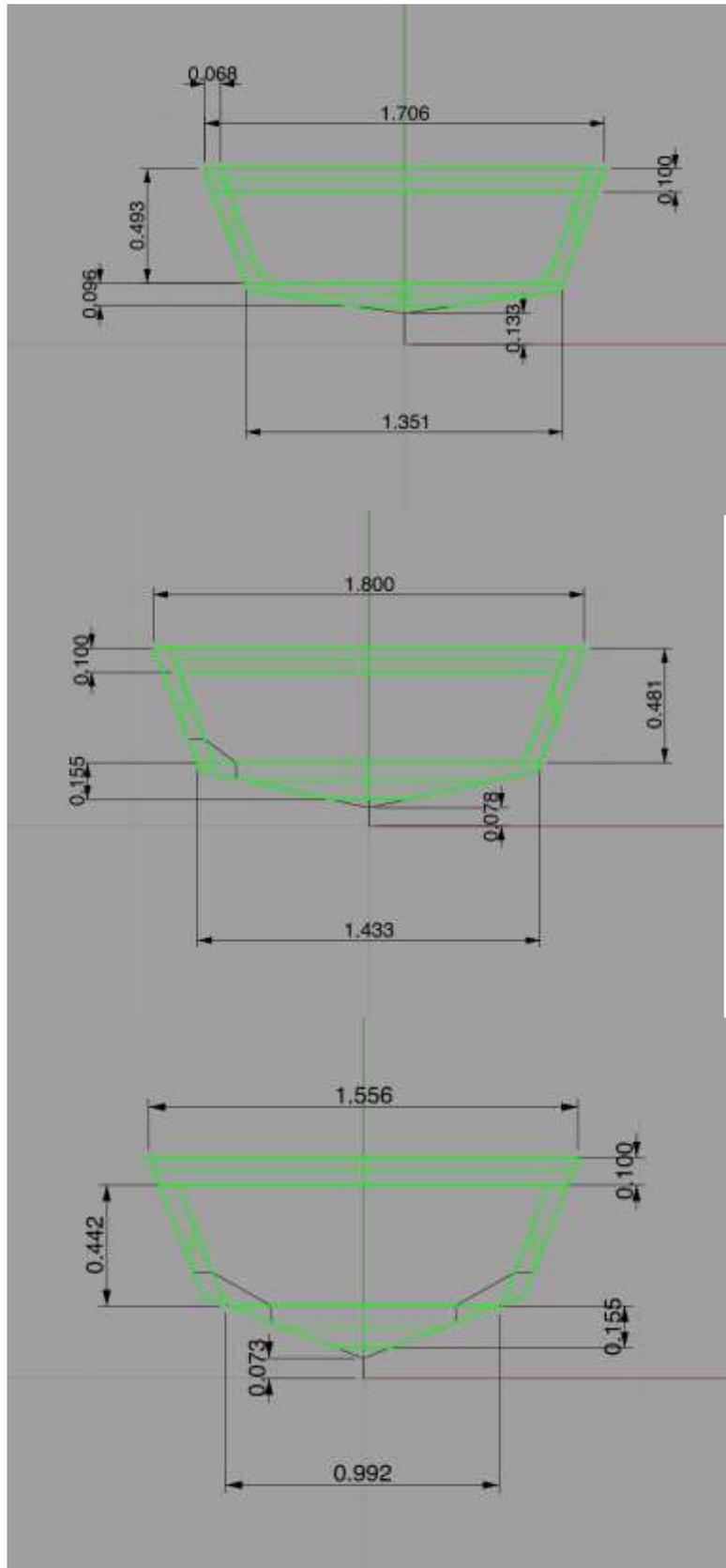
Para ello se divide la línea que representa la eslora total de la embarcación en 5 partes según las claras de cuadernas deseadas. Se seleccionan los puntos centrales de cada eslora y se colocan en orden. Teniendo en cuenta que el peto de popa debe ir situado al final de la eslora.

La altura de las cuadernas con referencia a las demás, queda definido según la forma del arrufo a la que se le quiera dotar a la embarcación.

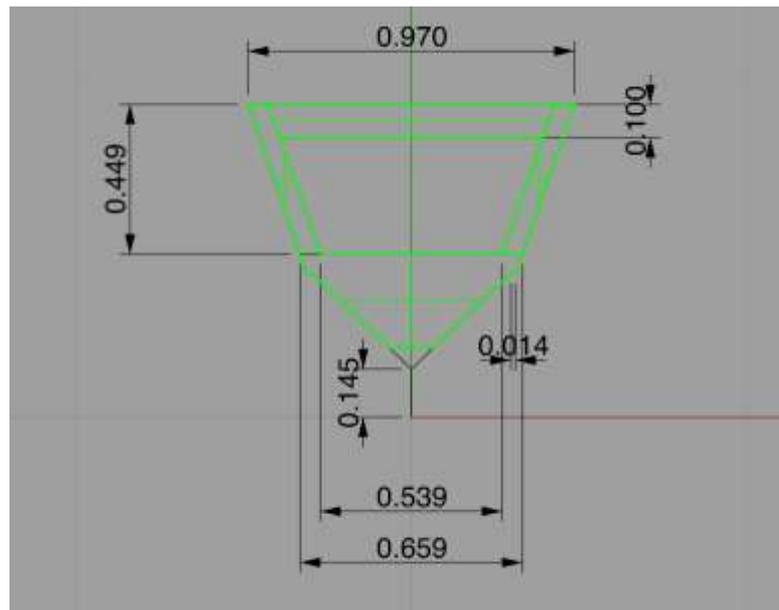
Se pueden disponer las cuadernas de diferentes perfiles siguiendo unos criterios lógicos y técnicos, a modo de ejemplo se disponen de los siguientes perfiles: (Imp. 8, 9,10)



Imp. 8



Imp. 9

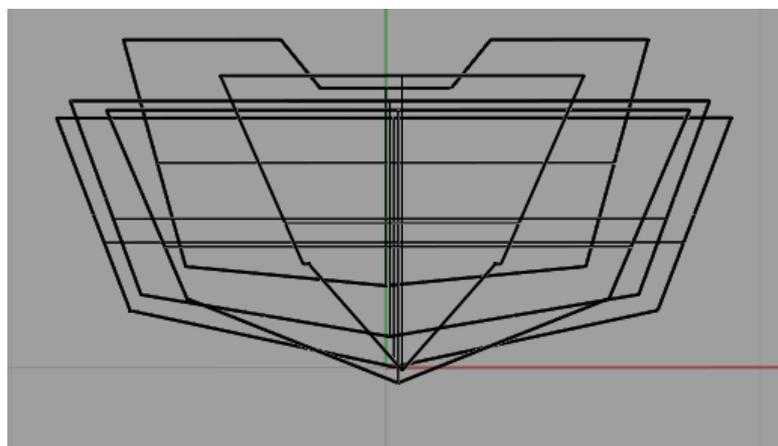


Imp. 10

Se toma la primera línea creada (línea horizontal de 5,2m como la representación de la quilla central.

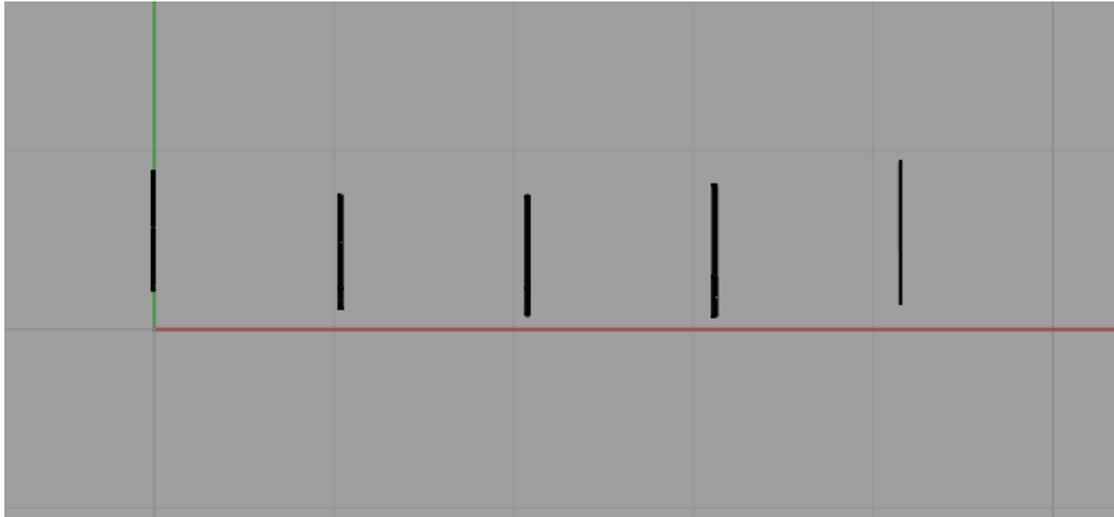
En orden, se trazan las líneas verticales en la posición en la que se sitúen las cuadernas y posteriormente se traslada cada cuaderna a su correspondiente posición.

De esta forma en vista Frontal tendremos la siguiente imagen. (Imp. 11)



Imp. 11

Vista derecha: (Imp. 12)



Imp. 12

Como se puede apreciar la embarcación esta curvada considerablemente. Esto es debido a que se pretende realizar una embarcación polifacética y por ello una embarcación con menos arrufo en su quilla, dificultaría considerablemente la navegación en costa y otro mayor arrufo no sería cómodo.

Al tratarse de un programa de diseño 3D siempre se podrán mover elementos, de forma relativamente sencilla.

Simplemente se selecciona el elemento a modificar y se podrá cambiar de posición...

3.2.3 Creación del contorno para la posterior creación del casco en 3D

En muchos casos un mismo elemento, se puede diseñar de múltiples formas, en este manual. Se pretende recurrir al más sencillo o intuitivo de ellos. Es por ello que solo se procede a exponer uno de los múltiples métodos, ya que explicar-los todos sería impracticable.

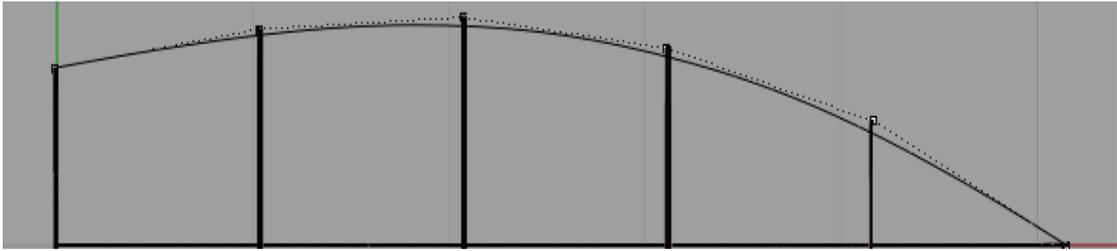
En el siguiente paso, se crea el contorno de la embarcación para ello se utiliza la

herramienta **curva de puntos de control**.



Se selecciona el comando y se clicca en todos los puntos de las cuadernas, como si dibujásemos el contorno a mano alzada.

El resultado inicial se asemejan al siguiente, no hay que olvidar que solo será necesario crear un lado del contorno ya que con el comando **reflejar** en pocos pasos se tendrá el otro contorno.



Imp. 13

Como se puede observar el contorno no es tangente a las cuadernas. (Imp. 13)
 Para solucionar este contratiempo se utiliza el comando **Activar puntos de control**

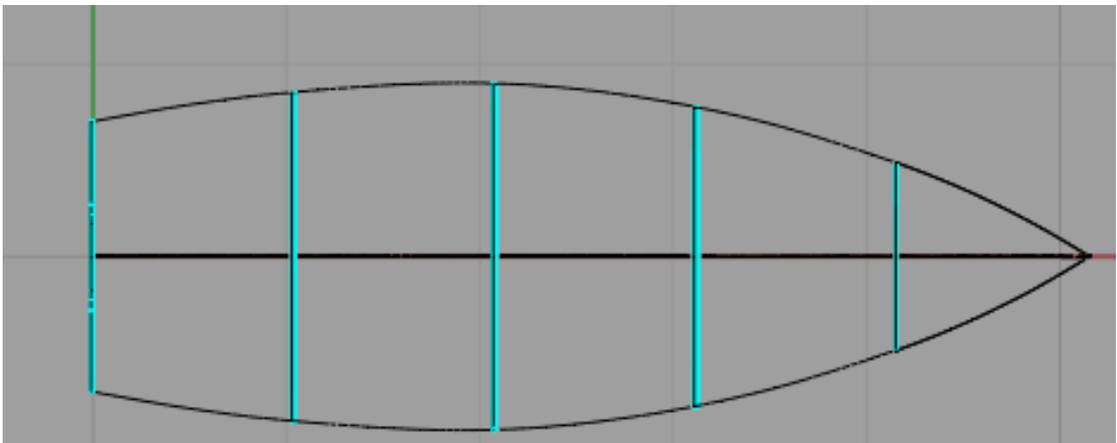


con ello parecerá la línea de puntos de la imagen superior y los puntos de control. Gracias a este comando se pueden mover dichos puntos quedando el contorno más acorde con el contorno real.

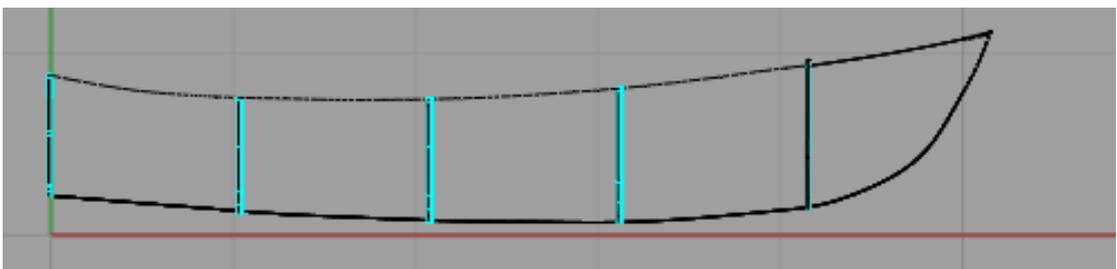
Una vez se tenga la línea de contorno correctamente situada y definida se procede a reflejarla para tener completo el contorno a ambos lados.

Se debe realizar el mismo proceso para curvar la línea de base utilizada hasta ahora (quilla) para acoplar esta a las cuadernas como si se tratase de la quilla de la embarcación. (Imp. 14 y 15).

Finalmente el resultado de estos procesos es el siguiente:



Imp. 14



Imp. 15

Estos procesos requieren de cierto tiempo al tratarse de un programa en 3D el movimiento de un punto, en cierta dimensión repercute directamente en las otras dos dimensiones. Se recomienda paciencia.

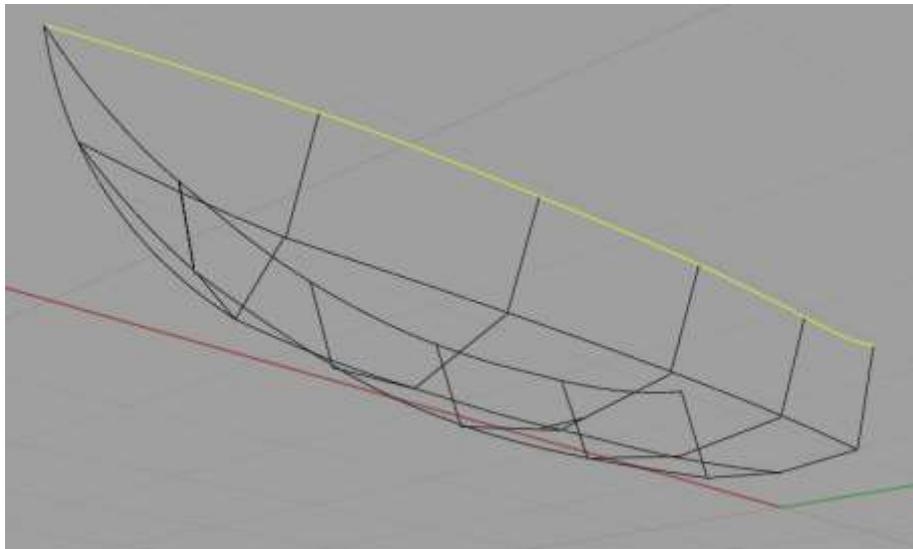
3.2.4 Creación de Capas

Para poder realizar un proyecto de diseño es indispensable el dominio de las capas. Este manual no pretende ser una guía de utilización de Rhinoceros. Entendiendo que ante cualquier duda se pueden recurrir a los manuales propios del programa. Pero debido a su gran importancia se destaca su uso.

Cree capas de todos los elementos similares. En este caso están creadas las capas:
Cuadernas (para las cuadernas en color azul)
Predeterminado (para los contornos)

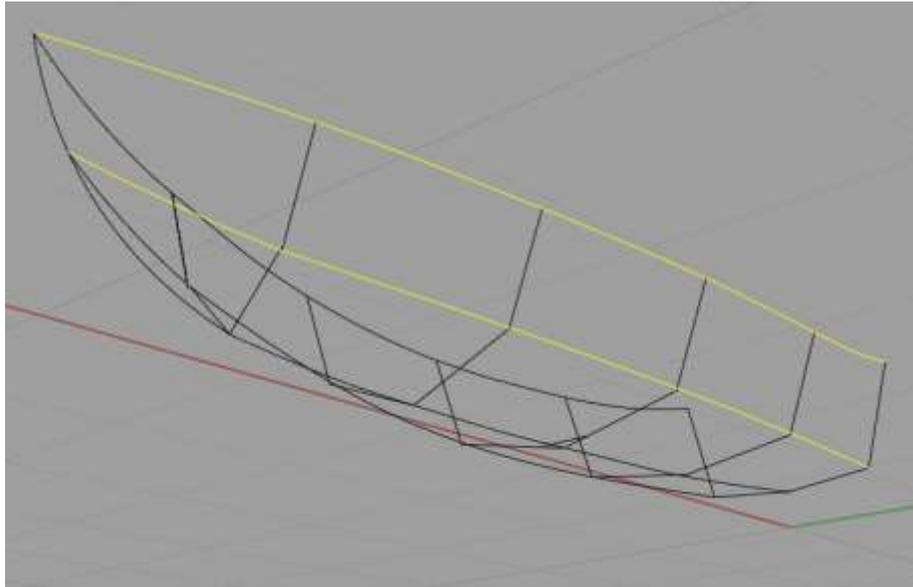
3.2.5 Creación de la estructura 3D

De nuevo este proceso se puede realizar por múltiples procesos. En este caso se utiliza el comando **< Superficie - barrido por dos carriles >**
Al utilizar-se este comando el programa indica que se seleccione el primer carril.
Se selecciona la línea que representa el contorno de la embarcación (representado en amarillo Imp.16).



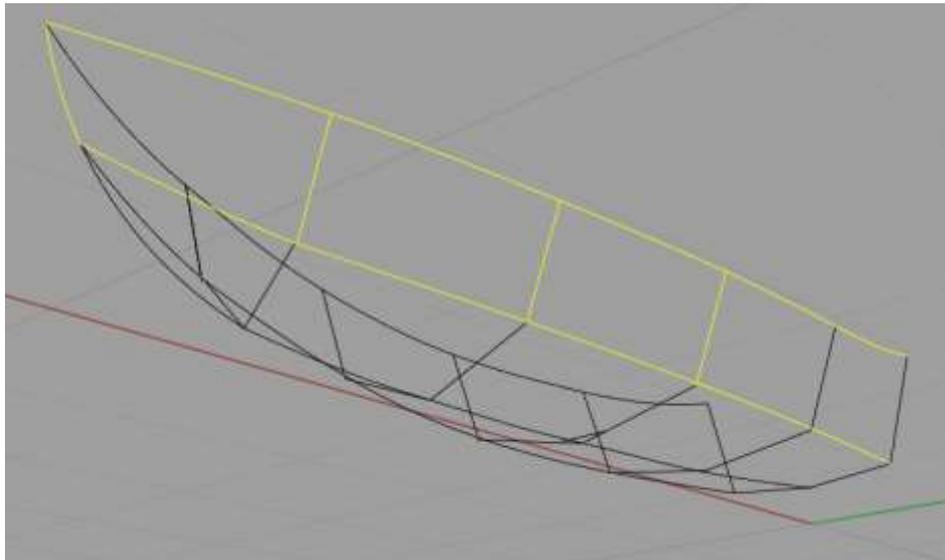
Imp. 16

El programa nos indica ahora que, seleccionemos el segundo carril. En este caso seleccionamos la línea que delimita la lámina en su anchura (representada en amarillo Imp. 17).



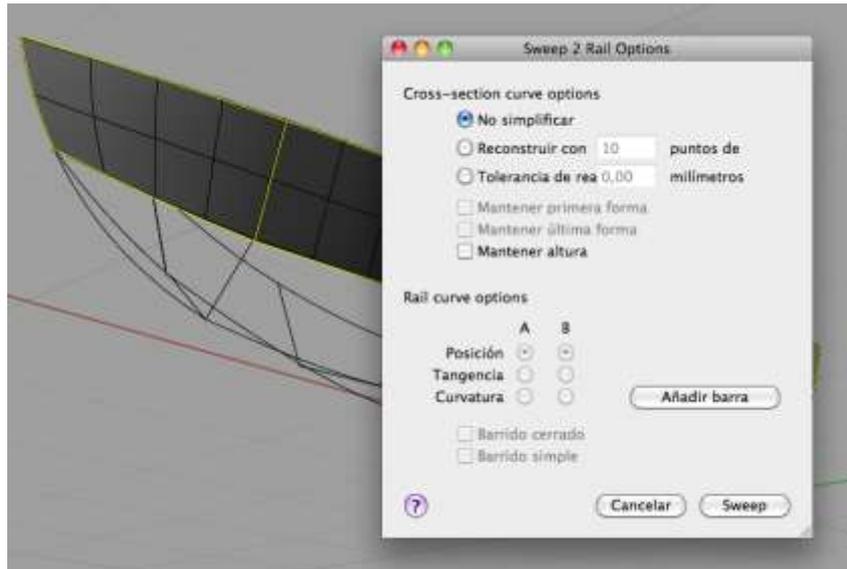
Imp. 17

El programa solicita que se seleccionen las curvas de sección transversal. Estas son todas las líneas en el contorno de las cuadernas, que queden delimitadas entre las líneas antes seleccionadas. (Imp. 18).



Imp. 18

Presionando **ENTER** el programa empieza a dibujar el plano 3d de la superficie.

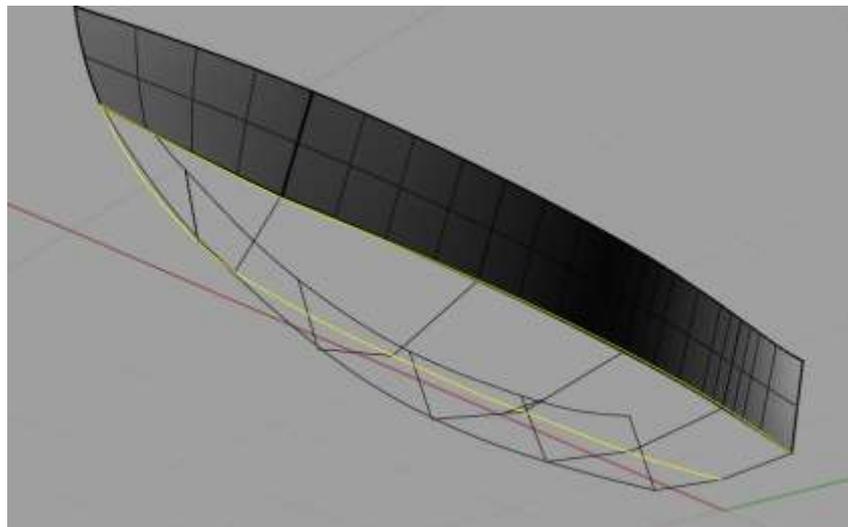


Imp. 19

Se presenta la siguiente ventana, donde se pueden seleccionar distintos matices para la creación del 3D. No es necesario modificar ninguna opción. Presionado **ENTER o SWEEP** saldremos del menú.

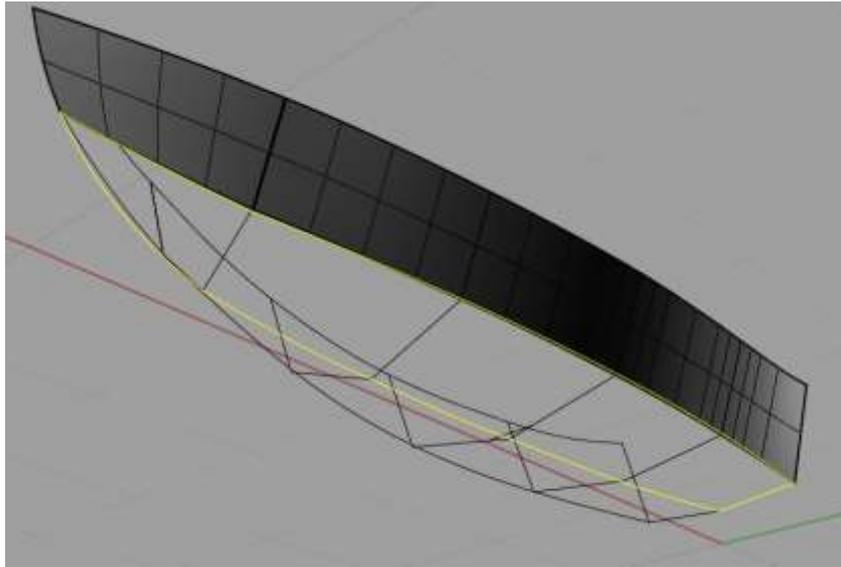
En el caso de la siguiente superficie, al no tener en proa una línea de sección transversal si no que un punto creado por la intersección de dos líneas. Utilizaremos un comando diferente al anterior

En este caso < **superficie - transición** >. Se seleccionan las dos líneas que encierran la superficie que se pretende crear (Imp. 20).



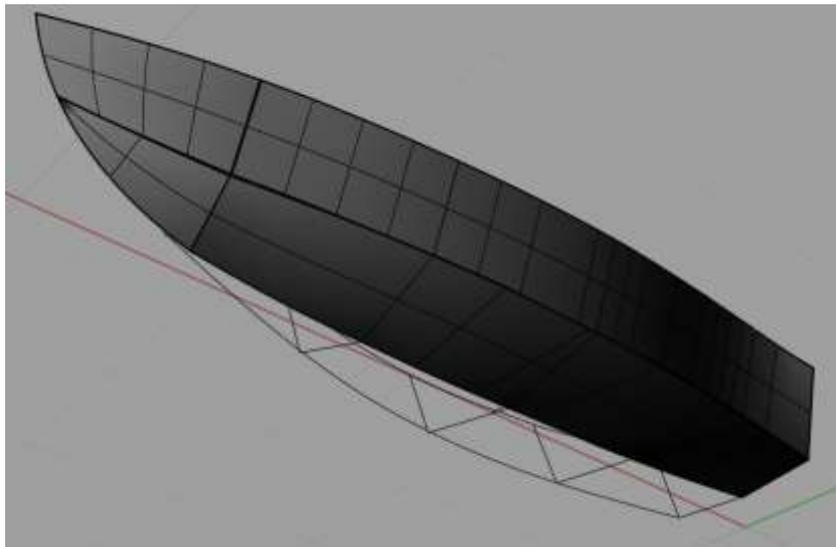
Imp. 20

Y por último la sección transversal de popa (Imp. 21).



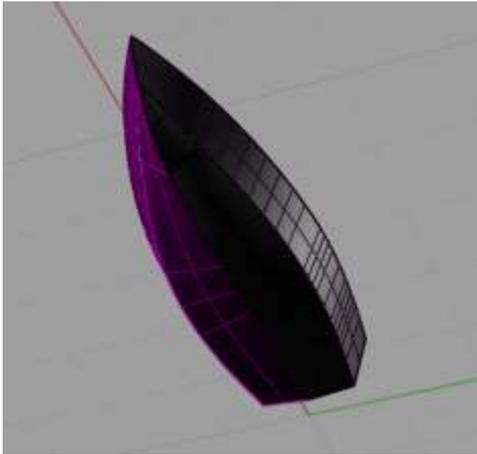
Imp. 21

Al Presionar **ENTER** se crea la superficie. (Imp. 22)

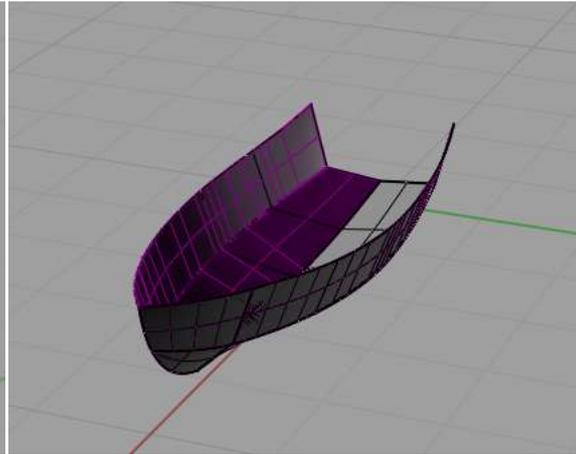


Imp. 22

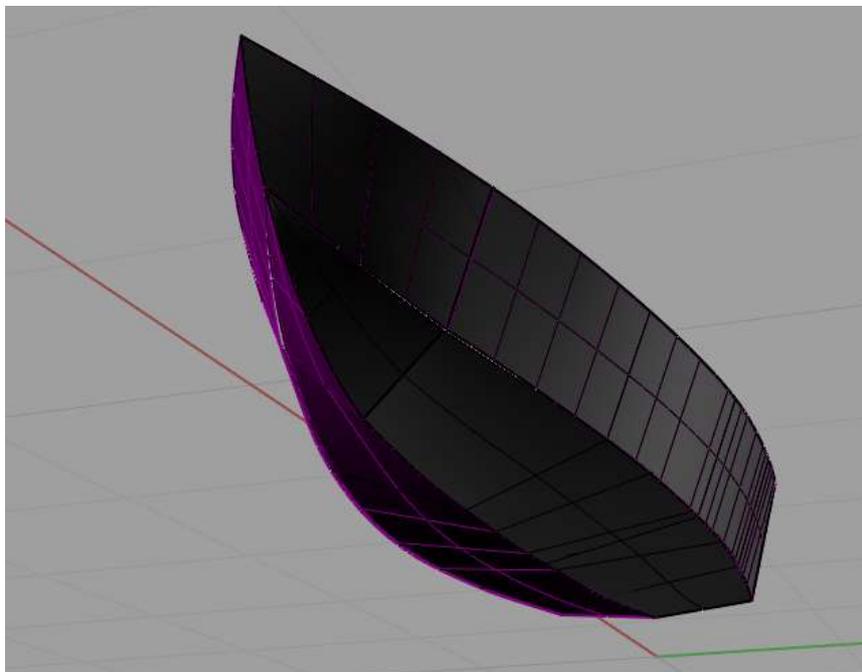
Para la creación de la totalidad de la superficie, se recomienda utilizar **< relejar >** únicamente en el costado de la embarcación. Ya que la parte inferior o panza al ser una curva donde la proa y la popa no están en línea en referencia al centro de la eslora, podrían quedar partes sin unir. Al ser un proceso relativamente sencillo la creación de superficie mediante **< superficie - transición >** se recomienda repetir el proceso. (Imp. 23, 24 y 25).



Imp. 23



Imp. 24



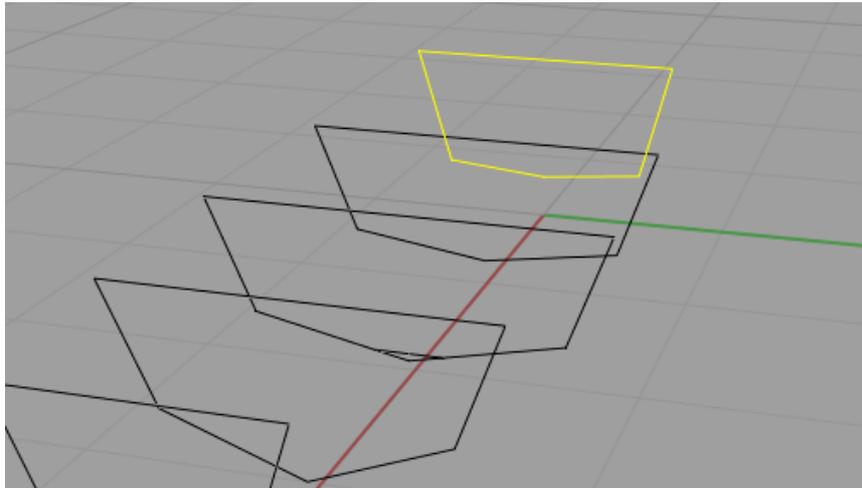
Imp. 25

3.2.6. Creación de las cuadernas y peto de popa en 3D

La estructura básica de las cuadernas se ha realizado con anterioridad para poder extraer de ellas la forma y la estructura 3D de la embarcación

Una vez se tiene la estructura diseñada y al gusto, se procede a realizar las estructuras internas de la embarcación, como lo son las cuadernas y más tarde se añadirán los refuerzos que sean necesarios.

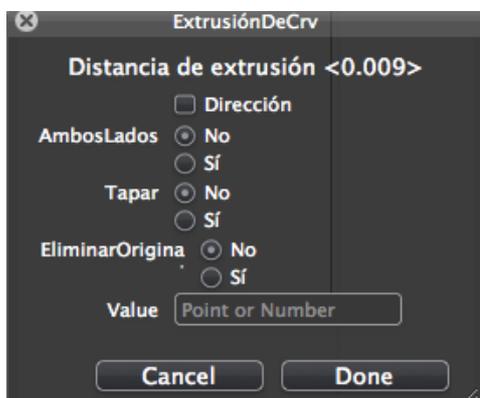
Ahora seleccionaremos todas las líneas que forman en este ejemplo el peto de popa. (Imp.26)



Imp. 26

Una vez seleccionado el peto de popa. Se Utiliza el comando

< Superficie - extrusión de curva- recta >



Imp. 27

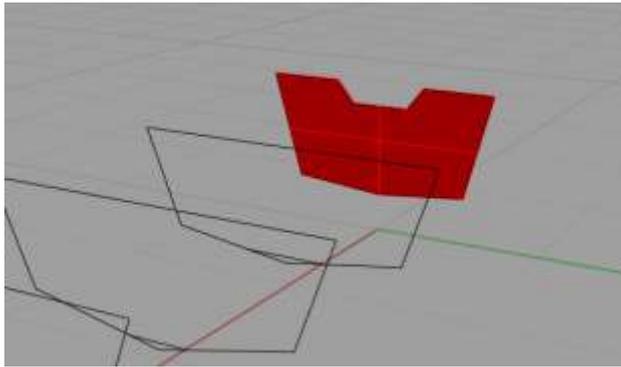
Aparecerá el submenú que se muestra, donde deberemos seleccionar dirección y tapar. (Imp. 27)

De esta forma se da la dirección, deseada a la superficie, que representara el tablón. Y tapándolo simulara perfectamente una lámina de contrachapado.

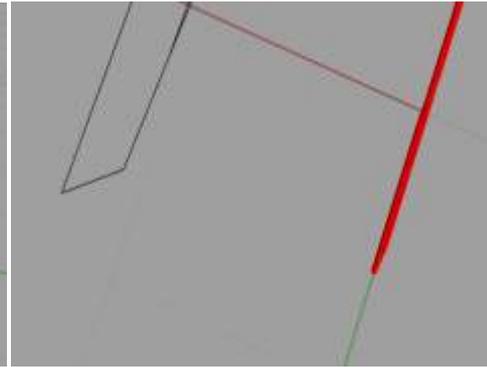
Una vez seleccionemos dirección el programa nos pedirá que seleccionemos el origen y el final de la dirección deseada.

Por último el espesor del panel de las cuadernas es el mismo que pueda tener un panel de contrachapado marino, en este caso encontramos los más usuales y por tanto los que se utilizaran en este proyecto son de 9 mm y 12 mm. Al tratarse del peto de popa, que es donde ira trincado el motor fueraborda, será una buena práctica utilizar el espesor de 12mm.

Por tanto se escribe 12 mm y el programa crea el panel. (Imp. 28 y 29).



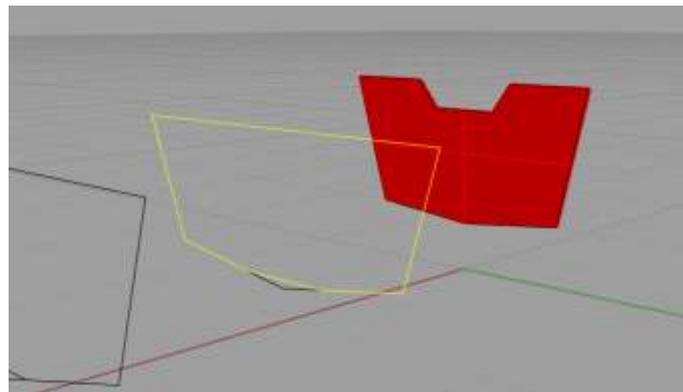
Imp. 28



Imp. 29

Las cuadernas restantes se realizan de la misma forma, pero teniendo en cuenta, que en el momento en que se diseñaron creamos también la forma de la quilla. Esta quilla no la integraremos en las cuadernas por lo que se tendrá que recortar.

O simplemente seleccionar las líneas formantes de la cuaderna de la siguiente forma.



Imp. 30

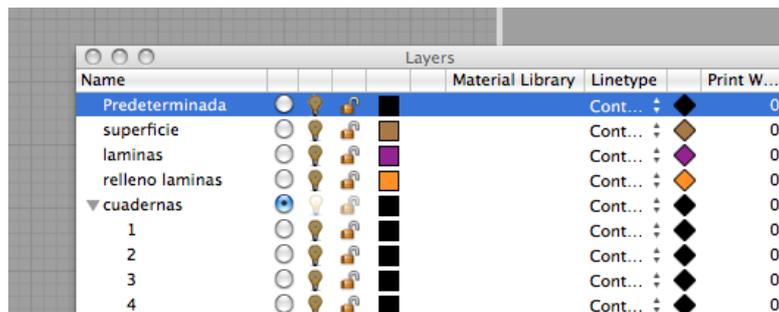
Como se puede advertir, no se selecciona la parte inferior de la cuaderna (Imp. 30), ya que esta será por donde pase la quilla de la embarcación. En este paso del diseño solo se crean las cuadernas.

Al no tratarse de un peto o elemento final no podemos utilizar el mismo proceso que en el caso anterior ya que si no la embarcación estaría dividida por mamparos y al ser una barca no sería práctica su construcción por mamparos.

Es por ello que diseñaremos la cuaderna mediante la simulación virtual de la unión de listones de mayor o menor dimensión de forma que resulte como una costilla unida a la embarcación.

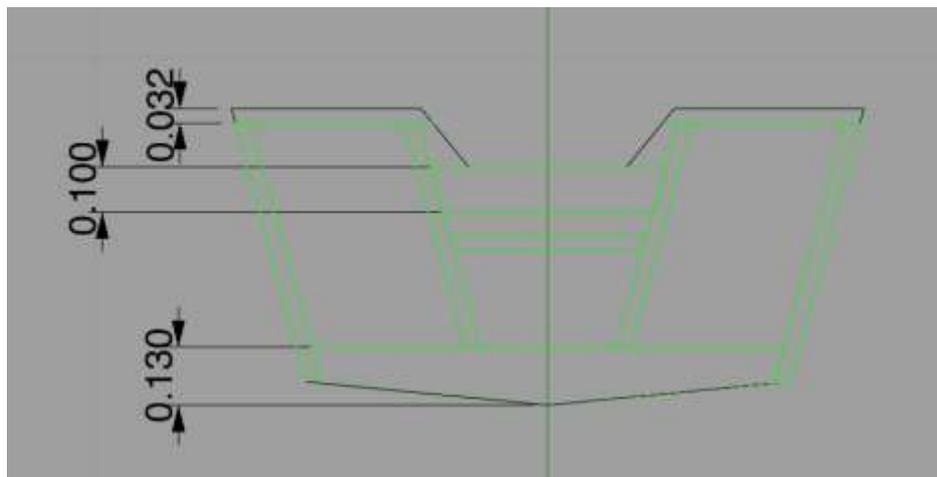
3.2.6.1 Estructura de las cuadernas

Para este proceso se selecciona de forma independiente cada cuaderna y se dibuja sobre ella de forma coherente y plausible los listones que harán el perfil básico. Lo más cómodo es crear una capa con cada cuaderna numerándolas mediante: T para el peto de popa, 1 la contigua empezando por popa y así hasta la última en este caso la cuaderna 4.



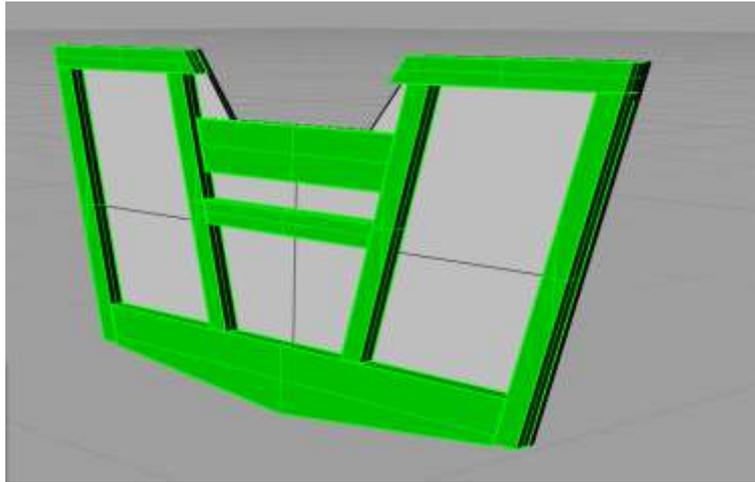
Imp. 31

De esta forma se trabaja más cómodamente

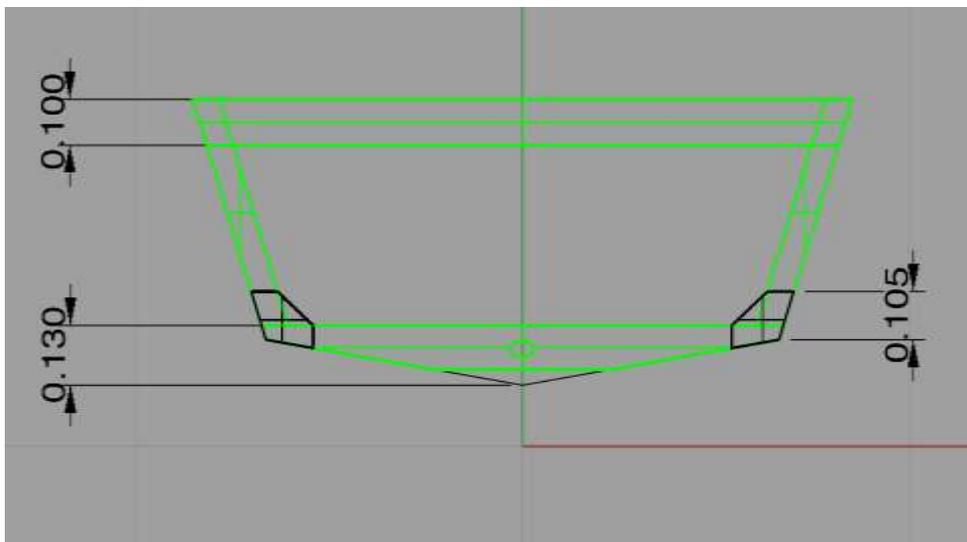


Imp. 32

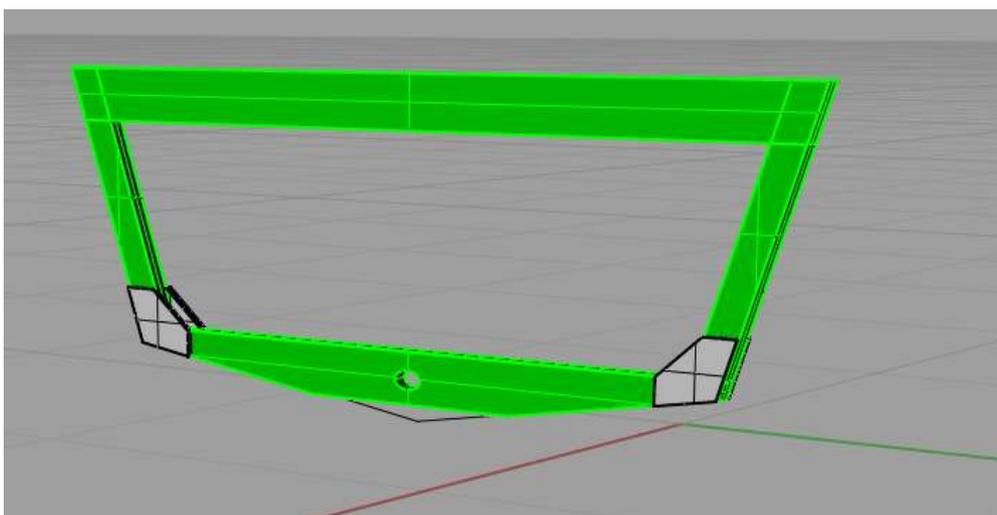
En este caso se han diseñado los listones de refuerzo según el contorno de la estructura de trabajo y las dimensiones de estos son para las listones: 32 x 44 mm el refuerzo inferior: 32mm de espesor y el refuerzo para la sujeción del motor fuera borda será una lamina de contrachapado de 9 mm de espesor.



Imp. 33, peto de popa



Imp. 34, cuaderna 1

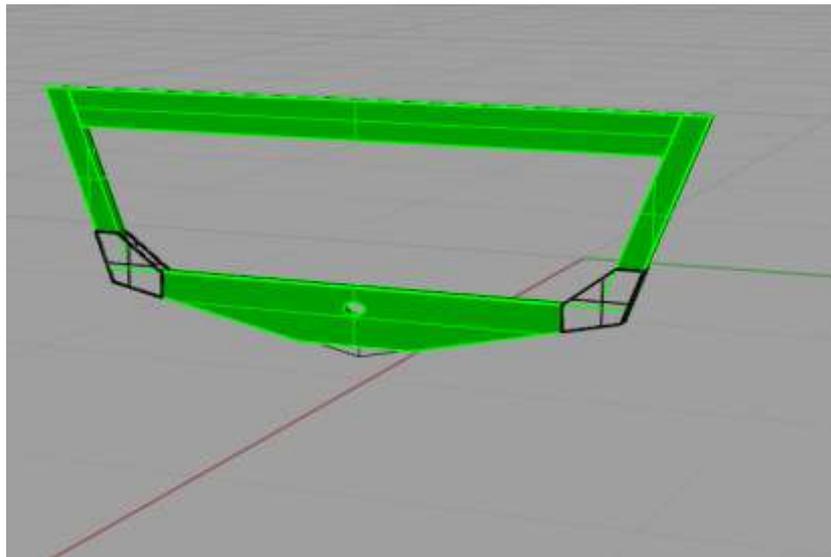


Imp. 35, cuaderna 1

Esta cuaderna 1 está formada por listones o planchas nuevamente siguiendo la forma de la estructura básica. Su espesor nuevamente es de 32mm pero esta vez los listones tienen unas dimensiones de 32 x 68 mm ya que se hace hincapié en reforzar la estructura de la embarcación al no ser un elemento final como podría ser el peto de popa.

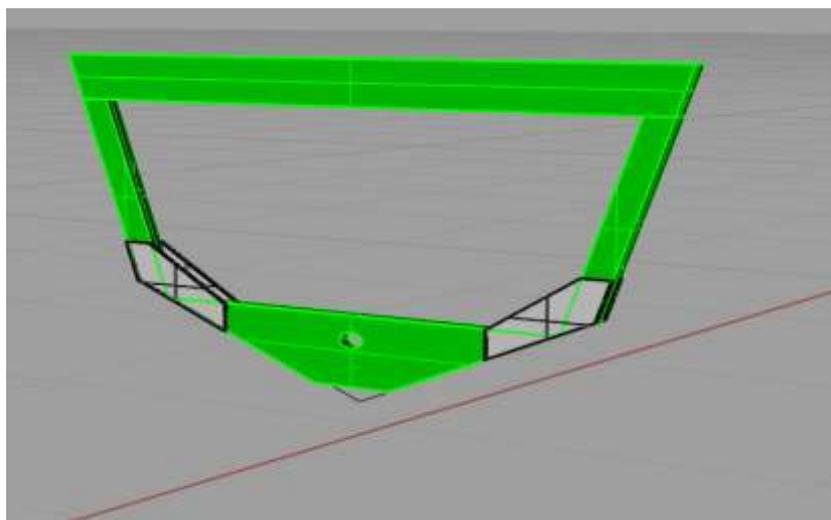
Se añaden unos refuerzos en las esquinas inferiores, para dotar aun más a la cuaderna de resistencia y cohesión. Su espesor es de 9mm al formarse a partir de una lámina de madera contrachapada.

Cuaderna 2



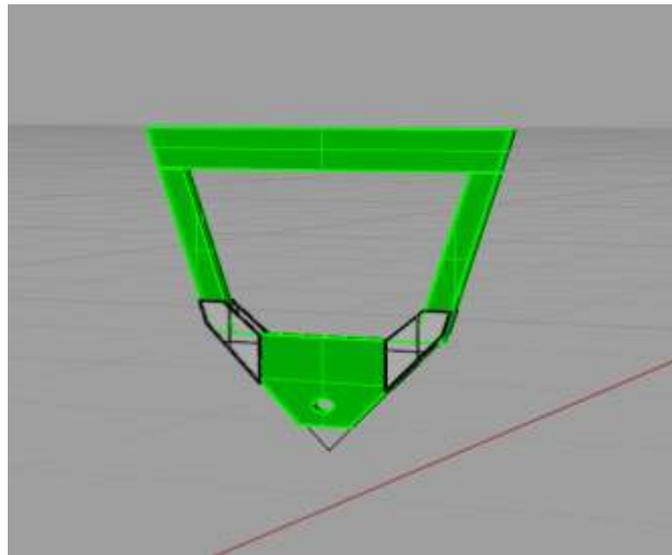
Imp. 36, cuaderna 2

Cuaderna 3

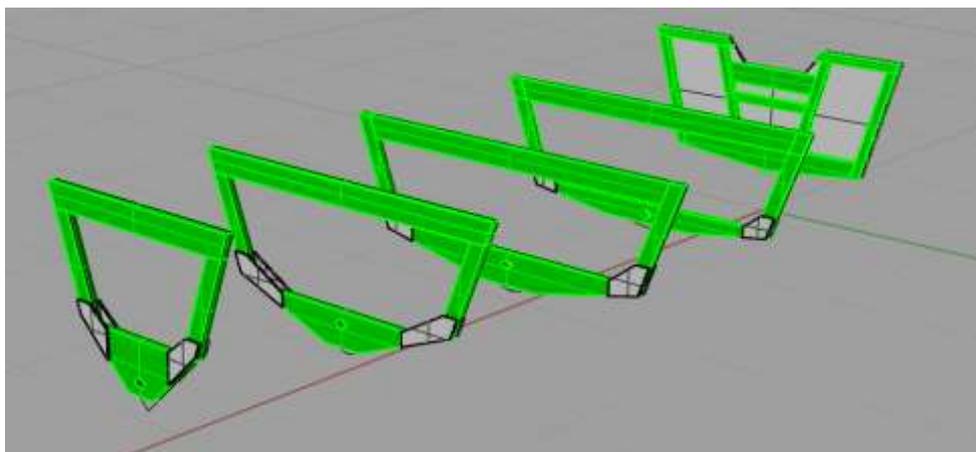


Imp. 37

Cuaderna 4



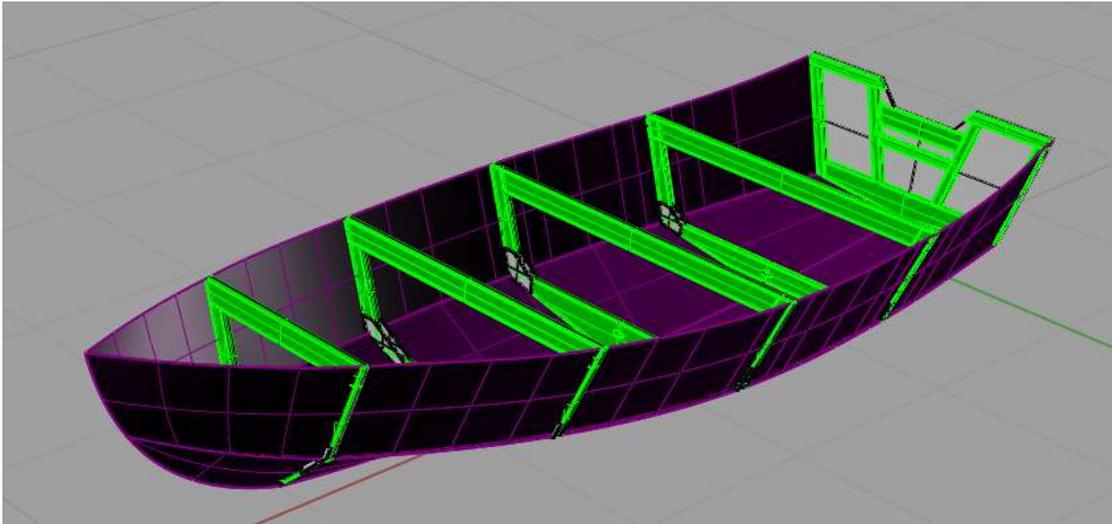
Imp. 38



Imp. 39

Como resultado final, las cuadernas quedan representadas con sus espesores y posición definida (Imp.39).

Al activar la capa ***láminas*** aparece la estructura del forro de la embarcación.

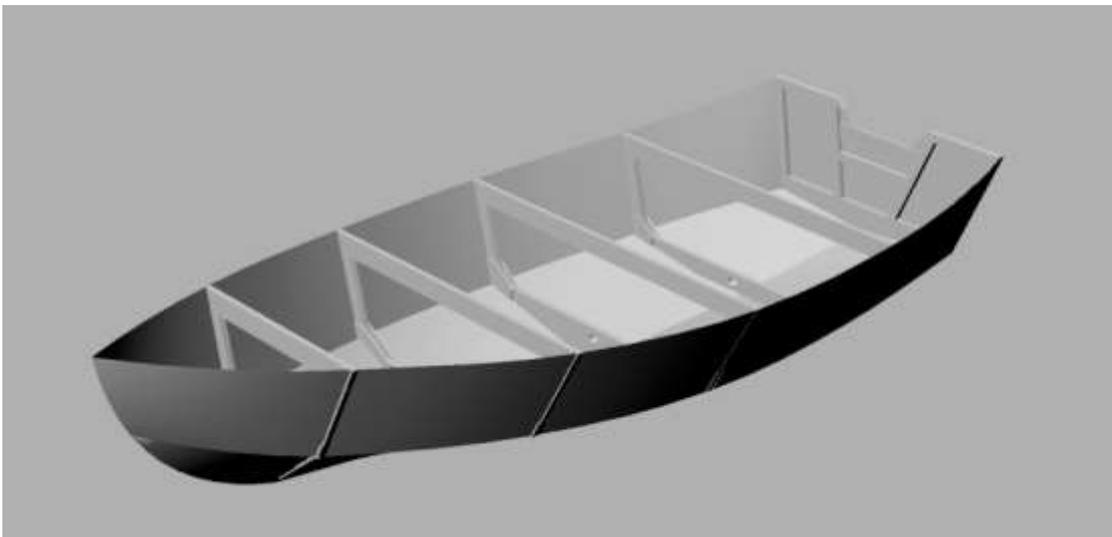


Imp. 40

Se puede observar en las dos capturas de pantalla (Imp. 40 y 41) que las cuadernas sobresalen del forro. Esto se debe a que al realizarse la transición y barrido por dos carriles, el programa no aplica un espesor a la superficie creada.

Este efecto se produce al ser una estructura curva (forro) y las cuadernas no, al tratarse de listones rectos, sobresalen en diferentes puntos.

En el momento de su construcción en madera, estos elementos se deberán biselar.

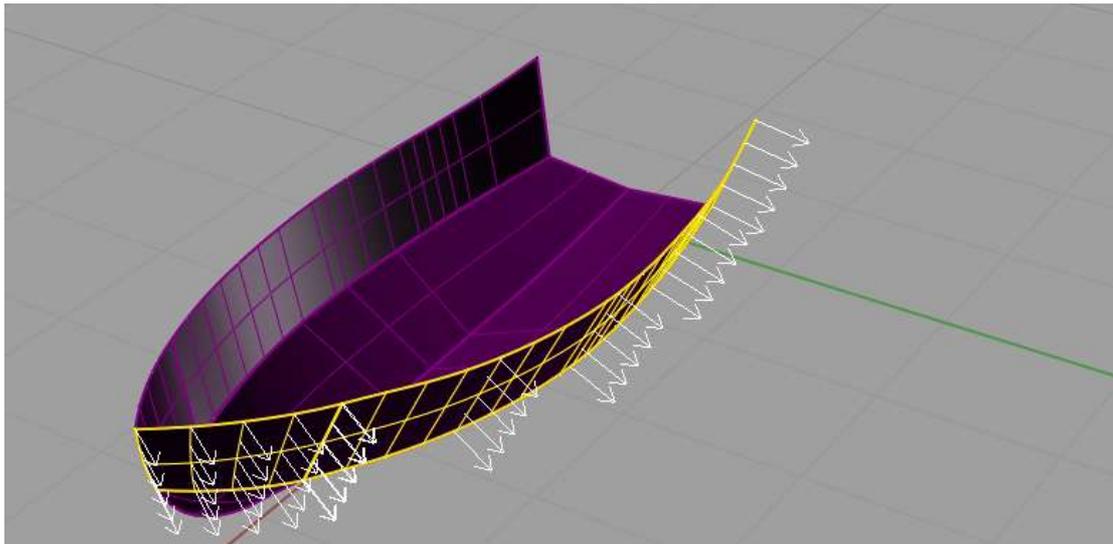


Imp. 41

3.2.6.2 Recorte de las cuadernas

En primer lugar se dota a la superficie del forro de espesor.

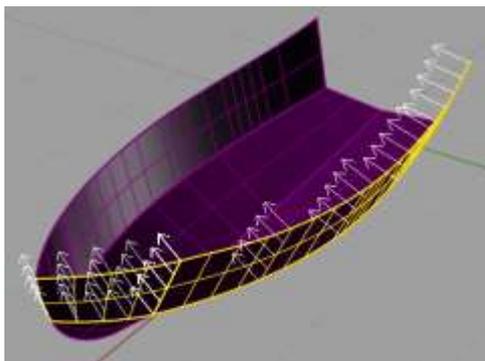
Se utiliza el comando *< superficie- desfasar superficie >*



Imp. 42

Aparecen flechas de dirección, según hacia donde se quiera crear el espesor, deberán dirigirse dichas flechas, hacia el exterior.

Si se quisiera crear hacia el interior, se utilizaría la opción *invertir* y todas las flechas automáticamente se invierten.



Imp. 43



Imp. 44

Para poder crear el efecto de una losa de madera se presiona la opción sólido de la ventana que se muestra a la izquierda (Imp. 44).

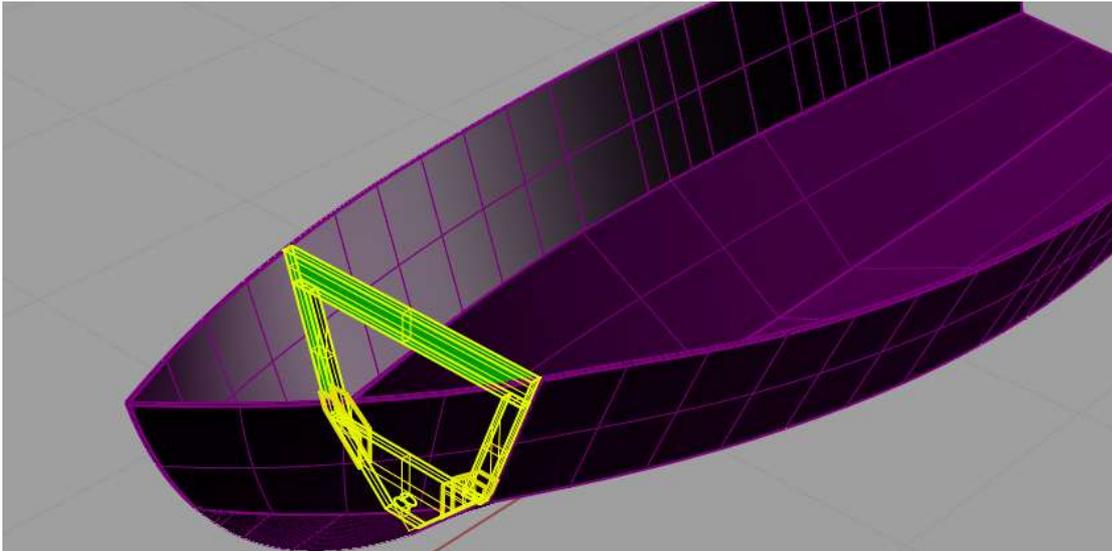
Finalmente en value (valor) se escribe 0.012 para que cree una losa de 12mm de espesor que son las láminas de madera contrachapada que utilizaremos.

Como se puede observar el programa dota de espesor a todo el forro.

Ahora se podrán recortar las cuadernas y el efecto será el correcto.



Imp. 45



Imp. 46

Se seleccionan los componentes que se quieran recortar o ajustar tangencialmente a otra superficie.



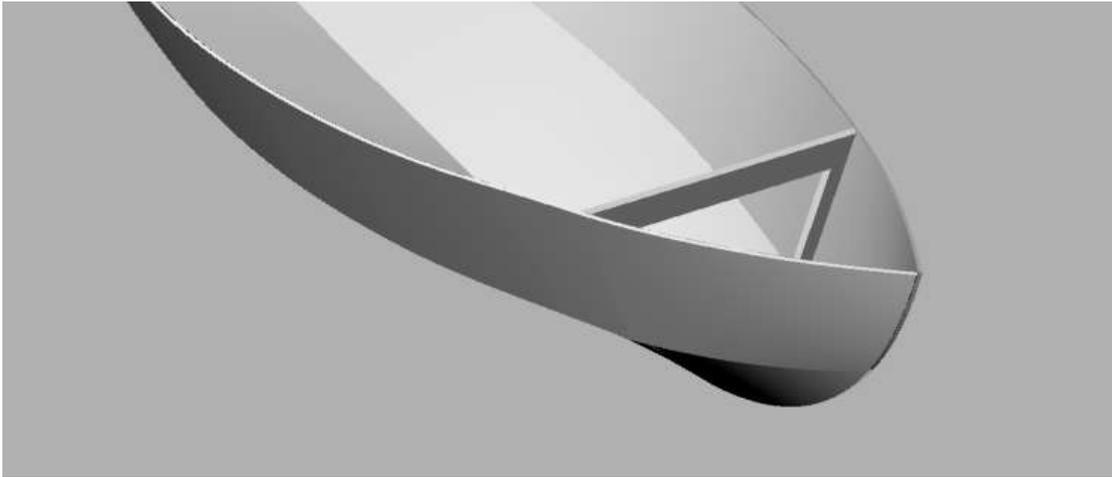
El comando **unión booleana**, al mantenerse pulsado despliega un submenú de trabajo con superficies (Imp. 47).



Imp. 47

En este submenú, se debe seleccionar la opción **intersección booleana**. Este comando recorta y elimina toda superficie que se cruce con otra.

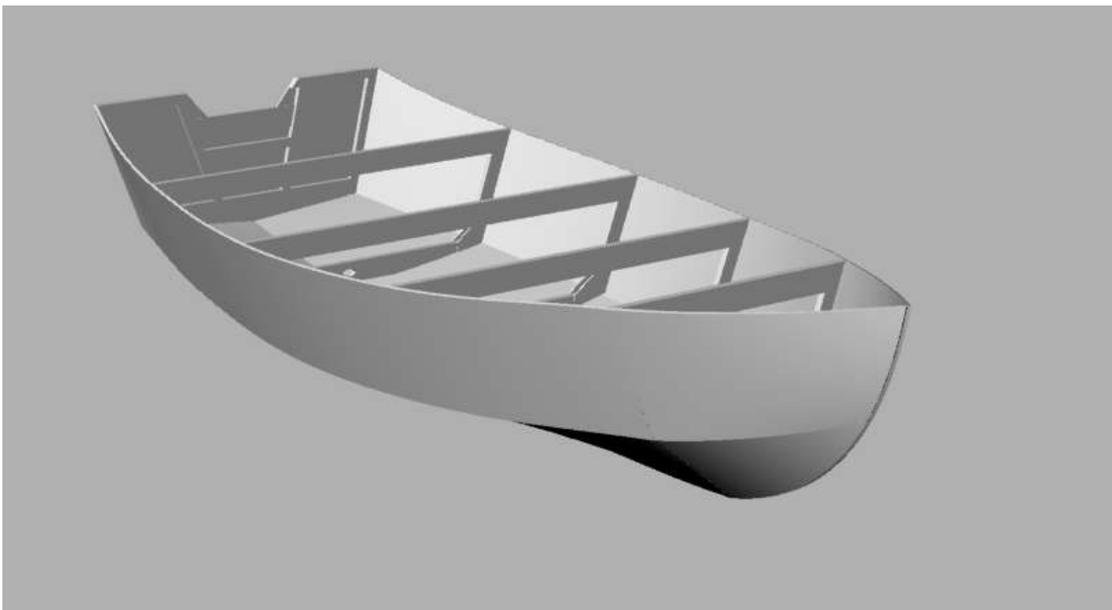
Una vez se aplica este proceso, el resultado que se obtiene es el siguiente (Imp. 48).



Imp. 48

Se debe realizar dicho proceso en todas las cuadernas.

El resultado final es (Imp. 49):



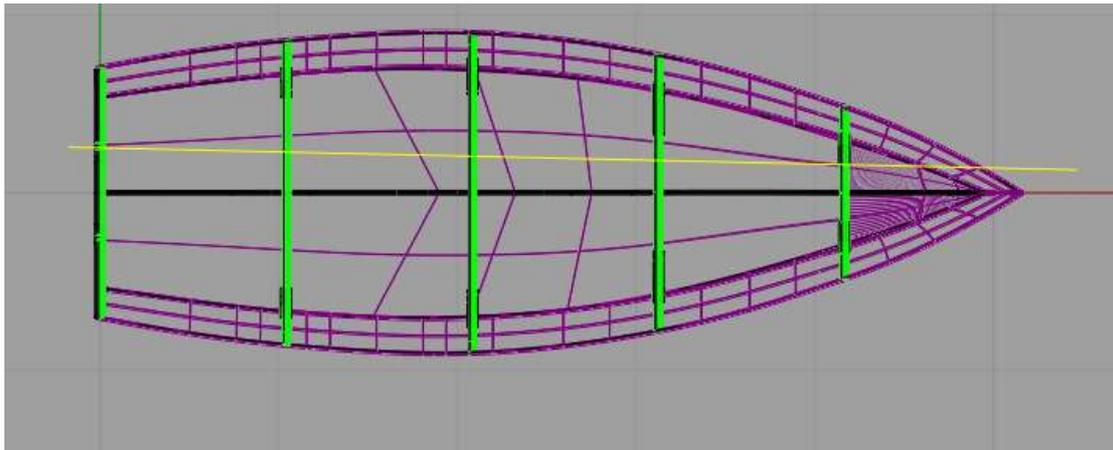
Imp. 49

3.2.7. Creación de larguerillos de refuerzo.

Para ello se debe insertar en el fondo de la embarcación, líneas que simulen los larguerillos y que después se convertirán en listones biselados.

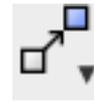
Para ello se utiliza la *vista superior* donde se traza una línea horizontal en aproximadamente la mitad de la lamina que forma el forro del fondo. A partir de esta línea se crea un listón de 32x 44 mm, medida estándar de listones de madera.

Véase en la siguiente imagen (Imp.50).

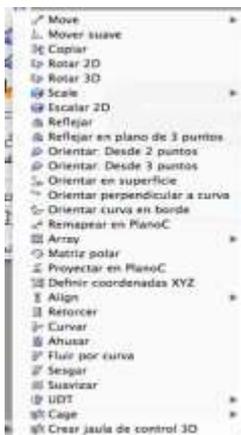


Imp. 50

Se puede apreciar que la línea no es paralela a la quilla, esto se debe a que sino en la parte situada a proa el larguerillo quedaría corto y no se reforzaría el pique de proa.

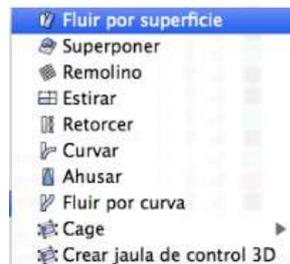


A continuación con el listón seleccionado, se utiliza el comando **mover** donde si al dejar-se presionado se despliega un submenú. Como el siguiente. (Imp. 51).



Imp. 51

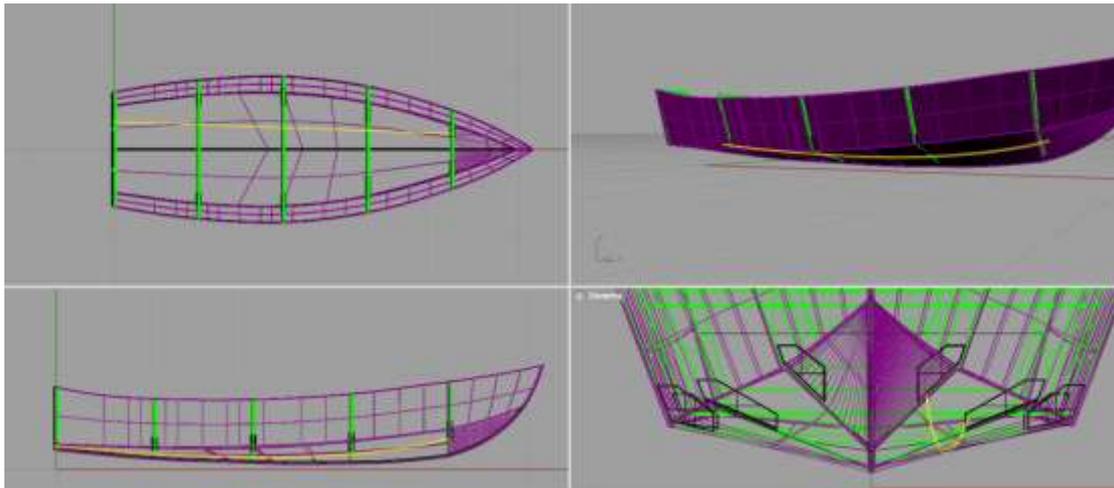
Donde seleccionaremos **UDT** el programa vuelve a abrir una nueva ventana. (Imp. 52).



Seleccionaremos **fluir por superficie**.

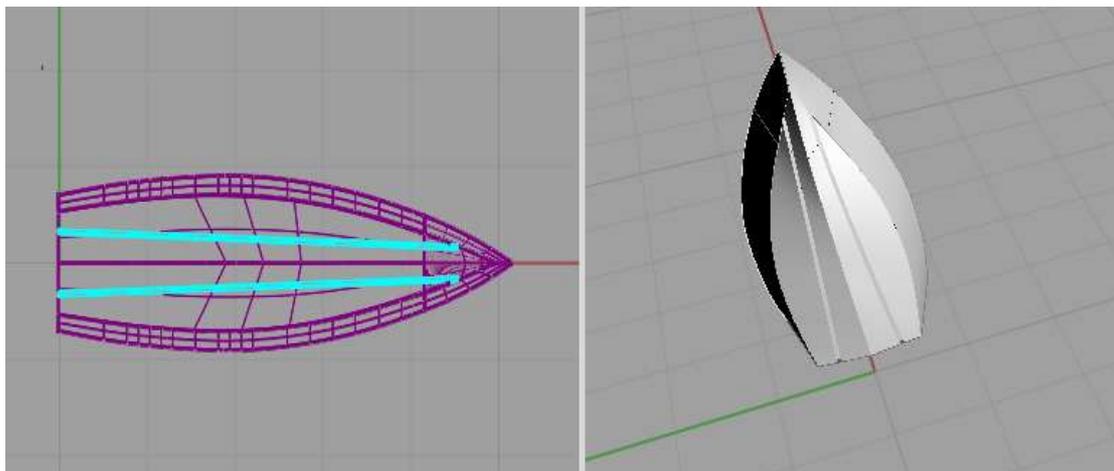
Imp. 52

El programa solita que se seleccione la superficie sobre la que proyectar el listón. Seleccionando la lámina antes mencionada y pulsando **ENTER**, el listón tomara la forma curva de la superficie.



Imp. 53

A continuación, se procede a utilizar nuevamente el comando < **Reflejar** > para así colocar un listón en el lado contrario de forma simétrica y ahorrar así, mucho tiempo.



Imp. 54

Este proceso se puede considerar finalizado, pero para ser aun si cabe, más técnicos y detallistas, ahora se procede a eliminar las partes en común entre los listones y las cuadernas.

Se seleccionan las partes en común con los listones, (varengas de las cuadernas).

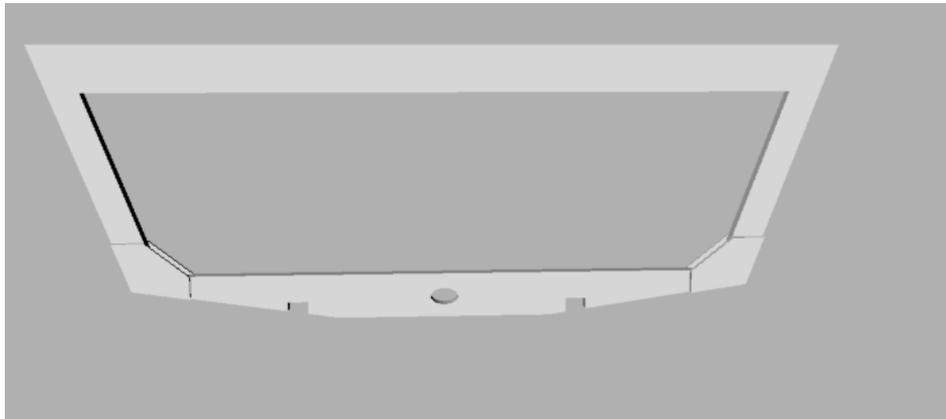
Mediante el comando **unión booleana**  se despliega una nueva ventana, utilizaremos el comando **Diferencia booleana**.

Ahora se seleccionan los listones y aunque estos desaparecerán también lo hará la parte en común con las cuadernas.

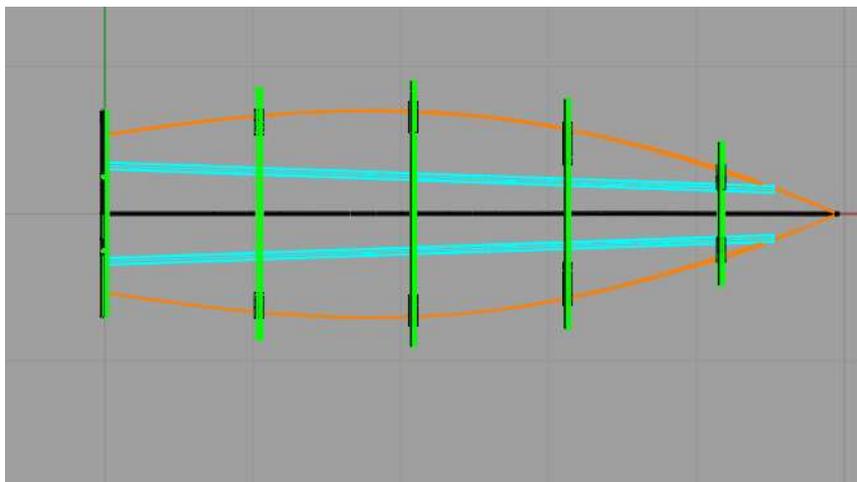
Simplemente realizaremos una copia del listón tendremos finalizado este apartado.

Este último apartado no es necesario, ya que a la hora de construir la embarcación en madera es más fiable marcar, por donde pasa el larguerillo y después cortar la madera,

que no hacerlo antes de tiempo con el riesgo que la madera no se curve exactamente por donde se había predicho.

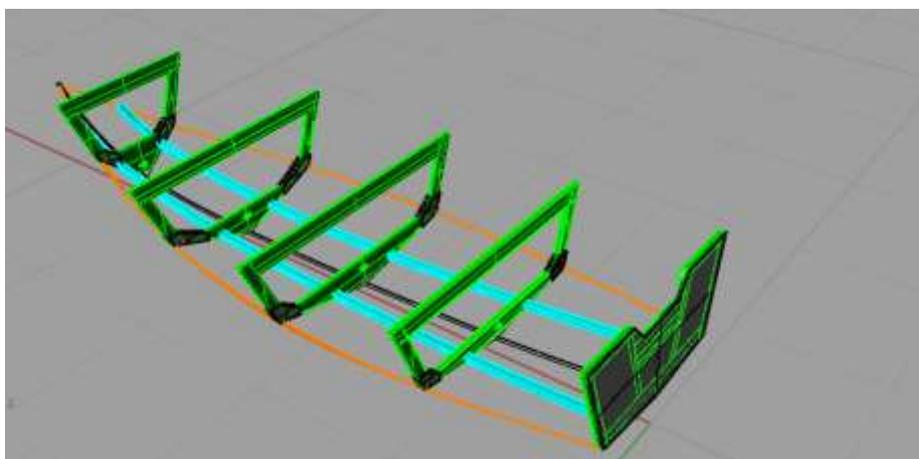


Imp. 55



Imp. 56

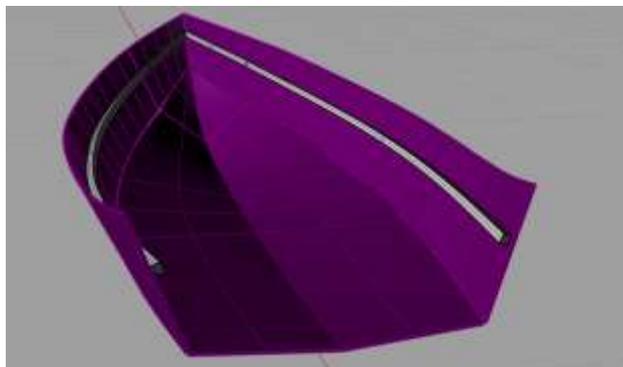
Se realizan los mismos pasos para el total de los larguerillos situados en la zona de las cuadernas, que apoyan en la base de la embarcación.



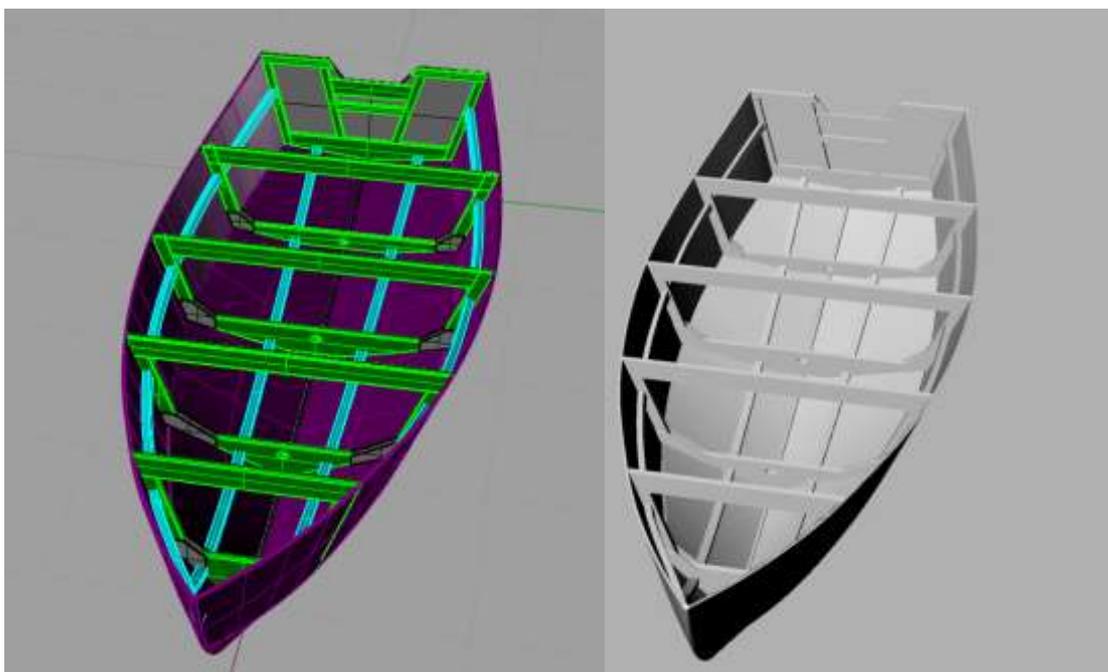
Imp. 57

Posteriormente, se realizan también los mismos pasos para reforzar los costados de la embarcación. Se coloca un larguerillo en ambos costados, a media altura de la lámina de costado.

El resultado final se muestra a continuación: (Imp. 58 y 59).



Imp. 58



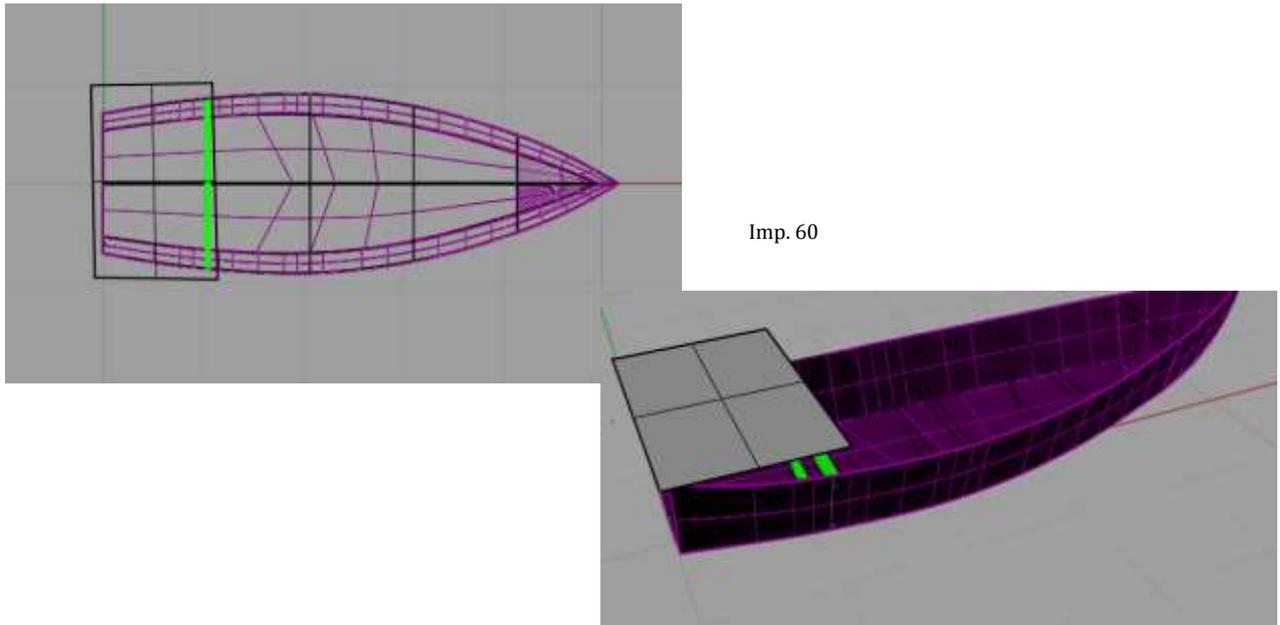
Imp. 59

3.2.8. Creación del plan

El plan, se diseña de modo que este sea lo más práctico posible. Se crean tablones del tamaño de cada clara de cuaderna, de esta forma se podrá desmontar por secciones rápidamente, así se podrá acceder a todos los recovecos de la embarcación.

Se utilizan las bases de las cuadernas a modo de baos, para hacer firmes las planchas que forman el plan de la embarcación.

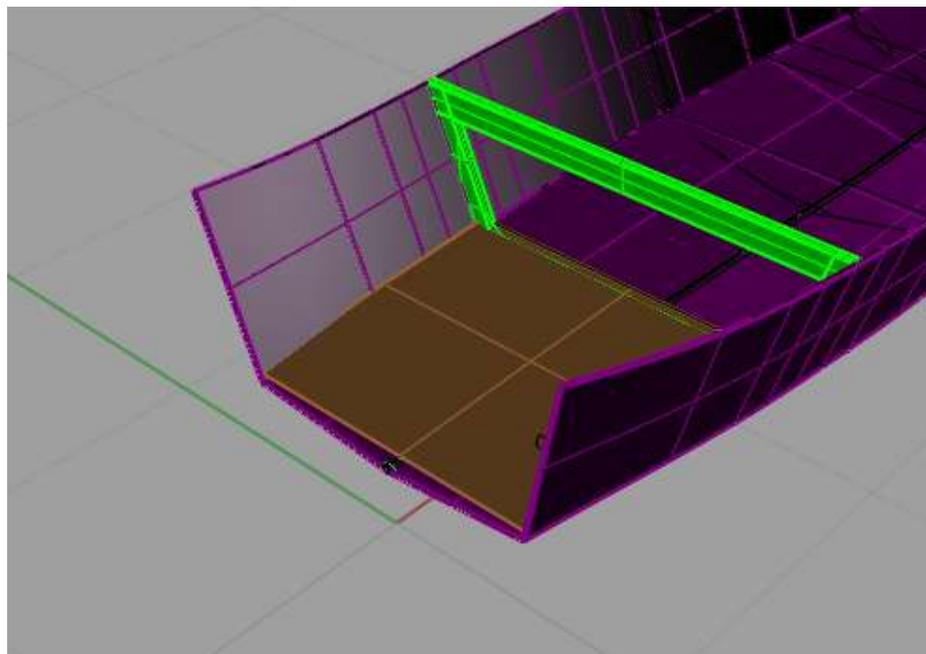
Para ello se crea una superficie plana de tal forma que sobresalga por todos los costados de la embarcación y sobrepase las cuadernas.



Una vez creada esta superficie se coloca sobre la base superior de la cuaderna, que es donde descansara.

Una vez realizado este proceso, se utiliza el comando **< unión booleana- diferencia booleana >** el tablón se recorta según la forma de la embarcación.

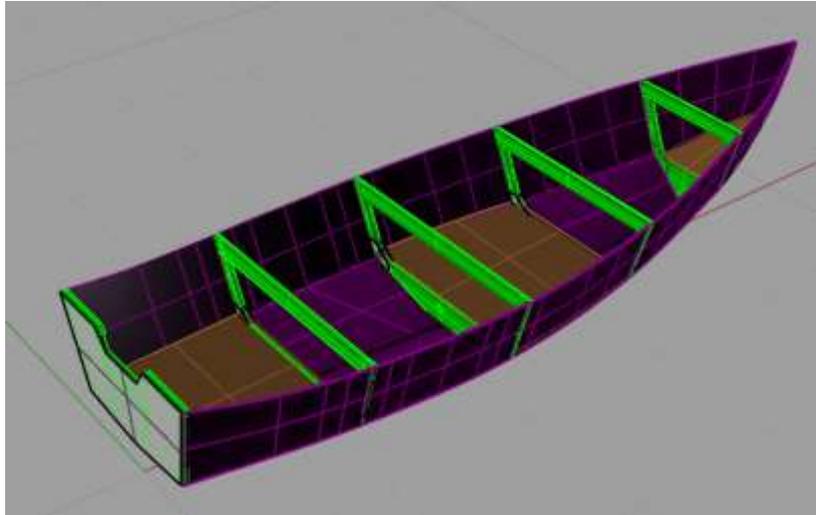
Otro método a utilizar, ya que el anterior a veces puede dar problemas al hacer cortes extraños es utilizar el comando **corte**.



Imp. 61

Se lleva a cabo este proceso con todas las secciones.

Como se puede observar-se pueden extraer los paneles que forman el piso, al gusto.



Imp. 62

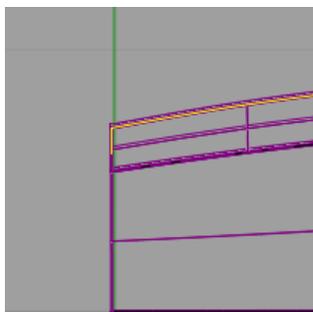
3.2.9. Tapa de regala y barranetes

Para crear la tapa de regala se utiliza el comando ***línea*** ya que de esa forma se puede definir una anchura de esta, al gusto y de forma rápida.

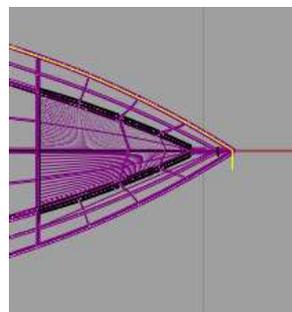
En este caso, las dimensiones son 90x100 mm. Se utiliza esta medida, ya que al diseñarse en 3 Dimensiones se observa que parece un dimensión cómoda.

Utilizando el comando línea, se traza una línea desde proa horizontalmente y se introduce la dimensión deseada, en este caso 0,1 m.

Se copia esta línea y añade en proa, teniendo la misma dirección que la anterior.

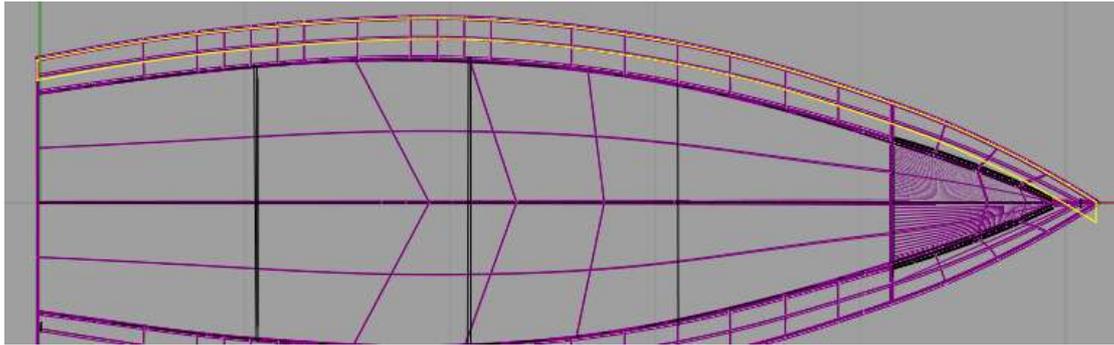


Imp. 63



Imp. 64

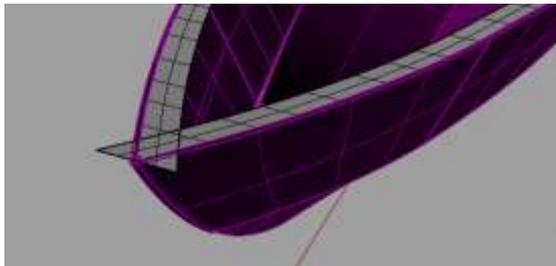
Se unirán los dos extremos de estas líneas de 100 mm copiando y pegando la línea de contorno de la embarcación.



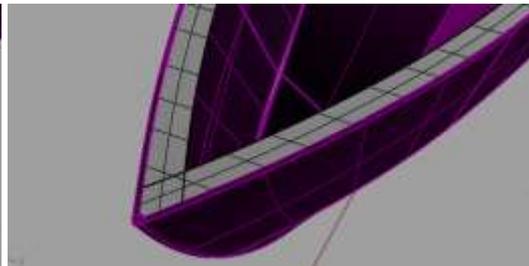
Imp. 65

Ahora se procede a crear la superficie, para ello se utiliza el comando < **superficie – transición**>. Se siguen los pasos que el programa ira solicitando, este proceso es el mismo que en casos anteriores.

Se realiza una **reflexión** para obtener las dos partes simétricas de la tapa de regala.



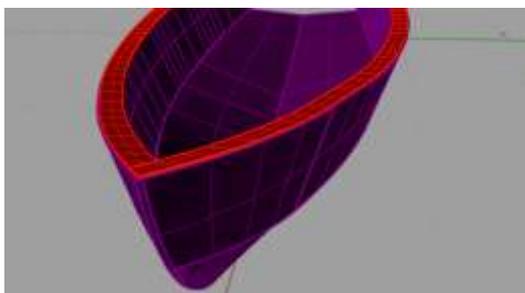
Imp. 66



Imp. 67

Como se puede observar en la roda se entre cruzan las tapas de regala, será necesario recortarlas. (Imp. 66 y 67).

Una vez se ha realizado este proceso, nuevamente la superficie no tiene espesor, por lo que una vez más se utiliza el comando < **superficie – desfasar superficie**> en la ventana emergente se pulsara la opción sólido y en la casilla valor se introduce 0.009 para que el programa haga un listón sólido de 9 mm de espesor, ya que se realiza la tapa de regala con una plancha de contrachapado de 9mm.



Imp. 68

3.2.9.1 Añadir Barraganetes para hacer firme la tapa de regala.

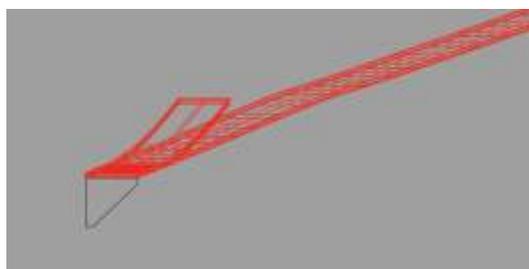
Para poder otorgar firmeza a la tapa de regala, es necesario el añadido de barraganetes.

Se crean unas cuñas, estas se harán firmes en la parte inferior de la tapa de regala teniendo contacto con esta y con el forro de la embarcación.

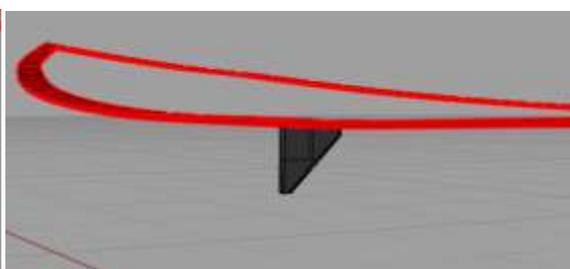
Los barraganetes se construirán a partir de lámina de contrachapado de 9mm.

Se crea una forma mediante el comando línea, la forma puede variar según nos interese por motivos de espacio, fuerzas, etc...

Se dota de superficie y espesor mediante el comando **< superficie- extrusión de curva-recta >** en la ventana emergente se selecciona tapar y en valor 9 mm. (Imp. 69 y 70).



Imp. 69



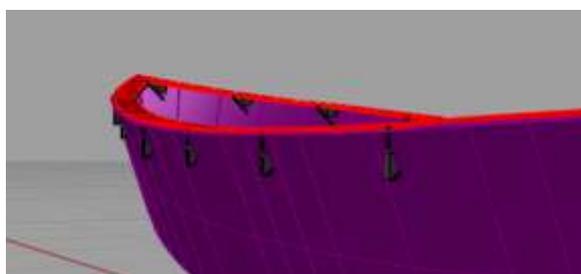
Imp. 70

Una vez se ha creado un barraganete, se copiaran a lo largo del contorno de la embarcación, tantos como se considere necesario.

En este caso cada 50 cm se ha colocado un barraganete, empezando desde el extremo de popa.

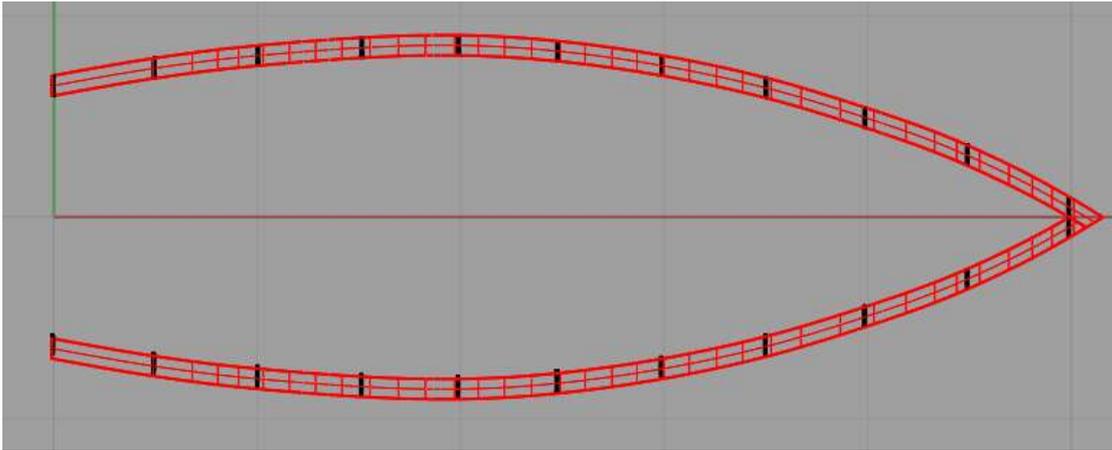
De esta forma por cada costado de la embarcación se incorporan 10 barraganetes.

Surge un contratiempo, esperado en gran medida, al sobresalir parte de los barraganetes por el costado de la embarcación. No es mayor problema que utilizar el comando corte, para tener los barraganetes afinados en la forma exacta de la embarcación.



Imp. 71

Una vez recortados todos los barraganetes de un costado, se utiliza el comando reflexión para obtener el otro costado. (Imp. 72).



Imp. 72

3.2.10. Armazón para la poceta del motor fueraborda.

La creación de la poceta para el motor fueraborda, como muchas otras partes de esta embarcación se puede diseñar al gusto. Dependiendo de las necesidades o usos adicionales que se le quieran aplicar.

Por ello no hay unas pautas a seguir en este apartado.

Se expone el modelo diseñado en este proyecto y las pautas que se han seguido.

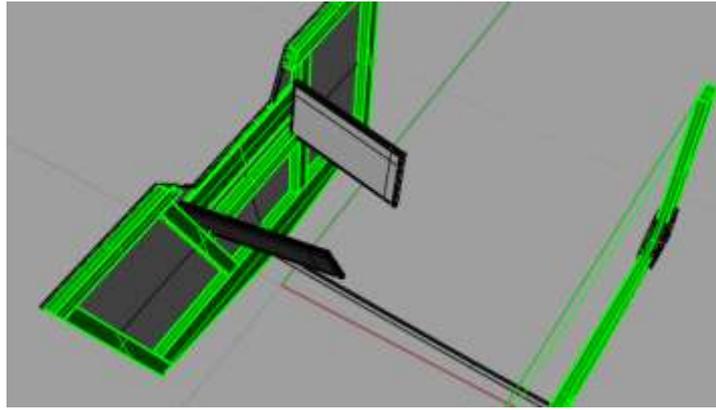
En primer lugar se ha de decidir que extensión tendrá el tablón, ya que este además de formar parte de la poceta, se utilizara como asiento para el piloto.

Se siguen los listones trincados al peto de popa a modo de refuerzo para definir el tamaño y forma de la poceta. (Imp. 33).

Se utiliza un tablón de contrachapado nuevamente de 9 mm.

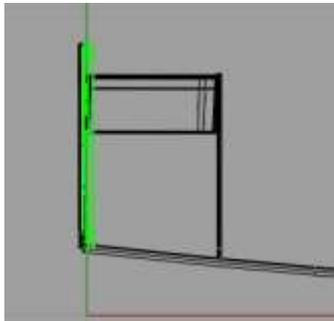
Por ello se utilizara para todo el proceso el comando ***línea***, donde se perfila el contorno a crear y se le otorga a este de espesor mediante el comando ***< superficie - extrusión de curva - recta >***.

Se tenderán a realizar los paneles más amplios de lo necesario para después recortar-los mediante la herramienta ***corte***. 

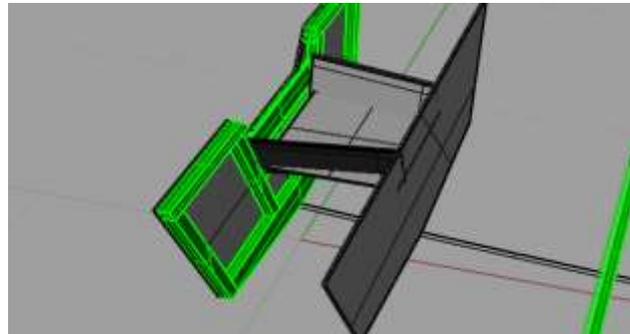


Imp. 73

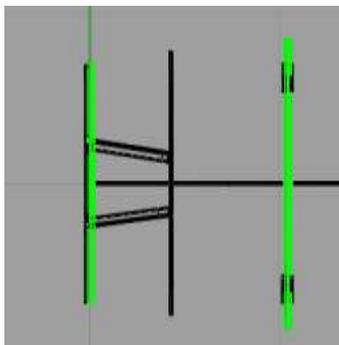
Primero se crean dos tablas siguiendo la inclinación de los larguerillo de refuerzo del peto de popa. (Imp. 73 y 75).



Imp. 74

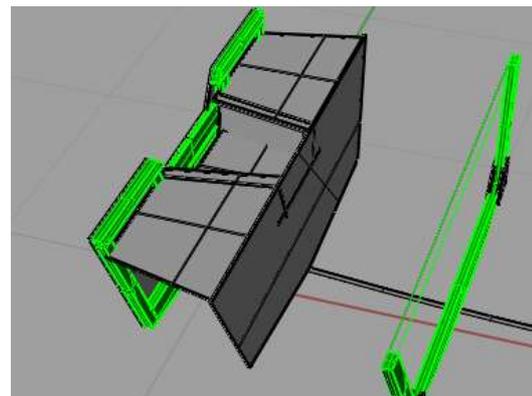


Imp. 75



Imp. 76

A continuación se crea una copia del peto de popa mediante el comando **copia**  y se coloca como pared frontal, creando de esta forma un mamparo. (Imp.74, 75 y 76).

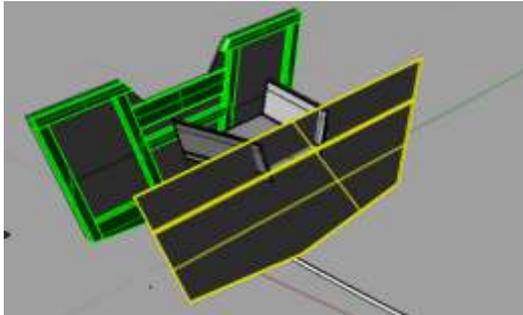


Imp. 77

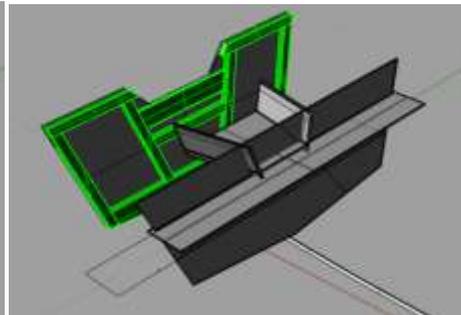
Para finalizar se crean las tablas que formaran la base de la poceta y del asiento para el piloto de la embarcación.

Se secciona el mamparo frontal de forma que se cree una poceta estanca y un cómodo y práctico pañol, para poder almacenar herramientas, cabos u otros utensilios.

Se utiliza la herramienta **partir**  y se selecciona el mamparo que se quiere seccionar, presionaremos **ENTER**.

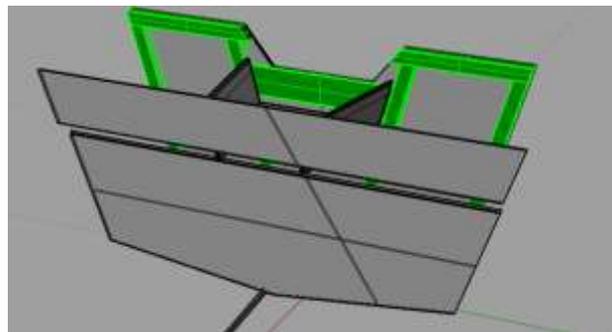


Imp. 78



Imp. 79

El programa solicitará la selección del objeto con el que dividir el mamparo. Para ello se crea un listón de que cruce todo el mamparo frontal. (Imp. 79).



Imp. 80

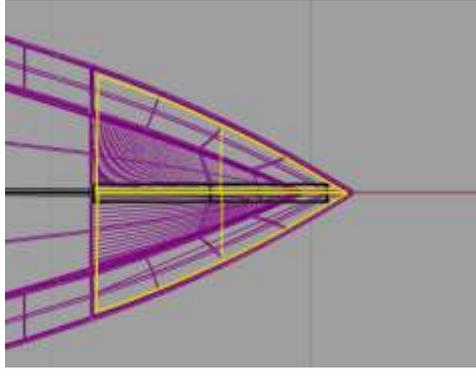
El resultado final es un mamparo dividido en dos secciones. Con la parte superior se hará firme la poceta a la embarcación y la parte inferior se podrá utilizar para resguardar cabos, etc...

3.2.11. cubierta de proa

Este proceso es muy sencillo al haberse realizado la técnica en repetidas ocasiones, a lo largo del manual.

Primero crearemos una superficie del espesor deseado en este caso se puede elegir entre 9 mm o 12mm según se crea conveniente. Se utiliza madera contrachapada de 12mm a fin de desplazar lo máximo posible el centro de gravedad hacia el centro de la embarcación.

Una vez creada la superficie se coloca en posición y mediante el comando **cortar** se recortan todas las partes salientes.



Imp. 81

A fin de formar una estructura resistente, se instala un tablón central de 25x68 mm.

Puede ver-se en la imagen superior, un listón situado en el centro de la estructura a color negro, se le denomina listón central. (Imp. 81)

Este listón central se hace firme entre la cuaderna 4 y la proa de la embarcación.

3.2.12. Roda laminada.

La roda se construye mediante láminas de madera contrachapada a fin de crear una roda laminada. El propósito de este tipo de fabricación no es otro que el dotar a la roda de más resistencia en todas sus direcciones.

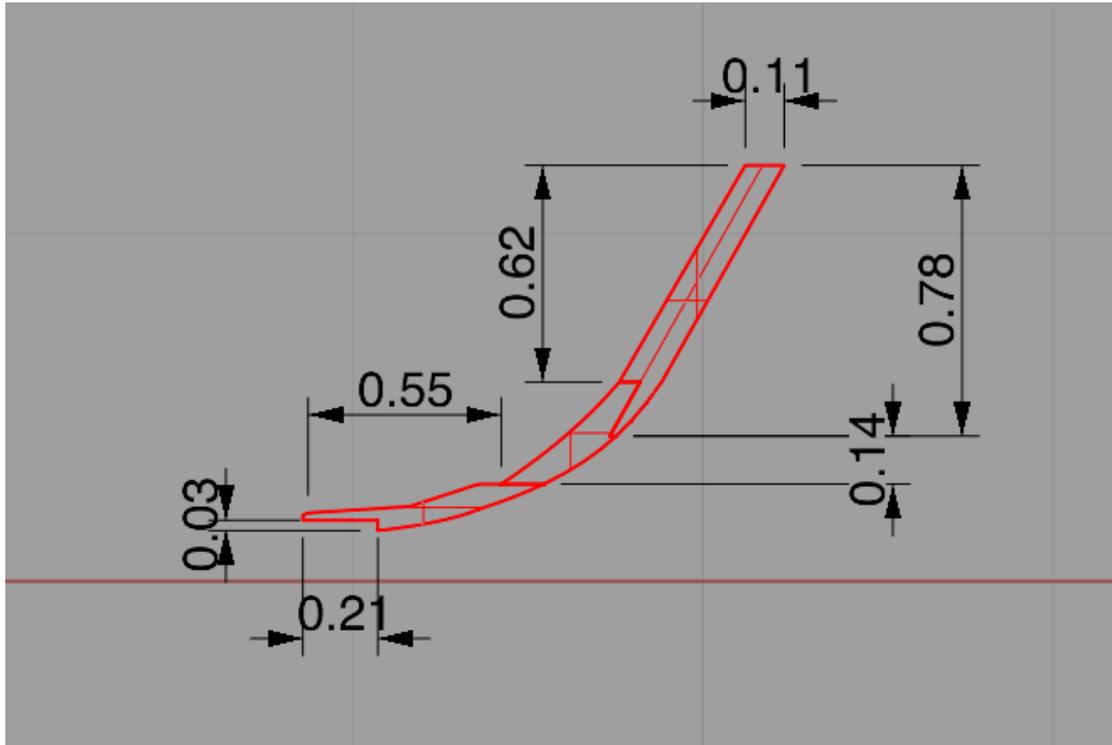
La madera laminada consta de un número impar de hojas y cada una de ellas se dispone en direcciones opuestas.

Por ello se utilizan planchas de madera contrachapada, de 4mm de espesor y se unirán 3 mediante adhesivo epoxi.

En primer lugar se diseña el modelo de la roda siguiendo el contorno de la embarcación. Se tendrá en cuenta que al no ser una única pieza se tendrán que construir 3 rodas con cortes diferentes para evitar que se concentren las tensiones.

El proceso es más creativo que no técnico al tener que seguirse un contorno, simplemente dotar de suficiente espesor y anchura a la roda.

El modelo de esta guía es el siguiente. (Imp. 82).



Imp. 82



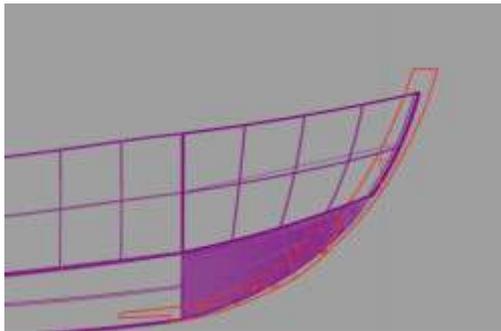
Imp. 83

Como se puede apreciar, cada lámina de roda está formada por tres piezas unidas entre sí. A la hora de realizar el diseño 3D resulta innecesario, crear las tres láminas y unir las entre sí.

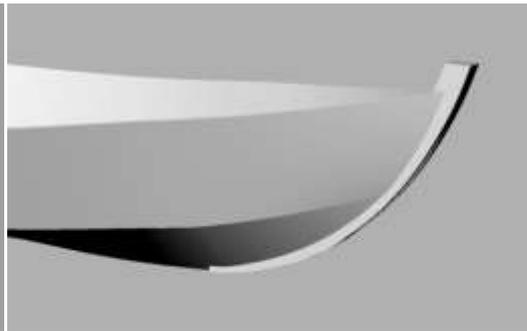
Un proceso más efectivo es el de realizar una forma, como la aquí mostrada y otorgarle un espesor de 12mm. Que será la suma de las tres láminas de 4 mm.

En el momento de la construcción, reproduciremos este croquis sobre la madera con ayuda de un punzón u otra herramienta, simplemente con trasladar los cortes para que no se superpongan será suficiente.

Por último se coloca la roda de forma que sobresalga unos centímetros de proa a fin de tener un madero firme sobre el que se puedan dar los típicos impactos que reciben las embarcaciones, al ser amarradas en un pantalón u otro lugar de atraque. (Imp. 84 y 85).



Imp. 84

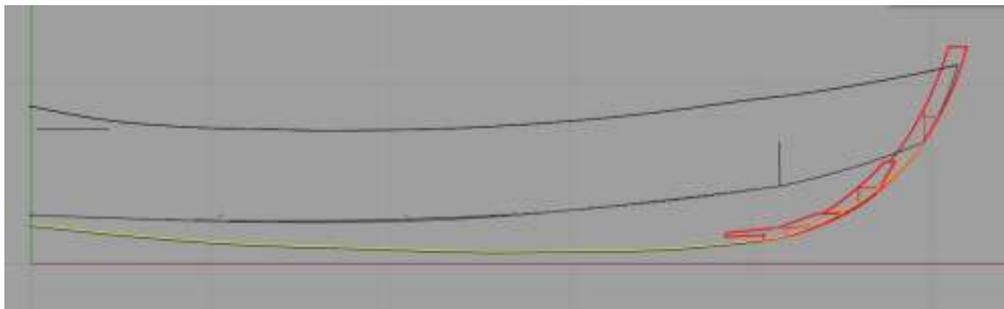


Imp. 85

3.2.13. Quilla biselada

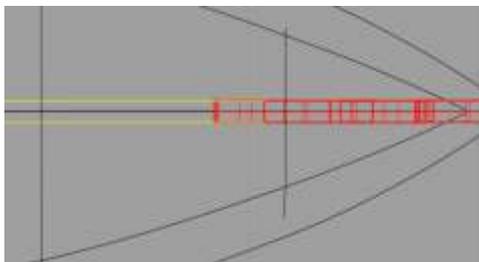
Como último paso estructural importante, se diseña la quilla central, que en este caso será una estructura biselada a fin de otorgar a la embarcación de un pequeño saliente, que actúe como falsa quilla a fin que la embarcación no derive en exceso.

En primer lugar se selecciona la línea original que se estableció en un inicio como quilla central y que da la forma de la embarcación. Se realiza una copia de dicha línea y se traslada de forma que coincida con el final de la roda.



Imp. 86

Se realiza una copia de esta nueva línea recortada a la longitud necesaria y se plasma una copia en paralelo al otro extremo de la roda. Tal y como se representa en la Imp. 87.

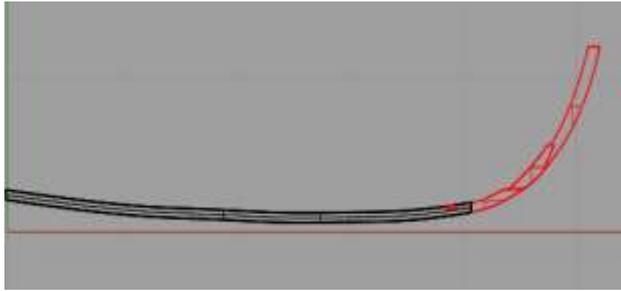


Imp. 87



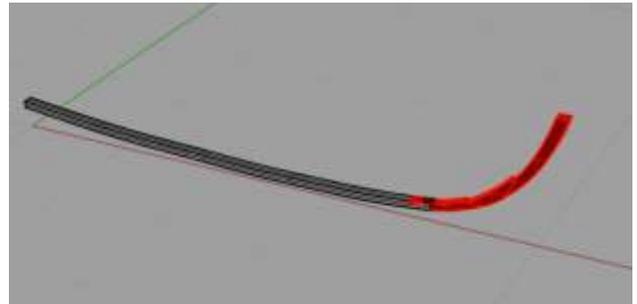
Imp. 88

Una vez en paralelo se utiliza el comando **< superficie- transición >** teniendo las dos líneas seleccionadas, se crea una superficie con el arrufo de la embarcación, ahora se le ha de dotar de espesor.



Imp. 89

Al tener creada la roda, lo más cómodo es seleccionar la nueva superficie y utilizar el comando **< superficie - desfasar superficie >** seleccionaremos tapar y llevaremos el espesor hasta coincidir con el de la roda.



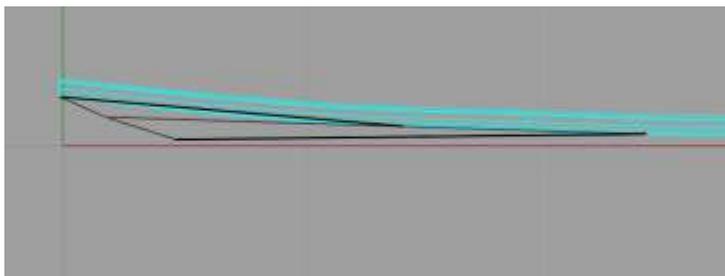
Una vez finalizado este proceso se añade la falsa quilla.

Para ello se añadirán a los listones que forman la quilla exterior otro con la forma de falsa orza.

Se establece la forma que se le quiera dar a la falsa quilla mediante el comando **línea**.

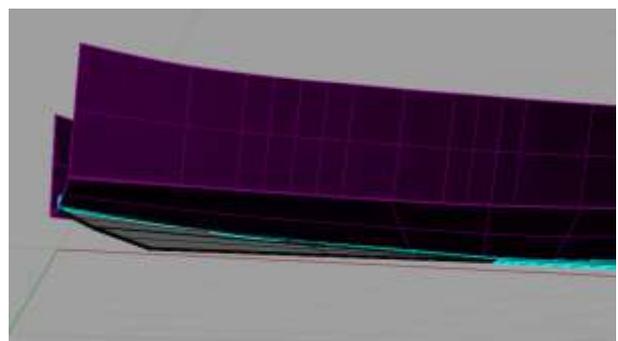
Una vez establecida la forma básica en 2D se procede a convertirla en una imagen 3D del modo habitual.

Con el comando **transición** se seleccionan las dos líneas paralelas entre sí, de la pieza que se quiere convertir en 3D y automáticamente este efecto se crea.



Imp. 90

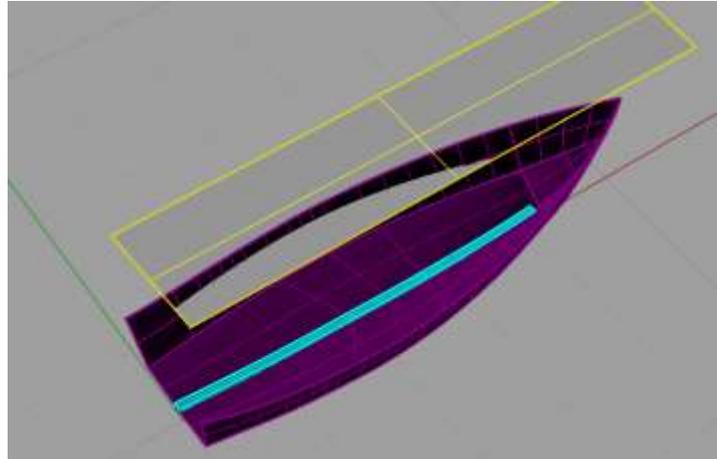
El resultado final, es el que aquí se Muestra, pudiendo adelantar o retroceder La falsa quilla según gustos.



Imp. 91

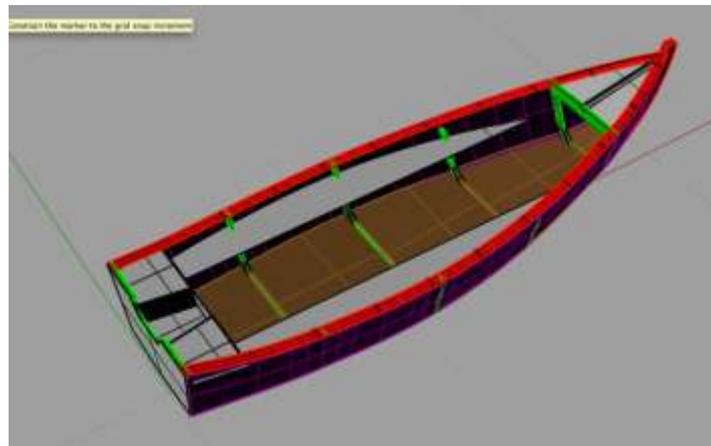
3.2.14. Asientos de pasajeros

Para realizar los asientos de pasajeros simplemente se tendrá en cuenta que se disponga de un elemento estructural fijo para poder hacer este firme a la estructura.



Imp. 92

Presentar la bancada de asientos a lo largo de la embarcación, crea un problema de escora, al ser una embarcación pequeña. Es muy probable que en el momento de navegar se haga con el piloto y otro Pasajero con lo que la embarcación quedaría escorada.



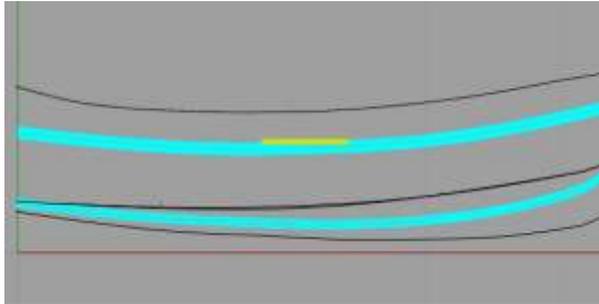
Imp. 93

Este problema no sucede en el caso de colocar la bancada en el centro de la embarcación transversalmente.

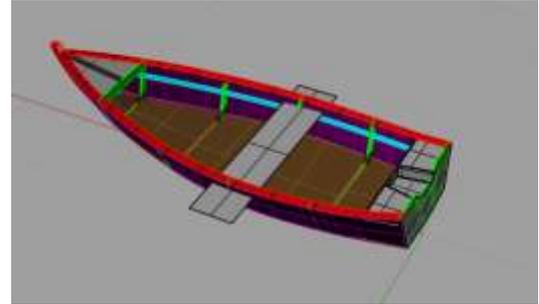
Por estas razones se realiza el modelo con bancada central trasversal, a partir de una lamina de contrachapado de 12 mm.

Se crea una lamina de dicho espesor, que sobresalga de la embarcación en su manga, posteriormente esta lamina se afina a las dimensiones de la embarcación mediante el comando **corte**. (Imp. 95).

Para otorgar a esta de la suficiente resistencia, la bancada se coloca de modo que los larguerillos de costado actúen como baos, sosteniendo la bancada en sus extremos. (Imp. 94 y 96).

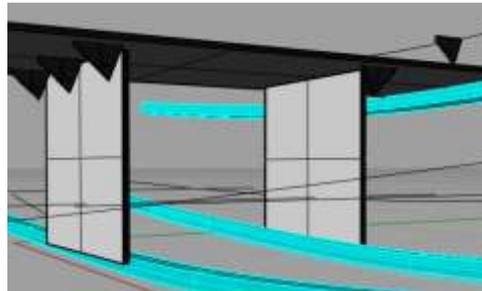


Imp. 94



Imp. 95

Además se añaden dos plafones en vertical que actúan como puntales de dicha bancada, Se unirá la bancada a los puntales mediante, los mismos barraganetes que anteriormente se utilizaron para hacer firme la tapa de regala. (Imp. 95).



Imp. 96

Finalizado este último elemento de la embarcación únicamente restan añadir elementos opcionales y detalles, como puedan ser bitas, cornamusas, compartimientos para diversos usos, etc...

3.2.1 Proceso de Alisado de la Superficie, antes de trabajar con Maxsurf pro.

Una vez finalizada la embarcación, se procede a tratar la superficie de la embarcación.

Ya que al tratarse de un programa de diseño en 3D, cada movimiento en una dimensión afecta directamente sobre las otras dos, pudiendo crearse deformaciones a lo largo de una superficie.

Existen diversas herramientas para seccionarse, que dicho contratiempo no ha sucedido.

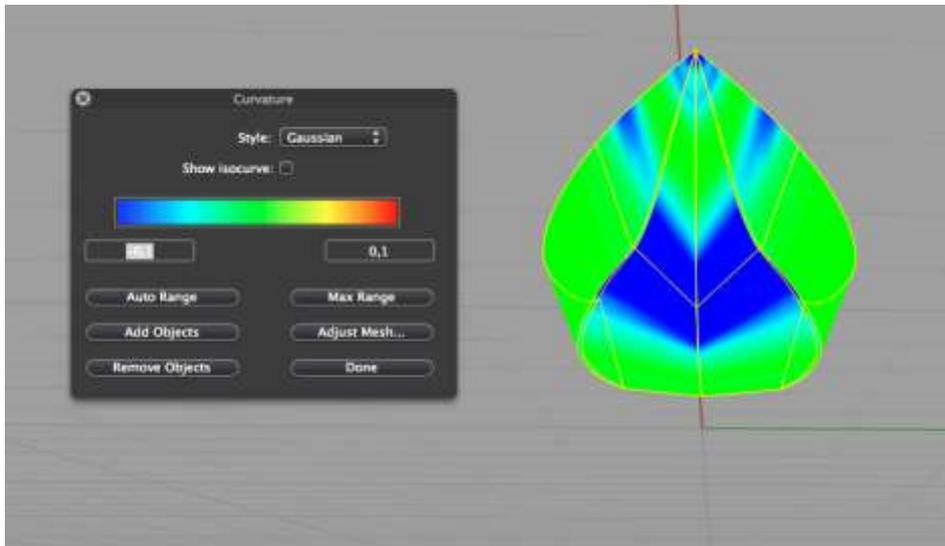
Se utiliza la herramienta cebra o luz de alambre y por el método de curvatura de Gauss. . Se encuentran en el menú **< análisis- superficie-cebra>**, **< análisis-superficie-(luz de alambre) y <análisis-superficie-gauss>**

Las curvas de Gauss son una herramienta matemática aplicada a una superficie. Este tipo de análisis nos permite distinguir las curvaturas presentes en una superficie.

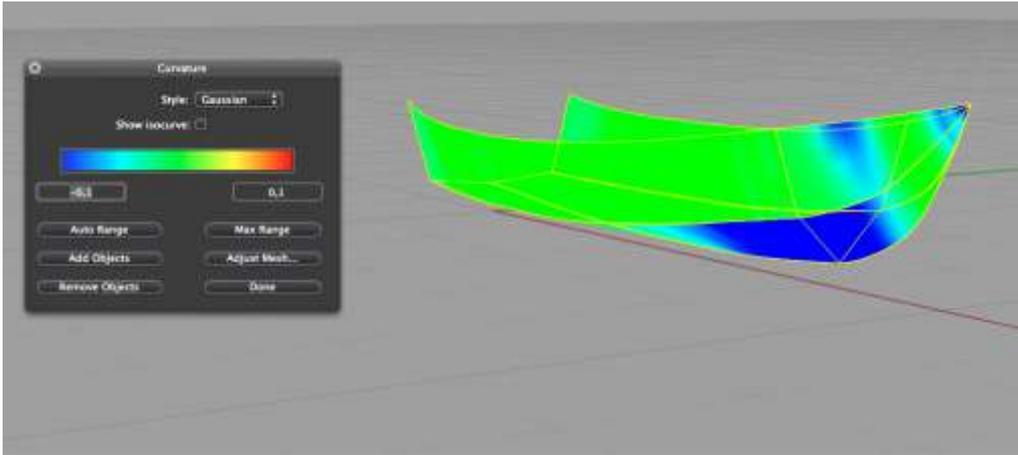
1. La curvatura de gauss será positiva cuando la tangente de la superficie toca dicha superficie en un solo punto.
2. Será negativa cuando la tangente toca en más de un punto de la superficie.
3. Por último será nula, cuando se pueda trazar una generatriz recta sobre la superficie.

En el caso de esta embarcación, debería apreciarse una curvatura de gauss negativa. Al tratarse de laminas planas en su mayoría.

Véase la impresión de pantalla siguiente:



Imp. 97



Imp. 98

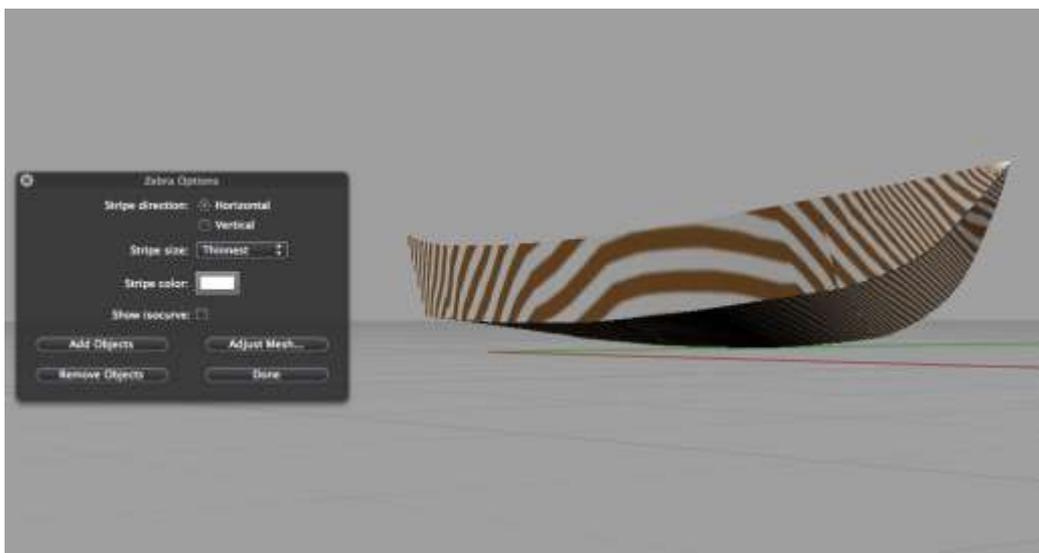
Se puede apreciar el valor para una curvatura Gaussiana es nula para un rango de color verde.

En su mayoría de la embarcación se da este efecto, siendo negativo en la parte de proa debido a las curvaturas de estas láminas.

Al no detectarse valores positivos, se puede estar seguro que no habrá efecto de "ensilladura".

Un método no matemático y por tanto más sencillo de comprender a simple vista. Es la superficie de cebra, donde quedan reflejadas las uniones entre superficies y abolladuras presentes en esta.

Es un método muy sencillo y visual.



Imp. 99

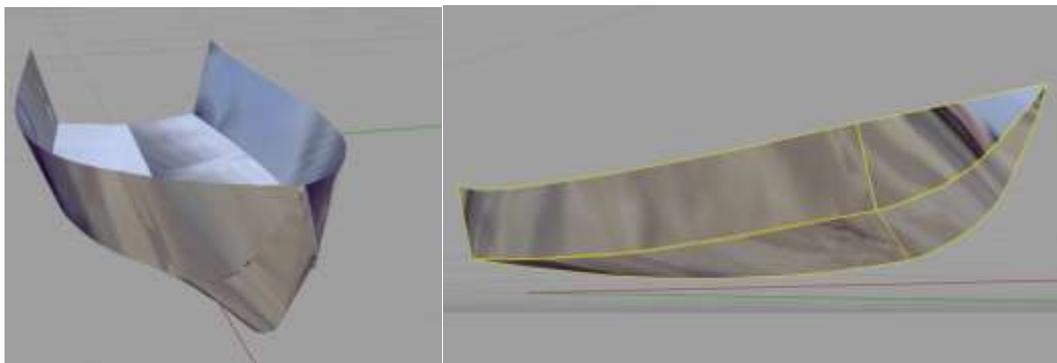
La líneas curvas deben coincidir las unas con las otras, en este caso podemos observar que en proa se presentan discontinuidades.

Para poder solucionar estas mediante el programa de diseño, se utiliza la herramienta **<rebuilt>** donde se reconstruirá la superficie, y se crearan o eliminaran puntos de control.

Normalmente estas imperfecciones se deben a un exceso de puntos de control, con eliminar un porcentaje de estos, es suficiente.

Para asegurar una superficie totalmente lisa se puede hacer uso de la herramienta luz de alambre.

Dicha herramienta crea una superficie brillante muy reveladora de imperfecciones, modificando los focos de luz, se pueden apreciar todas las imperfecciones. En caso de existir, se eliminaran o corregirán alisando la superficie mediante los puntos de control.



Imp. 100 y 101

Una vez aplicados todos los pasos anteriormente descritos, se puede dar por finalizado el diseño de la embarcación *Sánchez Noguera*.

3.3 Presentación final del diseño 3D, mediante vídeos.

Se presentan dos vídeos, que recogen todas las partes formantes de la embarcación aquí tratada.

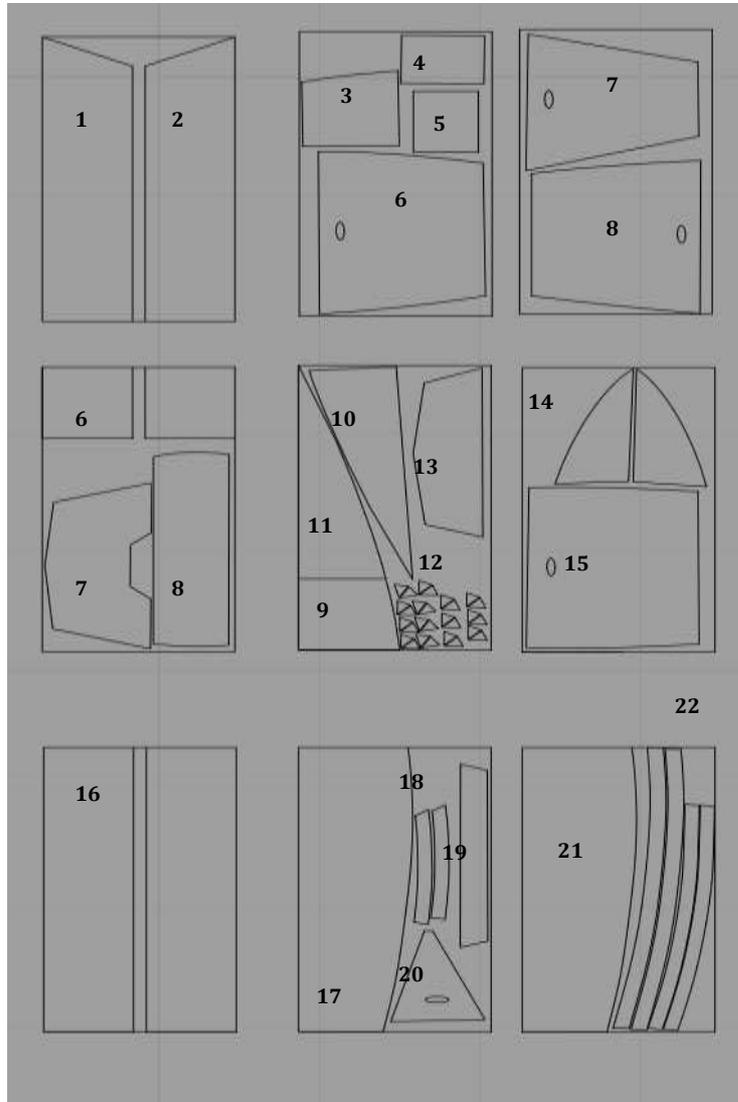
El primer vídeo muestra con detalle, todos los elementos de la embarcación, sobre este se advierten de forma resumida los detalles más significativos.

[Vídeo ensamblaje del Sánchez Noguera.mov](#)

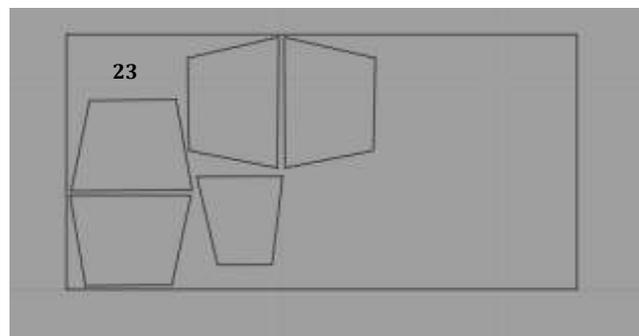
El segundo vídeo, muestra el ensamblaje rápido de la embarcación.

[Vídeo ensamblaje rápido.mov](#)

3.4 Planos 2D y disposición elementos en las planchas de madera contrachapada.



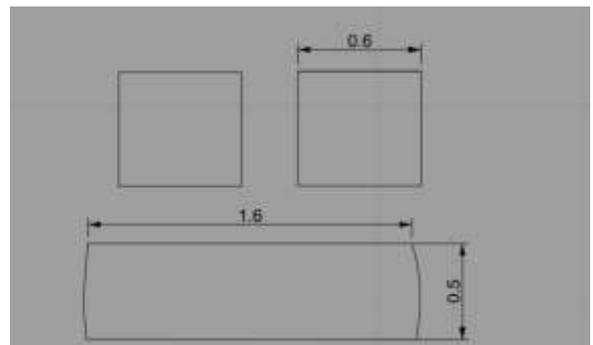
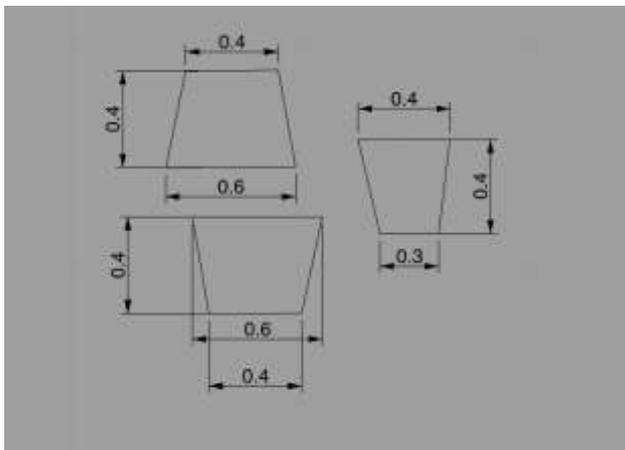
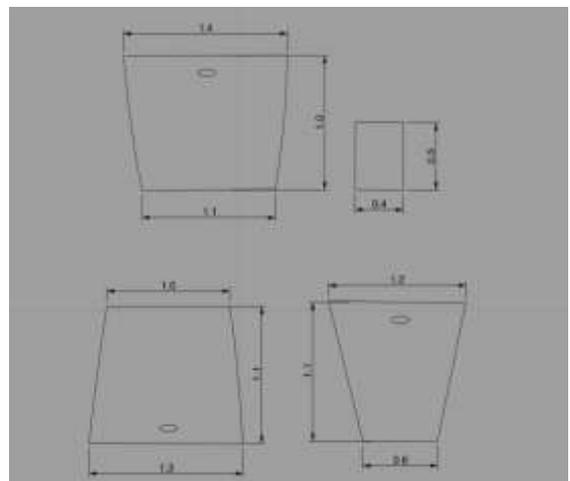
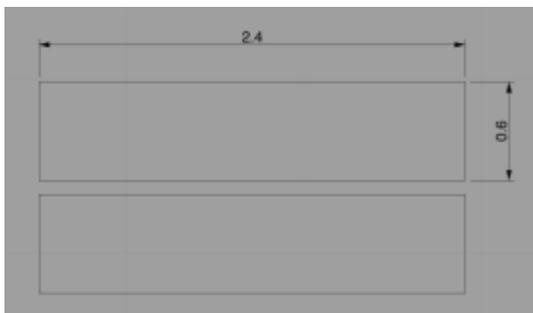
Imp. 97

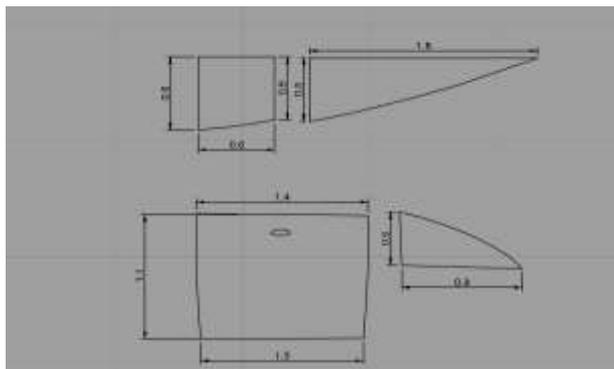
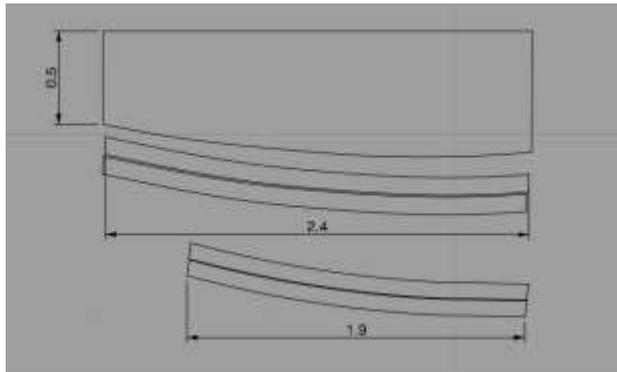
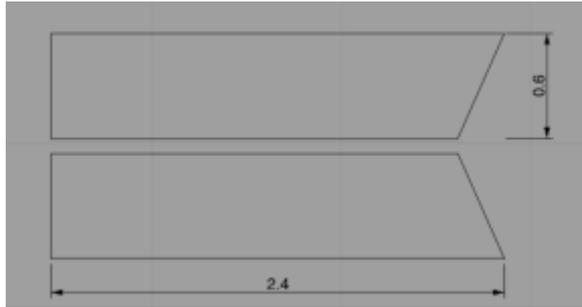
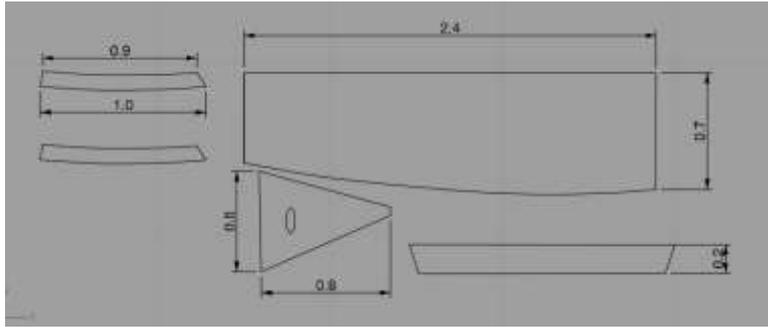


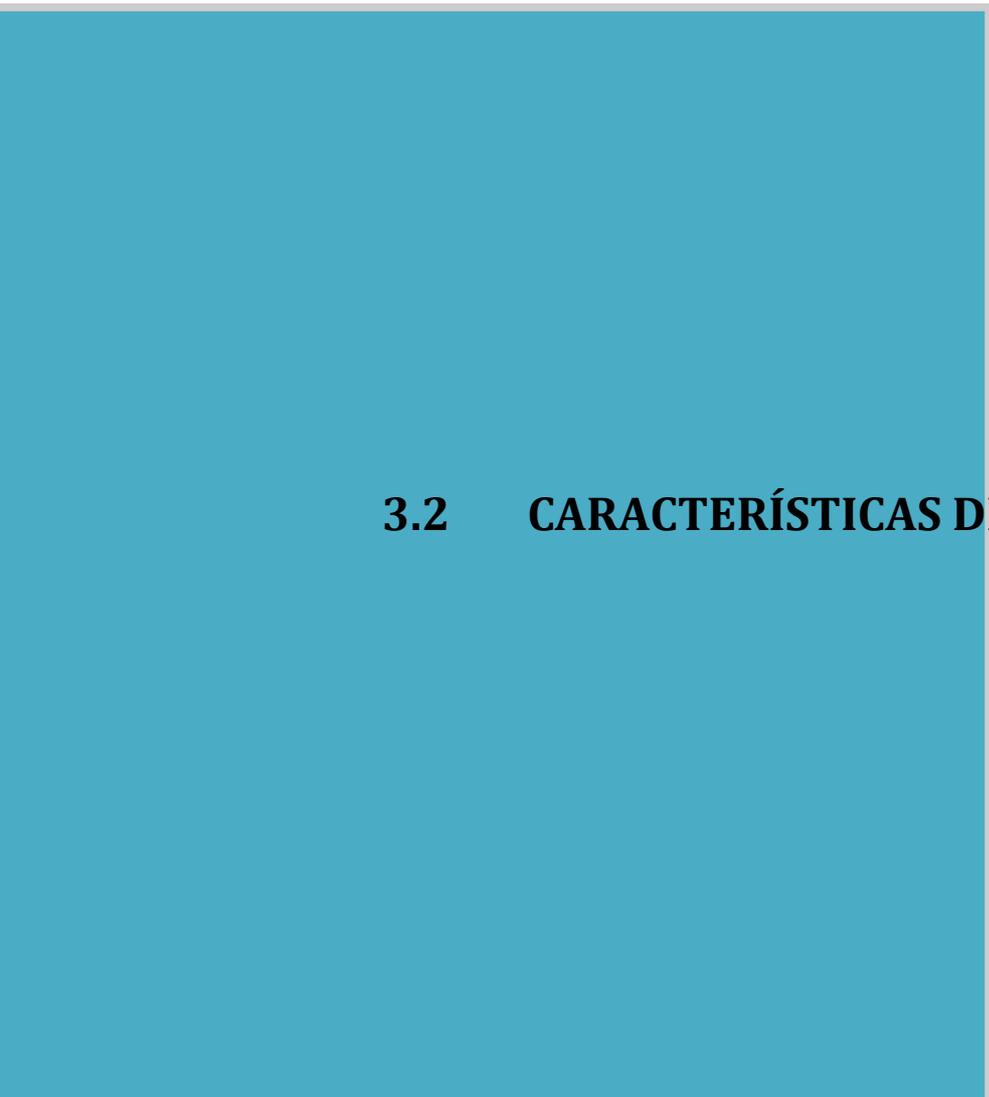
Madera contrachapada de calidad náutica de 9 mm en 10 laminas de 1.2 x 2.4 m.

Para este proceso se pretende optimizar al máximo las láminas de contrachapado, a continuación se especifica la numeración y piezas correspondientes al esquema:

- | | | |
|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| 1,2 - Lateral proa | 4,5 Puntal asiento | 6 - Finales del 16 |
| 7- Peto popa | 8- Bancada | 9, 3 - Terminación 10, 11 |
| 10, 11 - Fondo proa | 12- Barraganetes | 13- Frontal peto popa |
| 14 - Cubierta proa | 6,7,8,15, 20 - Plan | 16 - Laterales superior |
| 17,21 - Lateral inferior. | | |







3.2 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO:

3.5 Características del modelo:

3.5.1 Calculo de espesores:

Para el cálculo de espesores de la embarcación: Sánchez Noguera.

Se utiliza la documentación extraída de *Guide for building and closing , Offshore Racing Yachts 1994*.

TABLE 4.4
Properties of Various Woods

Common Name of Species	Specific Gravity	Bending						Tensile Strength Perpendicular to Grain			Compressing Strength Parallel to Grain		
		Modulus of Rapture			Modulus of Elasticity			N/mm ²	kgf/cm ²	psi	N/mm ²	kgf/cm ²	psi
		N/mm ²	kgf/cm ²	psi	N/mm ²	kgf/cm ²	psi						
Ash, White	0.60	106	10.87	15400	12.0 × 10 ⁹	1228	1.74 × 10 ⁹	6.5	0.66	940	51	5.22	7400
Cedar, Alaska	0.44	76	7.84	11100	9.79 × 10 ⁹	1802	1.42 × 10 ⁹	2.5	0.25	360	44	4.45	6310
Cedar, Western Red	0.52	52	5.30	7500	7.65 × 10 ⁹	783	1.11 × 10 ⁹	1.5	0.16	220	31	3.22	4590
Elm, American	0.50	81	8.33	11800	9.24 × 10 ⁹	964	1.34 × 10 ⁹	4.6	0.47	660	38	3.90	5520
Elm, British	0.56	41	4.24	6000	7.65 × 10 ⁹	783	1.11 × 10 ⁹	—	—	—	34	3.53	5000
Elm, Rock	0.63	102	10.45	14800	10.6 × 10 ⁹	1087	1.54 × 10 ⁹	—	—	—	49	4.98	7050
Fir, Douglas	0.48	88	8.75	12400	13.5 × 10 ⁹	1376	1.95 × 10 ⁹	2.3	0.24	340	50	5.11	7240
Mahogany, Central and South America	—	80	8.19	11800	10.4 × 10 ⁹	1068	1.51 × 10 ⁹	—	—	—	46	4.68	6630
Oak, English	0.70	66	6.78	9600	10.0 × 10 ⁹	1023	1.45 × 10 ⁹	—	—	—	50	5.08	7200
Oak, White	0.68	105	10.73	15200	12.3 × 10 ⁹	1256	1.78 × 10 ⁹	5.5	0.56	800	51	5.25	7440
Pine, Longleaf Yellow	0.59	100	10.24	14500	13.7 × 10 ⁹	1398	1.98 × 10 ⁹	3.2	0.33	470	58	5.98	8470
Pine, Oregon	0.48	86	8.75	12400	13.5 × 10 ⁹	1376	1.95 × 10 ⁹	2.3	0.24	340	50	5.11	7240
Pine, Western	0.38	67	6.85	9700	10.1 × 10 ⁹	1031	1.46 × 10 ⁹	—	—	—	35	3.56	5040
Pine, White	0.35	59	6.07	8600	8.55 × 10 ⁹	875	1.24 × 10 ⁹	2.1	0.22	310	33	3.39	4800
Spruce, Sitka	0.40	70	7.20	10200	10.8 × 10 ⁹	1108	1.57 × 10 ⁹	2.0	0.26	370	39	3.96	5610
Teak	0.63	88	9.04	12800	12.4 × 10 ⁹	1271	1.80 × 10 ⁹	—	—	—	70	7.06	10000

Values given are adjusted for 12% moisture content.

Fuente extraída de guide for building and closing , Offshore Racing Yachts 1994

TABLE 4.3
Basic Laminate Properties

	N/mm ²	kgf/mm ²	psi
Flexural strength, F	172	17.5	25000
Flexural modulus, E_f	7580	773	1.1 × 10 ⁶
Tensile strength, T	124	12.6	18000
Tensile modulus, E_T	6880	703	1.0 × 10 ⁶
Compressive strength, C	117	11.9	17000
Compressive modulus, E_C	6880	703	1.0 × 10 ⁶
Shear strength perpendicular to warp, S_{PW}	76	7.7	11000
Shear strength parallel to warp, S_{PL}	62	6.3	9000
Shear modulus parallel to warp, E_s	3100	316	0.45 × 10 ⁶
Interlaminar shear strength, S_l	17.3	1.76	2500

Se deben seguir los pasos que especifica la guía, dispone de apartados según el material a utilizar etc...

La fórmula que establece el espesor mínimo se encuentra en la sección 7.1 plating

Donde todas las incógnitas se desvelan en la imagen de la derecha.

Sección 7.1 Plating:

$$t = sc \sqrt{\frac{pk}{\sigma_s}} \text{ mm (in)}$$

where

s = the spacing, in mm or in., of the shell longitudinal, deck longitudinal, transverse frame, deck beam or bulkhead stiffener or other supporting member; where the plating is curved it is the chord length distance between the two supporting members.

$p = 0.01 Fh$ (0.001 Fh , 0.44 Fh)

h = the design head, in m or ft., given in Table 7.1

F = the design head reduction factor given in Table 7.4 for shell plating and in Table 7.5 for deck plating. Fh is in general not to be taken as less than D (see 2.5) for the bottom shell, nor less than $0.8D$ for the side shell plating

k = the coefficient varying with plate panel aspect ratio given in Table 7.3 but, unless specially approved otherwise, not to be taken as less than 0.5 for cold-molded wood laminate

σ_s = the design stress, in N/mm^2 (kgf/mm^2 , psi) as given in Table 7.2.

$c = (1-A/s)$, the correction factor for curved plating but is not to be taken less than 0.70.

A = the distance in mm or in., measured perpendicular from the chord length s to the highest point of the curved plating arc between the two supporting members.

Para este proceso se utiliza una hoja de cálculo.

Las embarcaciones se dividen en paneles pequeños, para así distribuir los esfuerzos.

De esta forma, los espesores necesarios, serán mucho inferiores que si se tratase de un único tablón.

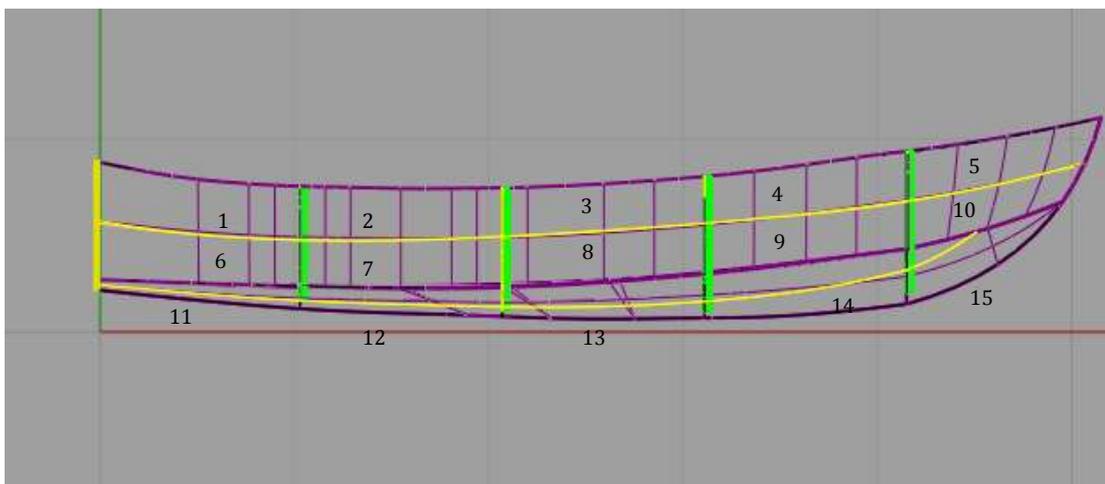
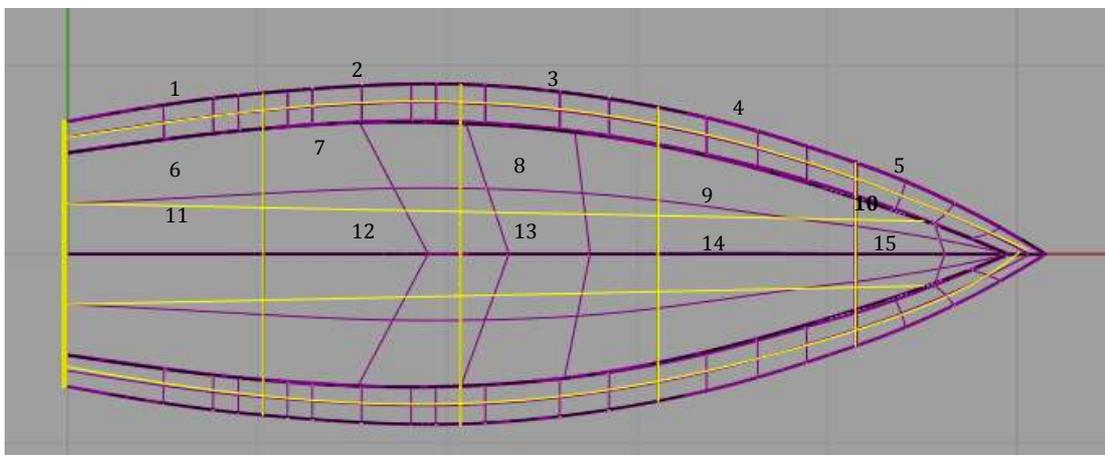
En este caso se trata de tablones con una considerable eslora, con lo que al realizar los cálculos de espesores mínimos, obtendríamos un elevado espesor.

Este contratiempo se soluciona instalando refuerzos a lo largo de dicho tablón.

Las longitudes de los diferentes tablones se deben tomar, de refuerzo a refuerzo, como si fuesen tablones independientes.

A continuación se procede a numerarlos

Únicamente será necesario realizar los cálculos, en una mitad de la embarcación.



Como se puede apreciar, la embarcación está dividida en 15 secciones por cada costado, por lo consiguiente se forma a partir de 30 piezas teóricas.

Se introducen en un archivo Excel numerando las piezas del 1 al 15.

A continuación, se establecen tantas columnas de datos como formulas haya, para calcular todas las incógnitas de la formula de espesores 7.1 Plating.

Dicha Hoja de cálculo se encuentra en las páginas (83 y 84).

TABLE 7.3
Co-efficients, K , and K_1 for
Sub-section 7.1 and Paragraph 7.3.1

Panel Aspect Ratio ℓ/s	k	k_1
>2.0	0.500	0.028
2.0	0.495	0.028
1.9	0.493	0.027
1.8	0.491	0.027
1.7	0.487	0.026
1.6	0.482	0.025
1.5	0.474	0.024
1.4	0.462	0.023
1.3	0.443	0.021
1.2	0.414	0.019
1.1	0.370	0.017
1.0	0.308	0.014

k may be given by the equation, $k = \frac{0.5}{(1 + 0.623 (s/\ell)^2)}$

k_1 may be given by the equation, $k_1 = \frac{0.028}{(1 + 1.056 (s/\ell)^2)}$

s = the short edge of the plate panel in mm or in., as defined in 7.1 or 7.3.1.

ℓ = the long edge of the plate panel in mm or in., as defined in 8.1.3.

Values of k less than 0.5 and k_1 less than 0.028 are not applicable to wood construction and are applicable for fiber reinforced plastic only where bi-directional laminates are used.

TABLE 7.4
Co-efficient F , for Shell Plating, for
Sub-section 7.1 and Paragraph 7.3.1

Metric Units	Inch Ft. Units
$\frac{s - 254}{54.2L + 559} = C_f$	$\frac{s - 10}{0.65L + 22} = C_f$
C_f	F
1.0 and greater	0.25
0.9	0.28
0.8	0.32
0.7	0.36
0.6	0.42
0.5	0.49
0.4	0.57
0.3	0.67
0.2	0.77
0.1	0.88
0.05	0.94
0 and negative values	1.00

s = spacing in mm or in., as defined in 7.1 or 7.3.1, but is not to be taken as greater than 1270 mm (50 in.)

L = scantling length in m or ft., as defined in 2.1

Para realizar el cálculo, de h below y h above se utiliza el programa Rhinoceros, de esta forma se pueden dibujar las tablas directamente sobre el diseño sin necesidad de interpolar valores. Se adjuntan a continuación (pág. 82):

TABLE 7.1
Design Heads for Plating,
Basic Head; $h = 3.0d + 0.14L + 1.62\text{m}$
 $= 3.0d + 0.14 L + 5.30 \text{ft}$

	Plating Location	Design Head
a	Shell below $d + 0.15\text{m}$, ($d + 0.5 \text{ft}$), where $d + 0.15\text{m}$, ($d + 0.5 \text{ft}$) is measured vertically from the underside of canoe hull at its lowest point.	0.80h
	At forward end of L_{QA}	1.20h
	At $0.05L_{WL}$ aft of fore end of L_{WL}	1.20h
	At $0.35L_{WL}$ aft of fore end of L_{WL}	0.70h
	At aft end of L_{QA}	
b	Shell above $d + 0.15\text{m}$, ($d + 0.5 \text{ft}$), where $d + 0.15\text{m}$, ($d + 0.5 \text{ft}$) is measured vertically from the underside of canoe hull at its lowest point.	0.70 ($h-d-f\ell$)
	At forward end of L_{QA}	1.08 ($h-d-f\ell$)
	At $0.05L_{WL}$ aft of fore end of L_{WL}	1.08 ($h-d-f\ell$)
	At $0.35L_{WL}$ aft of fore end of L_{WL}	0.63 ($h-d-f\ell$)
	At aft end of L_{QA}	
c	Deck	0.04L + 1.83m
	Main weather deck, cockpit and cabin house front	0.04L + 6.0 ft
	Cabin house top, sides and end	1.98m but not less than 1.98L/24 m
		6.5 ft but not less than 6.5L/80 ft
d	Bulkheads	
	Watertight or structural	distance from lower edge of bulkhead to main weather deck at centerline, not less than 1.52m (5.0 ft.)
	Tank boundary	distance to top of tank overflow, not less than 1.52m (5.0 ft.)

Notes

1. Shell design heads between locations given above are to be obtained by interpolation.
2. $f\ell$ = local freeboard at location being considered; it is the distance, above the maximum estimated displacement waterline, to the center of the panel or internal being considered.
3. d = draft as defined in 2.7 except that in calculation of basic head for yachts having $L > 24\text{m}$ (80 ft), d is not to be taken as less than $0.048L + 0.091\text{m}$ ($0.048L + 0.30 \text{ft}$).

De la tabla 7.1. Se obtienen los valores de h , este valor depende de la posición en la que se encuentre el centro de gravedad de cada listón a calcular.

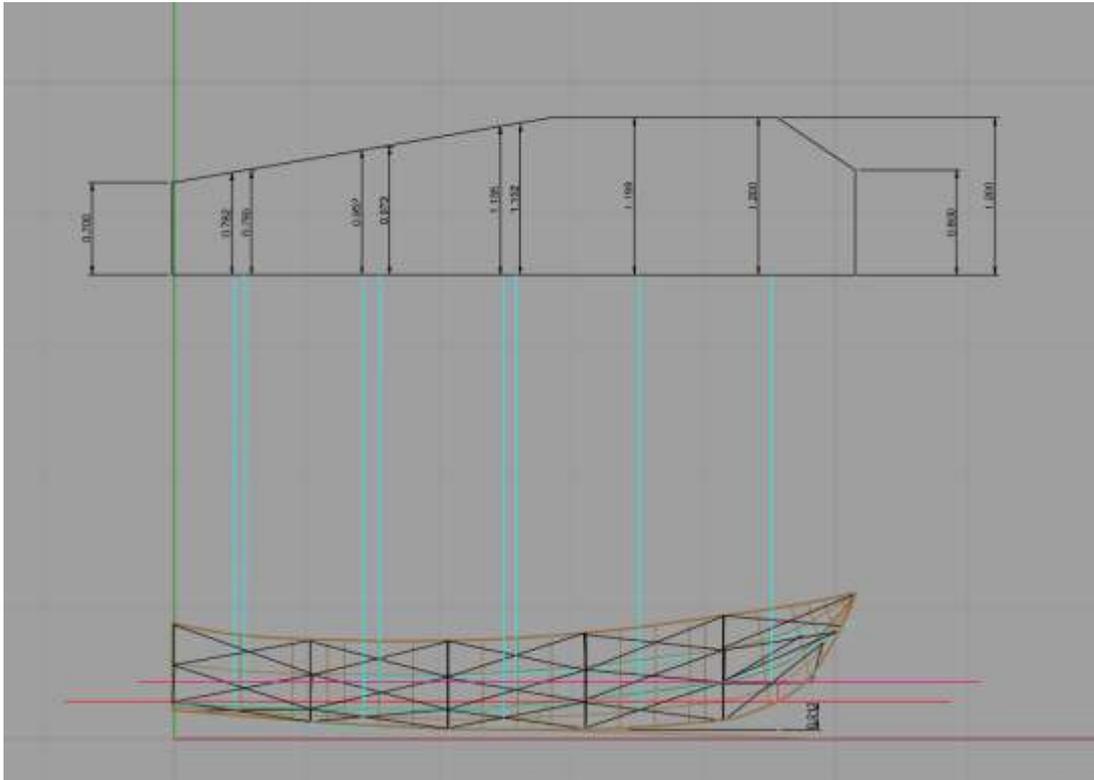
Se puede realizar, mediante el cálculo de dicho centro de gravedad numéricamente, e interpolar a la formula h .

Pero, siguiendo las condiciones que se establecen en la tabla 7.1, se puede realizar el mismo proceso, mediante el programa de diseño Rhinoceros se puede obtener una grafica para h below y otra para h above.

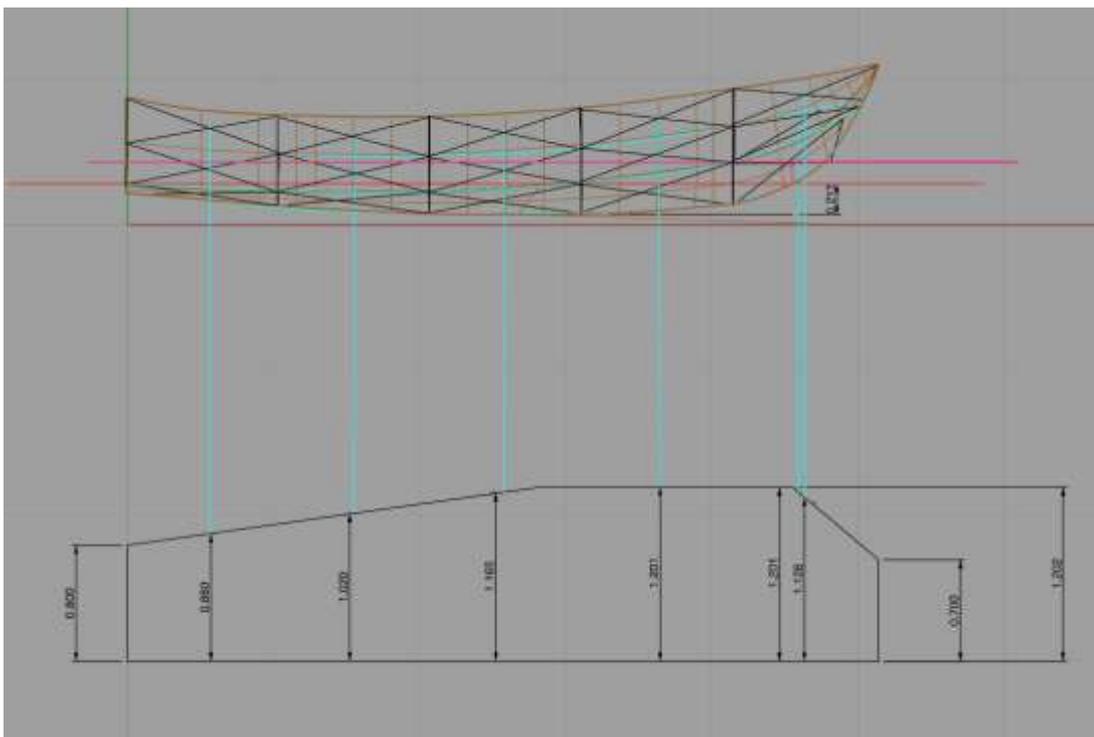
Donde por medio de trazar líneas desde el centro de gravedad de cada listón a dicha grafica, por medio del comando < **cota** >, se obtienen los mismos valores, de una forma mucho más sencilla.

Se establece la línea de flotación a 0,215 (color rojo), de la línea base, ahora se aplica + 0,15 m, para cumplir con las especificaciones de la tabla 7.1. Esta nueva línea se representa, en color (violeta).

h below: (para los tablonos con centro de gravedad por debajo de línea de flotación +0,15).



h above: (para los centros de gravedad de los tablonos de madera contrachapada situados por encima de la línea de flotación +0,15m).



Hoja de cálculo con todos los datos necesarios para resolver, para cada tablón, la formula 7.1 plating.

Nº de panel	s (mm)	A (mm)	l (mm)	L	c	C _f
1	262	0	1049	4,88	1,0000	0,9654
2	269	0	1040	4,88	1,0000	0,9545
3	274	0	1022	4,88	1,0000	0,9326
4	272	0	1040	4,88	1,0000	0,9545
5	226	5	997	4,88	0,9950	0,9023
6	268	0	1049	4,88	1,0000	0,9654
7	249	0	1040	4,88	1,0000	0,9545
8	247	0	1022	4,88	1,0000	0,9326
9	243	5	1040	4,88	0,9952	0,9545
10	201	10	478	4,88	0,9791	0,2720
11	296	0	1040	4,88	1,0000	0,9545
12	335	0	1040	4,88	1,0000	0,9545
13	323	0	1022	4,88	1,0000	0,9326
14	229	5	1040	4,88	0,9952	0,9545
15	112	10	1000	4,88	0,9900	0,9059

Nº de panel	F	h below	h above	h (m)	H	P
1	0,2633		0,88	2,9482	2,5944	0,0068
2	0,2666		1,02	2,9482	3,0072	0,0080
3	0,2733		1,165	2,9482	3,4347	0,0094
4	0,2666		1,2	2,9482	3,5378	0,0094
5	0,28		1,128	2,9482	3,3256	0,0093
6	0,2633	0,795		2,9482	2,3438	0,0062
7	0,2666	0,973		2,9482	2,8686	0,0076
8	0,2733	1,152		2,9482	3,3963	0,0093
9	0,2666		1,165	2,9482	3,4347	0,0092
10	0,72	0,782		2,9482	2,3055	0,0166
11	0,2666	0,782		2,9482	2,3055	0,0061
12	0,2666	0,952		2,9482	2,8067	0,0075
13	0,2733	1,135		2,9482	3,3462	0,0091
14	0,2666	1,199		2,9482	3,5349	0,0094
15	0,28	1,2		2,9482	3,5378	0,0099

Nº de panel	K	K ₁	σ_1 (0,5*172)	E (N/mm ²)	t _a
1	0,4999	0,0280	86	7580	6,6103
2	0,4999	0,0280	86	7580	7,0997
3	0,4999	0,0280	86	7580	7,5491
4	0,4999	0,0280	86	7580	7,7006
5	0,5000	0,0280	86	7580	7,2986
6	0,4999	0,0280	86	7580	6,2829
7	0,4999	0,0280	86	7580	6,9344
8	0,4999	0,0280	86	7580	7,5073
9	0,4999	0,0280	86	7580	7,5514
10	0,4983	0,0276	86	7580	4,5897
11	0,4998	0,0279	86	7580	6,2160
12	0,4997	0,0279	86	7580	6,8572
13	0,4997	0,0279	86	7580	7,4499
14	0,5000	0,0280	86	7580	7,6609
15	0,5000	0,0280	86	7580	7,5131

Nº de panel	t
1	6,6103
2	7,0997
3	7,5491
4	7,7006
5	7,2986
6	6,2829
7	6,9344
8	7,5073
9	7,5514
10	4,5897
11	6,216
12	6,8572
13	7,4499
14	7,6609
15	7,5131

	m	mm
LWL	4,57	4570
LOA	5,2	5200
L	4,885	7205
d	0,215	215
d+0,15	0,365	365

De los datos extraídos se obtienen unos espesores similares entre sí, siendo el de mayor espesor 7,70 mm y el de menor espesor 4,58 mm.

Son espesores lógicos y dentro de la normalidad, pero en el mercado del contrachapado no se encuentran, unos espesores tan específicos.

Por ello sus equivalentes son de 9mm de espesor, utilizándose 12mm para los elementos que requieran un espesor extra.

3.5.2 Cálculos hidrodinámicos (Maxsurf y Hidromax):

Los datos hidrodinámicos que se presentan a continuación, son extraídos directamente del programa Hidromax.

No se exponen en este proyecto los pasos a seguir para la extracción de dichos datos ya que existen manuales donde todos estos pasos quedan detallados.

Los principales datos, referentes a coeficientes de formas se extraen de las siguientes formulas matemáticas:

3.1 Coeficiente de bloque, CB

La expresión del coeficiente de bloque viene determinada por la siguiente expresión:

$$C_b = \frac{\Delta}{1.03 \times L_{pp} \times B \times T} =$$

3.2 Coeficiente de la maestra, CM

El coeficiente de la sección media se determina con la siguiente expresión:

$$C_m = \frac{\text{Area Sumergida en la maestra}}{B \times T} =$$

3.3 Coeficiente prismático, CP

Este coeficiente es el cociente de los dos anteriores

$$C_p = \frac{C_b}{C_m} =$$

3.4 Coeficiente de la flotación, CF

Este coeficiente viene dado por la siguiente expresión:

$$C_f = \frac{\text{Superficie en la Flotación}}{L_{pp} \times B} =$$

Se pueden comprobar su valía, comparando dichos coeficientes calculados en una hoja Excel, con los valores obtenidos por el programa Hidromax.

Displacement	613,532	kg
Volume	0,599	m ³
Draft to Baseline	0,215	m
Immersed depth	0,215	m
Lwl	4,595	m
Beam wl	1,429	m
WSA	5,463	m ²
Max cross sect area	0,193	m ²
Waterplane area	4,901	m ²
Cp	0,677	
Cb	0,424	
Cm	0,657	
Cwp	0,746	
LCB from zero pt	1,983	m
LCF from zero pt	1,954	m
KB	0,144	m
KG	0	m
BMt	1,064	m
BMI	10,027	m
GMt	1,208	m
GMI	10,171	m
KMt	1,208	m
KMI	10,171	m
Immersion (TPc)	0,05	tonne/cm
MTc	0,014	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	12,937	kg.m
Precision	Medium	50 stations

Los datos obtenidos, dan valores aproximadamente iguales a los que se habían predicho con antelación.

Se da este efecto en el caso del desplazamiento, ya que se había estimado un valor aproximado de 550 kg por los 613 kg de la tabla adjunta.

El calado se había especificado 0,215 m y este valor es el mismo en la tabla.

Los siguientes valores se calculan por medio de una tabla Excel:

LPP	4,558
B	1,85
T	1
despl	614
CB	0,424
Fn	0,72
Cp	0,679
Vel	10
Volumen	6,9 m ³
CM	0,657

El cálculo del número de Froude, se extrae de las siguientes tablas, según la velocidad estimada de la embarcación:

knots	Fn
0	0
1	0,07202193
2	0,14404387
3	0,2160658
4	0,28808774
5	0,36010967
6	0,43213161
7	0,50415354
8	0,57617548
9	0,64819741
10	0,72021935
11	0,79224128
12	0,86426322
13	0,93628515
14	1,00830709

Los valores de Froude se pueden clasificar según:

Para valores

- 1- $F_n < 0,27$ embarcaciones lentas
- 2- Valores de F_n entre $0,27 - 0,50$ embarcaciones de velocidad media.
- 3- $F_n > 0,50$ buques rápidos

En el estudio de otras embarcaciones con propiedades muy similares a esta, se determina una velocidad de 8 knots como la máxima ideal.

Es por ello que se establece la máxima velocidad de la embarcación Sánchez Noguera como 10 knots. Siendo la recomendable 8 knots. (Determinado por los valores de F_n).

Se realiza también un estudio para diferentes calados de la embarcación partiendo de 0,1 metros hasta 0,4 metros.

De este estudio se obtienen los resultados siguientes:

Calado de proyecto 0,215

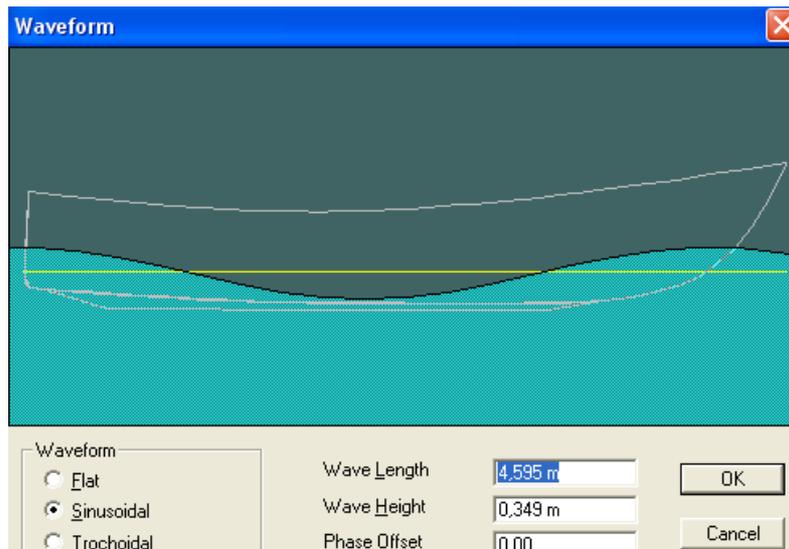
Displacement kg	120	236	381,4	541,2	710,3	886,1	1068	1254	1445	1641
Heel to Starboard degrees	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	0,1	0,133	0,167	0,2	0,233	0,267	0,3	0,333	0,37	0,4
Draft at AP m	0,1	0,133	0,167	0,2	0,233	0,267	0,3	0,333	0,37	0,4
Draft at LCF m	0,1	0,133	0,167	0,2	0,233	0,267	0,3	0,333	0,37	0,4
Trim (+ve by stern) m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL Length m	4,166	4,422	4,51	4,572	4,622	4,672	4,708	4,743	4,78	4,806
WL Beam m	0,993	1,229	1,344	1,408	1,452	1,487	1,518	1,548	1,58	1,607
Wetted Area m ²	2,874	4,071	4,75	5,227	5,621	5,981	6,331	6,677	7,02	7,39
Waterpl. Area m ²	2,793	3,918	4,503	4,829	5,054	5,232	5,385	5,525	5,66	5,8
Prismatic Coeff.	0,617	0,632	0,658	0,674	0,685	0,69	0,696	0,699	0,7	0,702
Block Coeff.	0,283	0,318	0,368	0,41	0,442	0,467	0,486	0,5	0,51	0,518
Midship Area Coeff.	0,513	0,548	0,597	0,641	0,676	0,703	0,723	0,738	0,75	0,757
Waterpl. Area Coeff.	0,675	0,721	0,743	0,75	0,753	0,753	0,754	0,753	0,75	0,751
LCB from Amidsh. (+ve fwd)	-0,076	-0,213	-0,29	-0,318	-0,33	-0,33	-0,326	-0,32	-0,32	-0,312
LCF from Amidsh. (+ve fwd)	-0,266	-0,407	-0,404	-0,371	-0,35	-0,32	-0,307	-0,29	-0,28	-0,271
KB m	0,07	0,094	0,115	0,135	0,155	0,174	0,192	0,211	0,23	0,248
KG m	0,215	0,215	0,215	0,215	0,215	0,215	0,215	0,215	0,22	0,215
BMt m	1,343	1,551	1,367	1,149	0,977	0,851	0,757	0,686	0,63	0,591
BML m	21,886	18,909	14,384	11,23	9,19	7,79	6,773	6,003	5,41	4,943
GMt m	1,198	1,43	1,268	1,069	0,917	0,809	0,734	0,682	0,65	0,624
GML m	21,741	18,787	14,284	11,15	9,129	7,749	6,75	5,999	5,42	4,975
KMt m	1,413	1,645	1,483	1,284	1,132	1,024	0,949	0,897	0,86	0,839
KML m	21,956	19,002	14,499	11,37	9,344	7,964	6,965	6,214	5,64	5,19
Immersion (TPc) tonne/cm	0,029	0,04	0,046	0,05	0,052	0,054	0,055	0,057	0,06	0,059
MTc tonne.m	0,006	0,01	0,012	0,013	0,014	0,015	0,016	0,016	0,02	0,018
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1	2,509	5,89	8,437	10,1	11,37	12,52	13,67	14,92	16,3	17,859
Max deck inclination deg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Datos que se estimaron en un inicio:

Eslora Total	5,2 m / 17 pies
Manga Total	1,85 m / 6 pies
Puntal de Trazado	0,72 m / 2,4 pies
Volumen	LT*MT*PT 6,9 m ³
Calado	0,215 m
Peso en vacio	550 kg
Carga	300 kg

Aumentando el número de secciones y de flotaciones, aumentamos considerablemente la precisión del estudio hidrodinámico. Como ya se ha visto en la anterior tabla hidrodinámica para un calado fijo de 0,215 m, los datos obtenidos son muy similares a los datos que se establecieron como teóricos.

Todos los cálculos anteriores son con el mar en calma, para estar más seguros de que la embarcación responde a las expectativas, se realiza un estudio hidrodinámico con olas sinusoidales:



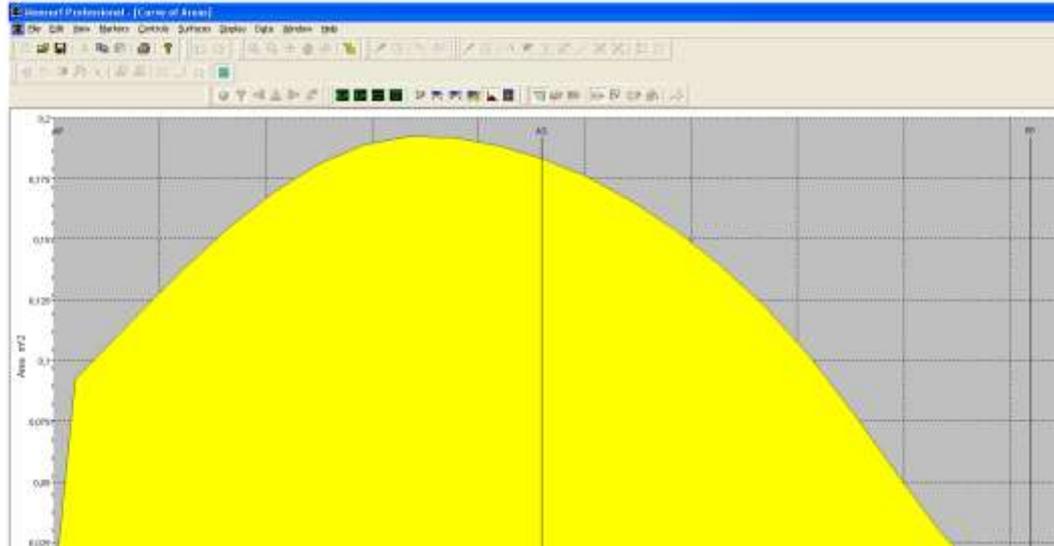
Se repiten los mismos procesos para cálculos los datos hidrodinámicos de la embarcación pero esta vez, especificando un mar con oleaje sinusoidal con olas de 0,349 m de altura.

Estos valores se pueden modificar y obtener nuevas tablas para diferentes tipos de oleajes.

Al no tratarse de un estudio exhaustivo si no que de carácter informativo para el propietario de la embarcación, no se realizan más pruebas de oleaje.

Displacement kg	552,9		
Heel to Starboard degree	0		
Draft at FP m	0,215		
Draft at AP m	0,215	KB m	0,193
Draft at LCF m	0,215	KG m	0,215
Trim (+ve by stern) m	0	BMt m	0,733
WL Length m	4,595	BML m	12,863
WL Beam m	1,384	GMt m	0,711
Wetted Area m ²	4,729	GML m	12,842
Waterpl. Area m ²	4,03	KMt m	0,926
Prismatic Coeff.	0,38	KML m	13,057
Block Coeff.	0,283	Immersion (TPc) tonne/c	0,041
Midship Area Coeff.	0,833	MTc tonne.m	0,015
Waterpl. Area Coeff.	0,634	RM at 1deg = GMt.Disp.s	6,863
LCB from Amidsh. (+ve fwd)	-0,698	Max deck inclination deg	0
LCF from Amidsh. (+ve fwd)	-0,405	Trim angle (+ve by stern)	0

También se calculan las aéreas mediante los mismos programas:



Surface	Area m ²	LCG m	VCG m	TCG m	I - roll m ⁴	I - pitch m ⁴	I - yaw m ⁴
1 Surface 1	5,415	0,042	0,079	0,444	0,641	10,441	10,529
2 Surface 2	5,428	0,036	0,077	-0,441	0,639	10,467	10,550
3 Total 3D true surface area	10,844	0,039	0,078	0,001	3,403	20,908	23,204

Area: Total 3D true surface area

Please refer to the manual for important information on how the

Above Dwl

Surface	Area m ²	LCG m	VCG m	TCG m	I - roll m ⁴	I - pitch m ⁴	I - yaw m ⁴
1 Surface 1	2,805	0,363	0,262	0,574	0,248	6,250	6,348
2 Surface 2	2,765	0,373	0,264	-0,566	0,245	6,171	6,269
3 Total Above DWL 3D true sur	5,570	0,368	0,263	0,008	2,302	12,421	14,427

Below Dwl

	Surface	Area m ²	LCG m	VCG m	TCG m	I - roll m ⁴	I - pitch m ⁴	I - yaw m ⁴
1	Surface 1	2,611	-0,304	-0,117	0,305	0,101	3,396	3,462
2	Surface 2	2,663	-0,314	-0,118	-0,311	0,108	3,458	3,552
3	Total Below DWL 3D true sur	5,273	-0,309	-0,117	-0,006	0,709	6,854	7,535

3.5.3 Estimación de la planta propulsora. Cálculos de resistencias Holtrop (Hullspeed):

A estas alturas de proyecto se dispone de una idea bastante clara de cuáles son las características reales del buque, lo cual permite realizar una estimación de la potencia propulsora mediante el método de Holtrop-Menen, obteniéndose unos resultados bastante exactos, estos resultados junto con las curvas características del propulsor perteneciente a la serie BB de MARIN (Maritime Research Institute Netherlands, Wageningen, The Netherlands) serán utilizados para el diseño del propulsor y para el dimensionamiento de la planta propulsora.

Si se quiere que el buque mantenga una velocidad constante de avance será necesario aplicarle una fuerza proporcional a la resistencia al avance. Una buena estimación de la resistencia al avance implica una correcta elección del propulsor y de la planta propulsora.

La resistencia al avance está relacionada íntimamente con la velocidad, el desplazamiento y las formas del buque.

Los principales términos de la resistencia total son la resistencia por fricción, resistencia por formación de olas y la resistencia al aire.

La estimación de la resistencia al avance de un buque es un problema de gran complejidad matemática, ya que se deben tener en cuenta tanto las olas como los fenómenos de turbulencia. Para hacer un estudio del flujo de agua que envuelve la carena, se puede optar por dos alternativas para poder estimar el equipo propulsor a instalar a bordo. La primera se apoya en ensayos en canales de experiencia ayudada de las correlaciones modelo-buque y la segunda se basa en una amplia base estadística. La base estadística está formada por los ensayos realizados por los canales.

Los cálculos de resistencias, se realizan mediante el programa Hullspeed, de donde nuevamente para realizar los pasos a seguir para la obtención de los siguientes valores, se dispone de guías muy útiles.

El formulario Método de Holtrop & Mennen permite predecir la resistencia al avance de un gran número de buques de desplazamiento. Basado en más de una centena de ensayos realizados en el canal de experiencias de MARIN y contrastado con datos reales obtenidos de un gran número de barcos.

El método de Holtrop & Mennen es todo un referente en la industria naval, utilizado en algún punto del diseño de un sinfín de buques.

Sus principales características son:

- Cálculo de la resistencia al avance de buques de desplazamiento, tanto para una velocidad específica como para un rango.
- Permite calcular la resistencia al avance tanto del casco como del casco y de sus apéndices.

Se obtiene la siguiente tabla de valores de resistencia y potencia en relación a la velocidad de la embarcación en este caso se estudia desde el reposo a 10 nudos.

Mediante esta tabla se establece la potencia propulsora necesaria para la embarcación Sánchez Noguera.

kts	N	Hp
0	--	--
0,25	0,46	0
0,5	1,61	0
0,75	3,37	0
1	5,68	0
1,25	8,5	0,01
1,5	11,81	0,01
1,75	15,57	0,02
2	19,78	0,03
2,25	24,42	0,04
2,5	29,55	0,05
2,75	35,25	0,07
3	41,69	0,09
3,25	49,1	0,11
3,5	57,53	0,14
3,75	68,32	0,18
4	82,45	0,23
4,25	97,17	0,28
4,5	110,21	0,34
4,75	123,94	0,41
5	142,79	0,49
5,25	173,06	0,63
5,5	222,26	0,84
5,75	271,83	1,08
6	321,78	1,33
6,25	372,1	1,6
6,5	422,8	1,9
6,75	473,87	2,21
7	525,31	2,54
7,25	573,34	2,87
7,5	607,58	3,14
7,75	635,13	3,4
8	657,36	3,63
8,25	675,72	3,85
8,5	691,49	4,05
8,75	705,7	4,26
9	719,17	4,47
9,25	732,45	4,67
9,5	745,98	4,89
9,75	760,02	5,11
10	774,74	5,34

En este caso se escoge la velocidad máxima a la que la embarcación pueda navegar, en este caso aunque la recomendable es de 8 nudos, se realiza el estudio con 10 nudos.

Se extrae una potencia de 5,34 hp.

Se pueden extraer valores de potencias de diferentes métodos como:

- Método de I.k kupras
- Formula de D.G.M Watson

Cada método tendrá unos valores algo diferentes, para escoger uno se hace la media de los tres.

Pero no es necesario realizarlo, ya que el método Holtrop y Mennen, es un método de aproximación muy válido.

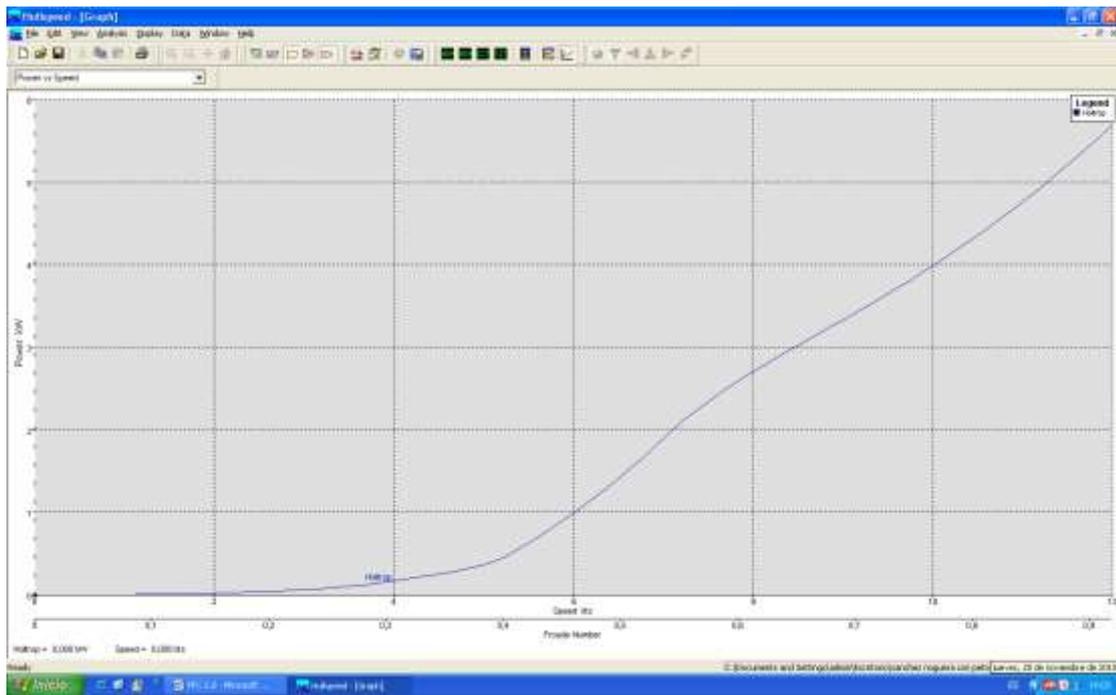
Se estima necesario un motor fueraborda de mínimo 5,50 CV de potencia.

Para esta embarcación debido a que en el mercado de motores existen un número concreto de CV de potencia pasando de 5 CV, 6cv, 8cv y 9,9 CV como los más próximos a los cálculos obtenidos. Se estima mediante los valores obtenidos y según la grafica adjunta.

Con un motor de 6cv se cubren las necesidades de la embarcación, pero el estudio se ha realizado con la embarcación con el peso en rosca, es decir sin ninguna persona a bordo, y sin carga.

Esta embarcación se ha construido con capacidad para 2 personas lo que supone un peso extra de 70 kilos por persona aproximadamente ($70 \times 2 = 140$ kg) mas el peso del motor fuera borda. (Para estos CV de potencia aproximadamente 38 kg), sin contar posibles oleajes.

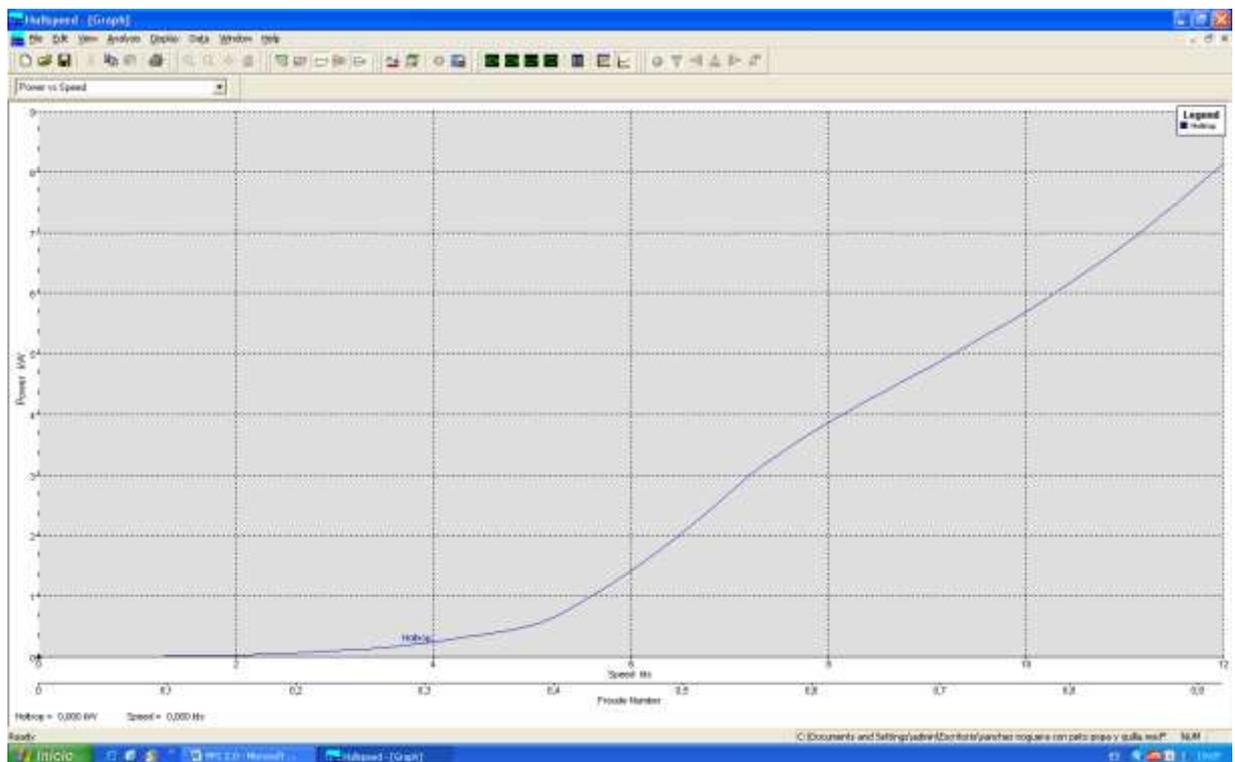
Es por ello que se establece como el motor ideal un motor de 8 CV



De la tabla potencia/velocidad se extrae que para una velocidad de 10 nudos se necesitan 4 kw de potencia, potencia que se puede obtener de un motor de 8cv.

El modelo F8C de Yamaha ofrece 5,9 Kw / 5500 rpm.

Estudio realizado con una eficiencia del 100 %, si se baja dicha eficiencia a valores más reales como el 70% se obtiene la siguiente grafica.



De donde a 10 nudos de velocidad se necesitan 5,6 kw de potencia.

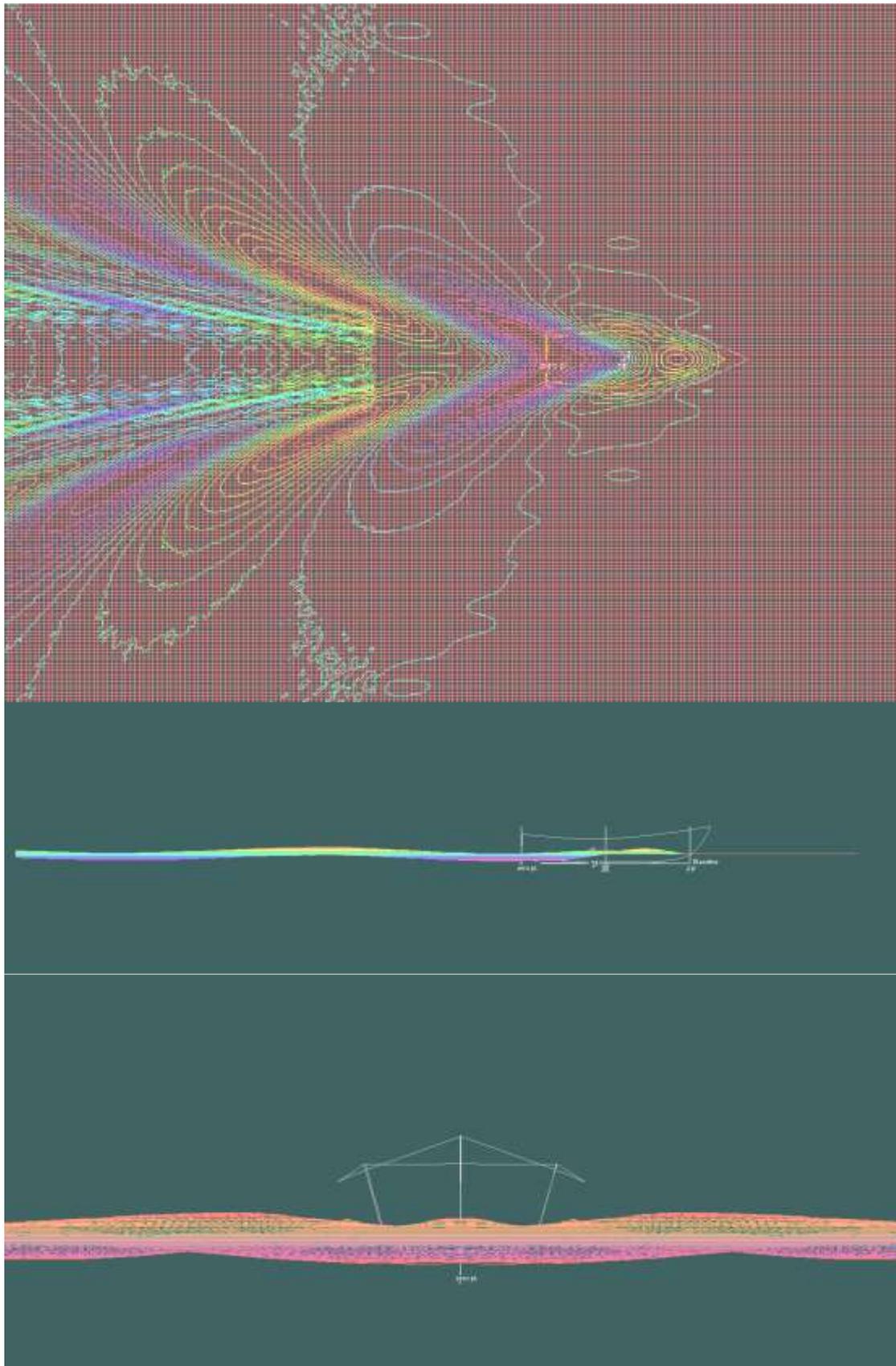
Al ser los motores de 8 y 9,9 CV motores muy similares en cuanto a peso, consumos, rangos de funcionamiento etc...

La adquisición de uno u otro dependerá del factor económico.

Siendo en todo caso el específico según los cálculos presentados, para esta embarcación el motor de 8cv.

Se adjunta información de diferentes marcas de motorización en el anexo de este proyecto.

3.5.4 Formación de olas a 10 nudos de velocidad (Hullspeed).





4 PRESENTACIÓN DEL MATERIAL A UTILIZAR

Para la realización de este proyecto, se necesita una cantidad de material considerable.

A continuación se exponen, los materiales más significativos que se han utilizado a lo largo del proyecto.

Materiales a utilizar:

HERRAMIENTAS:	
Lija madera plana y curva Sierra Caladora Sierra circular Lijadora eléctrica Hojas de lija de 5,4 y 2	herramientas de corte y maderas
Reglas Cartabón Nivel	medición
Martillo Destornillador eléctrico Destornillador estrella Destornillador plano Alicate plano Abrazaderas Punzón Taladro broca madera 4 mm	fijación y anclaje
Brocha pequeña Brocha mediana Rodillo Espátula	pintura y acabados



5. PRESUPUESTO DEL MODELO

Este documento se presenta en una hoja DIN A3.

Para visualizar este documento, entre en la carpeta hojas de cálculo y presupuesto.



6. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL MODELO

6. Proceso constructivo:

En primer lugar se establece la metodología constructiva del proceso.

Al tratarse de un modelo a escala 1/5, las dimensiones extraídas de los planos 3D se han de hacer a escala 1/5. O si se prefiere se puede realizar una escala en el mismo programa para obtener las dimensiones correctas.

Se ha de tener en cuenta que se darán elementos donde esta reducción de tamaño no sea posible. Así es con los larguerillos que en algunos casos deberán adaptarse y en otros modificarse.

En el caso de las maderas contrachapadas, al tener que utilizar para la embarcación real unas dimensiones de aproximadamente 8 mm de espesor, según los cálculos de espesores realizados en las páginas 77-78.

Al no encontrarse estas dimensiones en el mercado se opta por la más cercana a esta sobredimensionando. Por ello se utilizara como espesor para el forro 9 mm.

Al realizar una escala sobre los espesores se obtienen espesores de 1,8 mm para los 9mm y 2,4mm para una lámina de 12mm de espesor, espesores totalmente impracticables.

Es por ello que se han seleccionado los dos espesores más finos que se comercializan: 3 y 5 mm.

Como todo proceso constructivo artesanal, los pasos a seguir son orientativos así como su orden.

Es por ello que se encontrara a lo largo del proceso acciones que pudieran realizarse de muchas formas distintas, entendiendo que un proceso artesanal depende de los materiales a utilizar, de la documentación disponible (planos, imágenes...) y por ultimo de las habilidades personales.

De ahora en adelante, todas las dimensiones hacen referencia al modelo escala 1/5

Para la realización de la embarcación a tamaño real, extraiga los planos necesarios, mediante cualquier programa CAD.

6.1 Falsas Cuadernas:

El primer madero que se corta en este proceso constructivo son las falsas cuadernas, aun tratándose de un proceso que no formara parte directa de la embarcación, es muy útil a la hora de comprobar medidas más adelante.

Solo es recomendable en el caso de fabricar un modelo a escala. Ya que la cantidad de madera a desechar es elevada y costosa.

Se hace necesario, en el momento de construir el peto de popa.

La primera cuaderna a fabricar es el espejo de popa o peto de popa. Esta sección si formara parte de la embarcación, al tratarse de un elemento final.

Partiendo de los planos obtenidos del programa 3D y una vez pasados a 2D mediante el mismo programa o Autocad.

Se dibuja exactamente la forma directamente sobre la madera contrachapada de 5mm de espesor.



Fotografía 1.



Fotografía 2.

A continuación, se procede a cortar dicho elemento, utilizando una sierra de vaivén, Para ello se hará firme la lámina, mediante el uso de sargentos y se procederá a su corte.



Fotografía 3.

El resultado obtenido es el siguiente.

Para un mayor acabado se procede a su lijado eliminando así, las rebabas.



Fotografía 4.

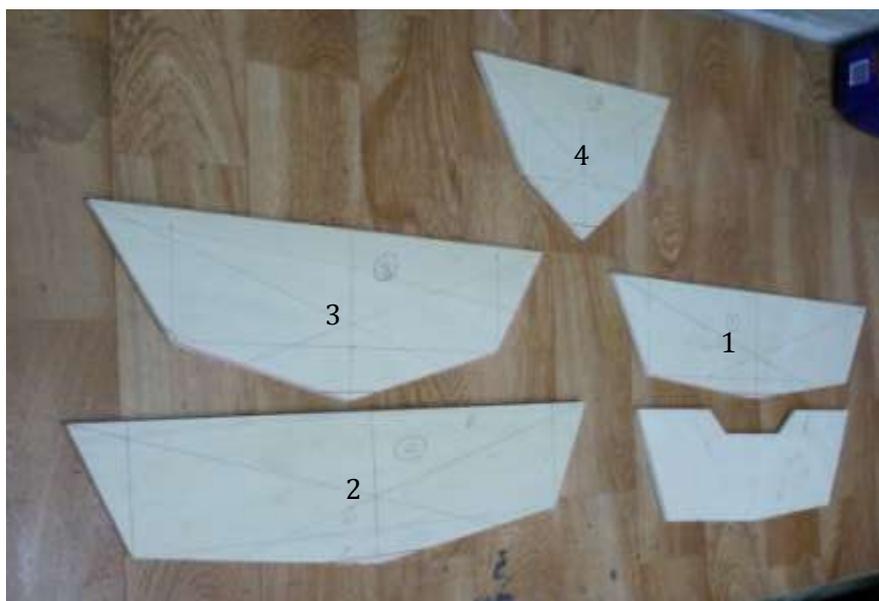
Este proceso se repite ahora para todas las cuernas restantes, realizando en primer lugar su esquema directamente sobre la lámina de madera contrachapada.

Recuerde que los pasos siguientes no son necesarios, pero si se encontrasen estos interesantes, también puede realizar estas falsas cuernas, por medio de láminas de papel, con el fin de no desperdiciar tanta madera.



Fotografía 6.

Los resultados finales son los siguientes:



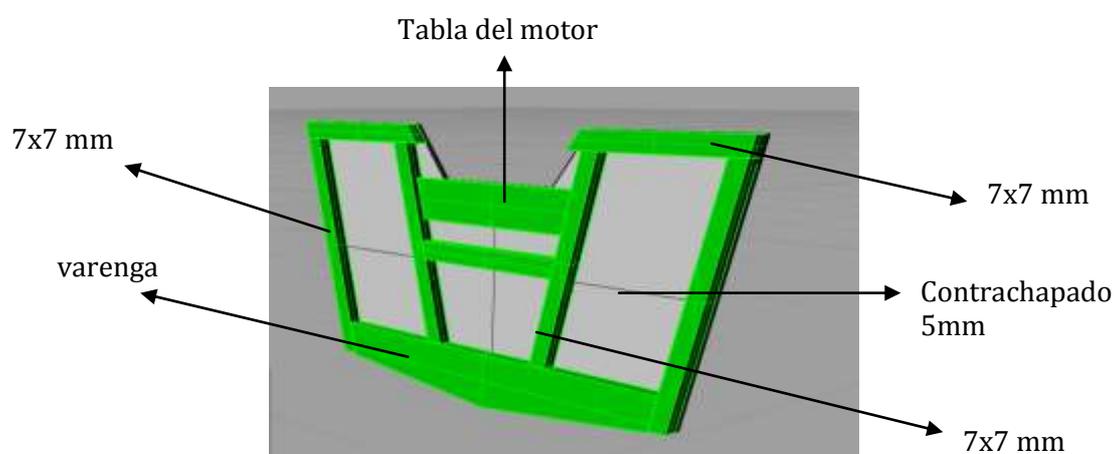
Fotografía 7.

6.2 Peto de popa

Una vez se tiene la base de construcción que forma el peto de popa, se procede a reforzar este.

El primer refuerzo que se añade es una sección de madera contrachapada de 5mm de espesor y se sitúa donde se fijara el motor fuera borda, se hace referencia a este elemento como tabla del motor.

Por ello utilizando los planos se obtiene una pieza de 5x100mm. Al ser un elemento que no afecta a las propiedades de la embarcación. Se puede optar por realizar esta pieza en diferentes anchuras, teniendo en cuenta que los soportes del motor deben quedar fijados sobre esta tabla del motor.



Fotografía 8 y 9.

Una vez recortada la tabla del motor, se fija a la base de construcción mediante bastante cola epoxi. Se deberá sujetar con sargentos para inmovilizar el elemento.

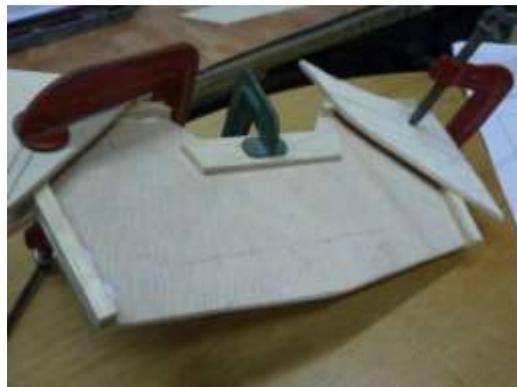


Fotografía 10.

Se procede ahora a reforzar mediante listones la estructura del peto de popa. Nuevamente se pueden aplicar las dimensiones obtenidas por el diseño. Aunque al tratarse de una pieza “peto popa” extraída directamente de dichos planos no es necesario ya que situando los listones sobre la base de construcción y marcándolos obtendremos unos listones idénticos, que si se cortan mediante los planos.

Una vez cortados los listones se encolan aplicando bastante cola y se hacen firmes mediante sargentos.

Para una mayor sujeción se aplican clavos arponados para madera resistentes al medio marino.

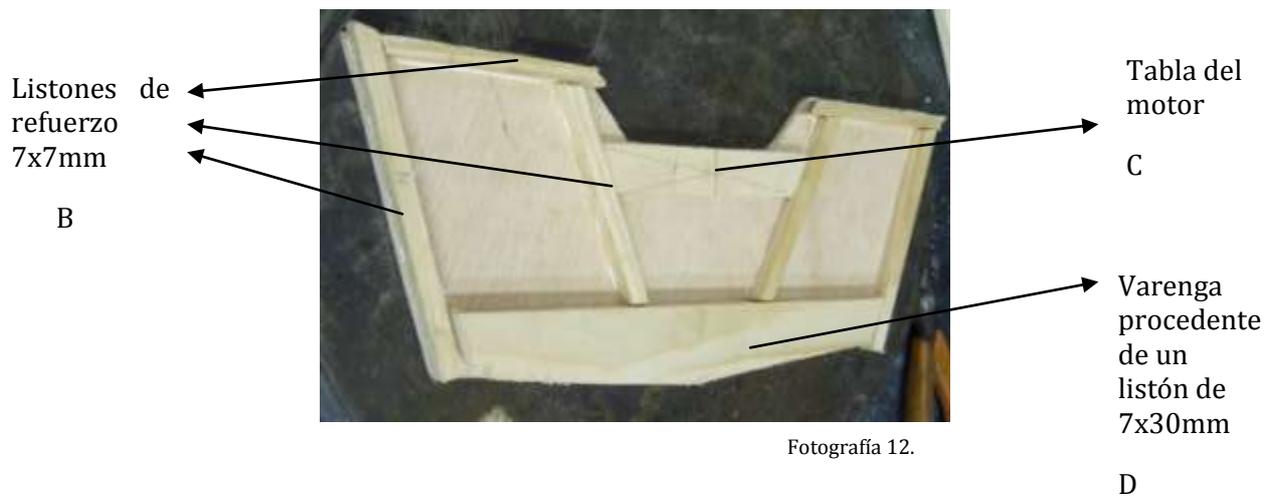


Fotografía 11.

En la parte inferior del peto de popa se añade una varenga, ya que esta parte estará sometida a esfuerzos y tendrá que albergar, los larguerillos de fondo. Encole con bastante cola epoxi y fíjese con al menos 6 tronillos para madera de 2,5x12mm.

Dicha varenga se obtiene a partir de un listón de madera de 7x30mm al cual se le otorga la forma correcta mediante una sierra de vaivén.

El resultado final de todo este proceso es un peto de popa con todos los refuerzos necesarios.



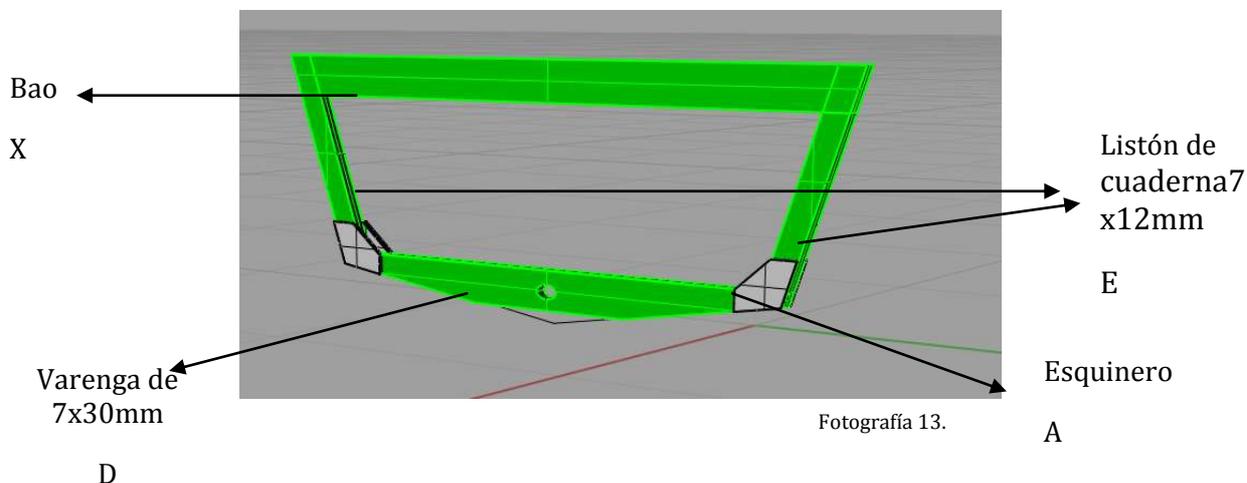
6.3 Cuadernas 1, 2,3 y 4:

El proceso de construcción de una cuaderna es aplicable para todas ellas, al ser el proceso constructivo muy semejante respecto de una a las otras.

Utilizando las falsas cuadernas obtenidas anteriormente se irán situando sobre esta los diferentes elementos que forman parte de la cuaderna.

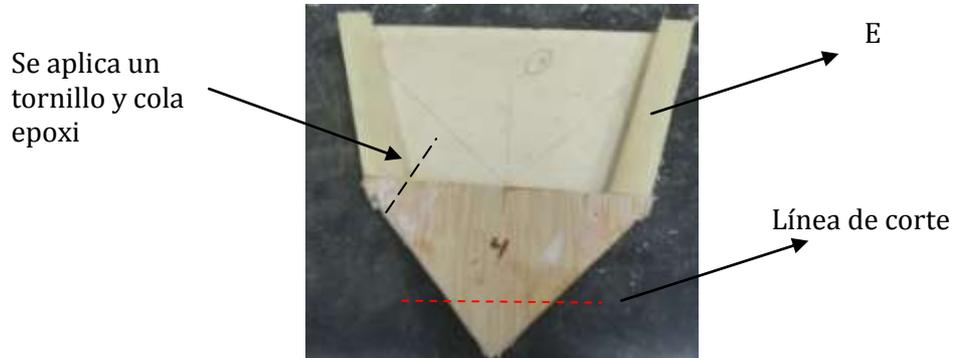
Para realizar las cuadernas se necesitan esencialmente 4 elementos.

- Listones donde se hará firme el forro por los costados de la embarcación (listón de cuaderna).
- Listón procedente de 7x30mm cortado a medida en la cual se trincaran los anteriores listones y donde se apoyara y se hará firme el forro de fondo de la embarcación (varenga).
- Refuerzos para esquinas (esquinero)
- Listón para unir los larguerillos y mantener la forma deseada (bao).



Los listones laterales que forman la cuaderna se crean a partir de un listón de 7x12mm, cortándose a la medida deseada.

Para crear la varenga se utiliza un listón de madera, pudiéndose extraer las dimensiones se pueden extraer nuevamente de los planos 2D o utilizando la falsa cuaderna, en el caso del modelo.

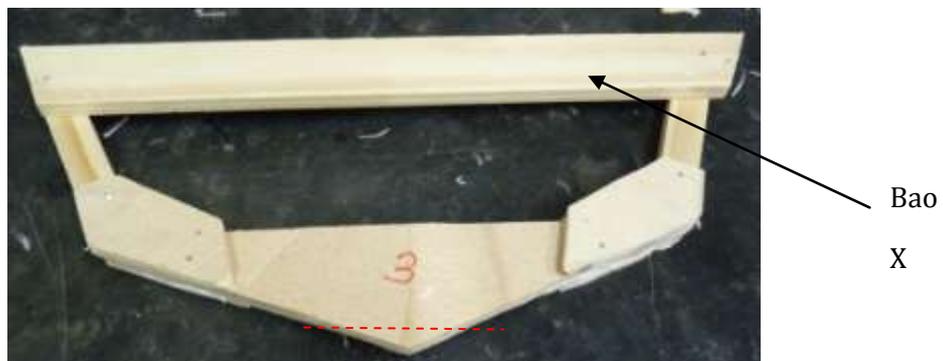


Fotografía 14.

Una vez unidas estas dos partes de la cuaderna mediante cola epoxi y un tornillo para madera por cada lado, para así reforzarlo.

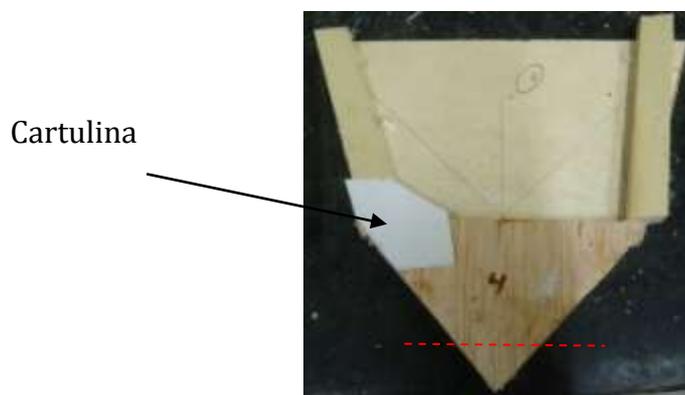
Se corta un listón de madera, para afianzar estos listones y queden en una posición fija, ya que si no la embarcación podría no ser simétrica. Este listón actuara como bao provisional. (Fotografía 15)

Se debe cortar con una longitud máxima de la manga de la cuaderna ya que no se eliminara hasta una vez colocado el forro y si sobresaliese impediría la correcta unión forro/cuaderna.



Fotografías 15 y 16.

Para formar los esquineros, se aconseja realizar las formas directamente sobre los maderos en un papel o cartulina. De esta forma puede hacerse una idea, del aspecto final y de donde se debe rebajar o ampliar sus dimensiones. Quedando un esquinero más exacto que si se extraen sus dimensiones directamente de los planos.



Fotografía 17.

Se deben realizar 4 copias de estos refuerzos que irán afianzados nuevamente por bastante cola epoxi y por 3 clavos a cada lado y pieza, en total 12 clavos.



Fotografía 18.

En todas las cuadernas se debe marcar, la sección que posteriormente se cortara y será por donde pase la quilla interna de la embarcación. (Línea de corte)

6.4 Roda:

Este proceso se podría realizar de una única pieza, al tratarse de una roda de pequeñas dimensiones, pero no es propósito de este proyecto la construcción de un modelo únicamente, por ello se fabrican todos los elementos como si de la embarcación de 5,20 metros se tratase.

Es por ello que la roda se fabrica a partir de una lámina de madera contrachapada en tres capas, es importante finalizar siempre en capas impares como si de la creación de una lámina de contrachapado se tratase.



Fotografía 19.

Es por ello que se utilizan 3 capas de 5mm cada una = 15 mm de espesor.

Según el diseño de la embarcación, la roda sobresale unos centímetros del forro a modo de pique. Evitando así típicos golpes frontales sobre el forro, a los que son sometidas las embarcación en su uso diario.

Se extraen los planos de la roda y se calcan estos sobre la madera contrachapada por triplicado. Según el proyecto cada roda está formada por 3 partes por tanto al final se obtienen 3 partes x 3 rodas= 6 elementos.

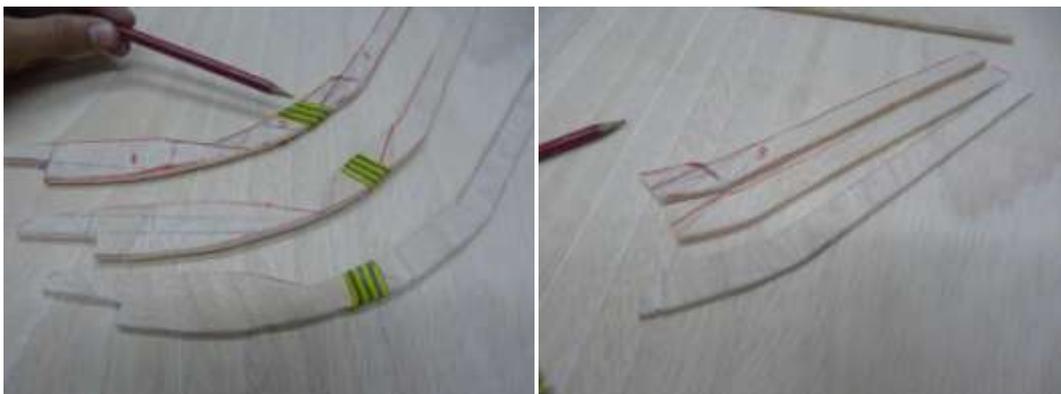
x 3



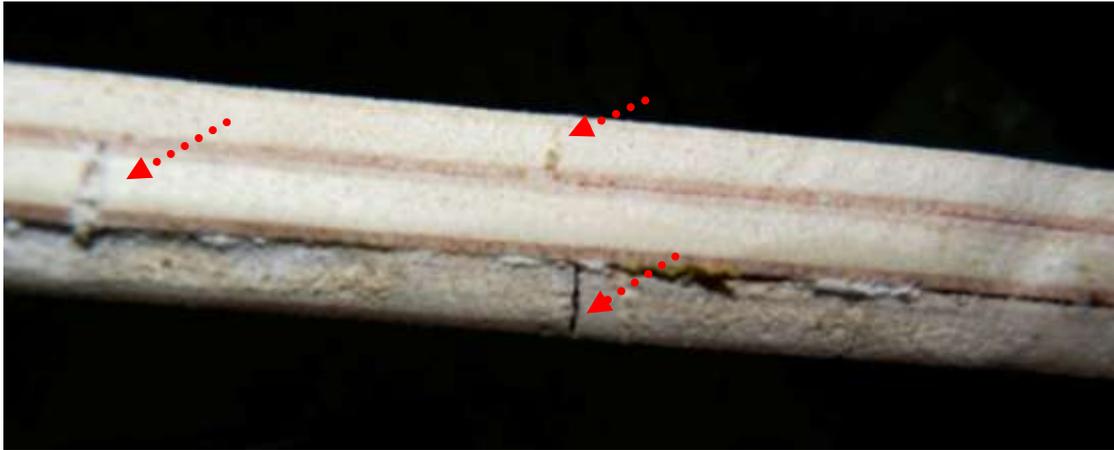
Fotografía 20.

En este caso solo se cortan en dos secciones al tratarse de una roda de muy pequeñas dimensiones, partir esta en más elementos solo debilitaría la estructura.

Los cortes no deben coincidir en las rodas que tengan contacto entre ellas. Por ello se realizan dos iguales y una con la disposición del corte diferente.



Fotografía 21, 22 y 23.



Una vez cortados los 6 elementos se unen entre sí mediante bastante cola epoxi y afianzándolos fuertemente con ayuda de sargentos, es importante que la presión sea alta, ya que se pretende crear una roda maciza.



Fotografía 24.

Una vez secado, se procede a lijar la roda para eliminar rebabas y dejar-la como si fuera una única pieza, por ello también se aplica masilla.

La roda queda finalmente como una única pieza maciza.



Fotografía 25.

6.5 Cortar las cuadernas y el peto de popa para el paso de sus refuerzos:

Para finalizar las cuadernas y poder-las situar correctamente en la base de construcción es recomendable cortar antes el paso de los refuerzos.

Para ello y según los planos obtenidos se disponen de 6 larguerillos longitudinales, que recorren toda la eslora de la embarcación.

Para realizar este proceso, se utilizan la sierra de vaivén, sierra circular y los formones, para trabajar la madera, así como la lijadora tipo mouse eléctrica, para corregir fallos y dar un buen acabado.

Todos los larguerillos proceden de listones 7x7mm, excepto los larguerillos de costado inferior que se trata de 7x12mm, situados en el pantoque de la embarcación.

- Peto de popa: se le deben aplicar 5 incisiones, como se puede apreciar en las siguientes fotografías. (25,26 y27).
La quilla central es el único refuerzo que atraviesa el espesor del peto de popa, se une a este mediante 2 tornillos latonados. (Fotografía 27).

7x7m



Fotografía 26.

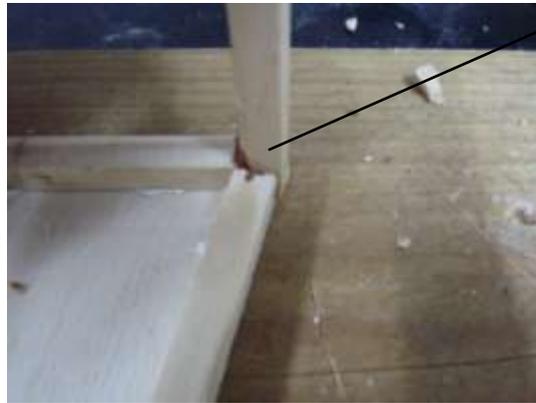
7x12m



Fotografía 27 y 28.



Estas muescas no deben sobrepasar el peto de popa, únicamente los refuerzos.



Fotografía 29.

- Las cuadernas 1, 2,3 y 4: Son más sencillas que el peto de popa, al tener que cortarse traspasando toda la pieza. Se le aplican los cortes correspondientes, para el correcto paso de los larguerillos que actúan como vagras.



Fotografía 30.

Refuerzo de pantoque



Fotografía 31.

6.6 Base de construcción o Grada:

La parte más complicada de construir una embarcación se debe al hecho que los elementos estructurales deben disponerse de forma simétrica en ambos costados, ya que si no obtendríamos una embarcación, desplazada y sería incomoda e ineficiente a la hora de navegar.

Es por ello que la creación de este proceso se debe tomar con suma paciencia y exactitud.

No se debe intentar economizar la construcción de la base de construcción o grada, a fin de disponer de un buen casco, es necesario formar una grada adecuada.

Por parte de los que se inician a construir un bote, no le prestan la suficiente atención a este proceso y siempre procuran construir uno que cueste lo mínimo posible.

Esta decisión puede costar graves inconvenientes más adelante y ser muchísimo más cara la construcción del bote, al tener que rehacer-se.

Para la creación de la estructura no hay unas dimensiones concretas ya que es ahora donde aparece la habilidad y picardía de cada persona.

Como ejemplo se dispone lo siguiente:

- Se utilizarán listones de 7x35mm (siendo las dimensiones de estos a libre albedrío).
- Las uniones se fijarán con tornillos para madera, sin necesidad de un material concreto.
- Se precisa de una escuadra para fijar las cuadernas en ángulo recto con respecto a la base de construcción.
- El peto de popa se inclina un ángulo pequeño (3° aproximadamente) dependiendo del diseño de la embarcación. Para que el motor fuera borda tenga una posición más efectiva.
- Las uniones de la estructura de refuerzo a las cuadernas se realiza mediante tornillería, nunca utilizando cola epoxi, ya que después se tendrá que eliminar.



Fotografía 32 y 33.

X listones
de base de
construcción

- Como ya se ha expuesto, es muy importante la simetría de todos los elementos, por ello una forma fácil de tener el centro en la estructura, es marcarla mediante un hilo o alambre.



Fotografía 34 y 35.

Las cuadernas deben estar totalmente perpendiculares a la base de construcción, por ello es necesario comprobar su verticalidad mediante una escuadra.



Fotografía 36 y 37.

Es importante que la manga de la base de construcción no supere a las cuadernas, por ello en la última sección se tendrá que reducir dicha amplitud para poder colocar la cuaderna número 4.



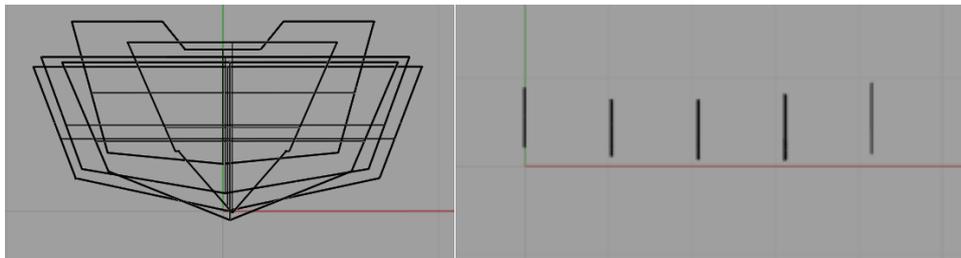
Fotografía 38 y 39.

En el apartado (cuadernas) se hacía referencia a la utilización de unos listones a modo de baos provisionales, para hacer firmes los listones laterales de las cuadernas. Estos listones serán ahora la base donde irán posadas las cuadernas.

Es por ello que su altura respecto al final de los listones se debe tener en cuenta.

Las cuadernas dependiendo de su posición están más o menos altas.

Al diseñarse se puede apreciar en la (Impresión 11 y 12) el arrufo de la embarcación.



Estas alturas se extraen de los planos (Imp.8, 9,10)

Son unas medidas que ahora en el proceso constructivo no se pueden aplicar, se deben tomar justamente las contrarias, al estar la embarcación volteada.

Para ello se usa el programa de diseño 3D Rhinoceros y en la capa cuadernas se traza una línea vertical desde la cuaderna 4, la más alta. Hasta el final de la eslora.

Una vez trazada esta línea horizontal se acotan las cuadernas desde su parte superior hasta dicha línea de referencia (esta línea simula la base de construcción).



Una vez se obtienen estas medidas se procede a colocar los listones de sujeción (Bao) de forma que las cuadernas queden elevadas sobre la base de construcción de la misma forma.

Siendo ahora la cuaderna 4, la más baja, lo contrario que en posición normal de la embarcación.

6.7 Montaje de las cuadernas sobre la base de construcción

Pudiéndose empezar-se el montaje de las cuadernas sobre la base de construcción, de forma indistinta respecto a su primer elemento, en este caso se empieza por el peto de popa y se avanza en su colocación hacia la proa de la embarcación.

Se debe marcar sobre la base de construcción las diferentes claras de cuaderna, ya que pueden estar situadas a una clara de cuaderna constante, como puede no estarlo dependiendo del diseño de la embarcación.

Usualmente se acortan las claras de cuaderna según se aproximan a la proa de la embarcación, esto se debe al hecho de que de esta forma se dota a la parte frontal o proa de la embarcación de una resistencia mayor.

Colocación del peto de popa:

Siguiendo el plano anterior, se aprecia que este elemento debe estar inclinado 3 grados respecto a la vertical por lo que se situara a 87 grados respecto del eje x o horizontal.



Fotografía 40.

En la imagen se aprecia que se han colocado los refuerzos de la estructura base de construcción, de modo que no interfieran con las cuadernas.

Véase en la siguiente imagen.

También se aprecia que respecto a la base de construcción debe estar elevado 56 esta dimensión tan pequeña se puede despreciar o si se prefiere respetar, se situara un elemento separador de 56mm de espesor bajo el peto de popa.



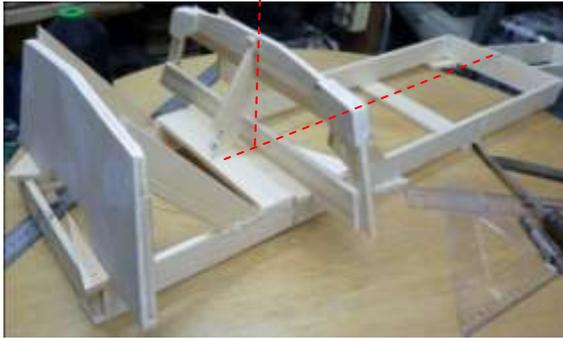
Fotografía 41.

El siguiente elemento a colocar es la cuaderna numero 1. Para su correcta colocación se necesita marcar correctamente el centro de esta, disponer de una escuadra adecuada, y crear una base para su sustento de 182mm de altura.

Estructura de soporte y elevación de 182mm.



Fotografía 42.



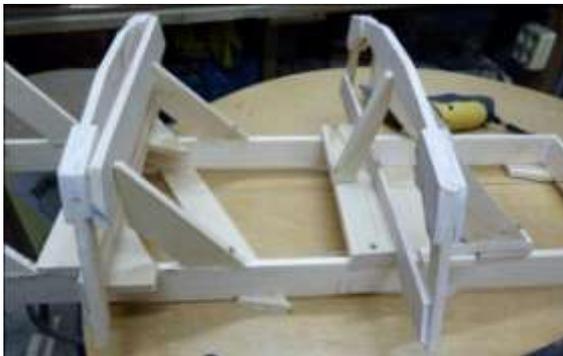
Fotografía 43.

Se debe cerciorar su verticalidad por medio de una escuadra.



Fotografía 44.

Se procede ahora a la colocación de las cuadernas restantes, su colocación se basa en los mismos principios que los aquí descritos, es por ello que se resumen los siguientes pasos constructivos por medio de imágenes obtenidas en el momento de su construcción.



Fotografías 45, 46,47 y 48.

Para la colocación de la última cuaderna, cuaderna 4. Se ha de tener en cuenta que se debe reducir la anchura de la base de construcción, al ser una cuaderna de una manga mucho inferior a las demás.

Si este paso se obviara se encontraría con la imposibilidad de colocar el forro de la embarcación al topar este con la base de construcción y se aconseja como aporte a tenerse muy en cuenta, que se deberá trabajar el máximo tiempo posible sin eliminar la base de construcción evitándose así muchos esfuerzos sobre los listones de refuerzo y elementos poco afianzados.

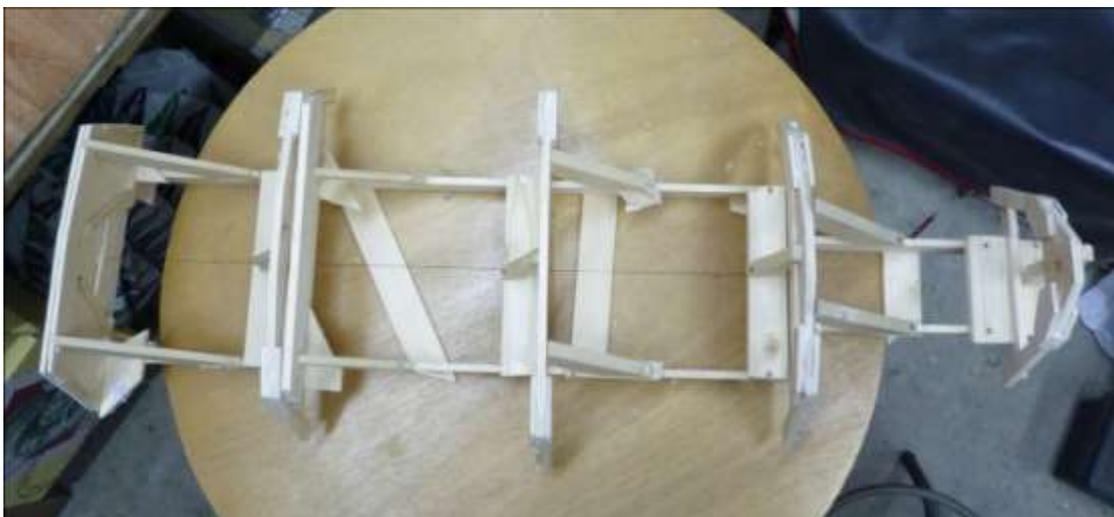


En este caso no es necesaria una base de construcción al ser la cuaderna más elevada en la posición natural de la embarcación.



Fotografías 49 y 50.

El resultado final se debe asemejar a las siguientes imágenes:



Fotografía 51.



Fotografía 52.

6.8. Unión de la quilla interior con la roda:

Para este proceso se precisa de dos pernos de acero. Inox de 4mm de diámetro por 30mm de longitud, junto dos tuercas de acero inoxidable de 4mm de diámetro y 4 arandelas dentadas o también pueden usarse arandelas Grower.

Con estas arandelas aseguramos que la unión quilla/roda no tienda a aflojarse.



Dentada



Grower

Se sitúa el madero de 7x28mm que formara la quilla interior de la embarcación sobre las cuadernas adaptándola a su forma, de esta forma se asegura la dimensión de esta. Marcando el listón en se obtiene la longitud o eslora exacta.

Una vez se corta la quilla interior se marca su centro y se realizan dos taladros a suficiente distancia uno del otro de forma que queden dentro de la cuña formada por la roda.

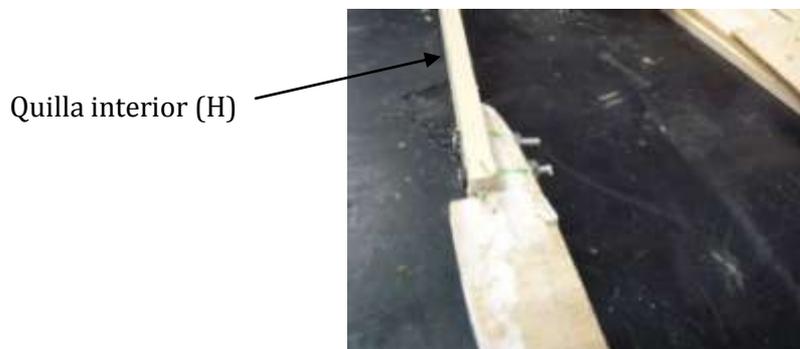
Ahora se montan los pernos, junto dos arandelas dentadas, una por cada lado (como se muestra en las fotografías 53 y 54) y se aprietan fuertemente.

Para garantizar su perfecta unión se encola la parte en común de roda/quilla.



Fotografía 53 y 54.

Posteriormente se recortaran los salientes de los pernos mediante una radial con disco para metales o bien con una sierra común.

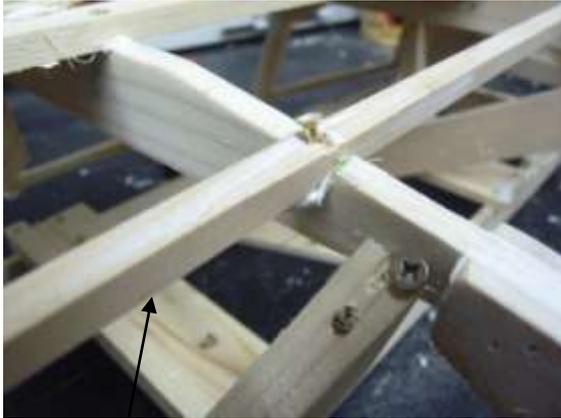


Fotografía 55.

6.9 Unión de los refuerzos a las cuadernas:

Se sitúa la estructura (base de construcción) en una posición cómoda.

El primer refuerzo a colocar son las vagras de fondo o también conocido como listón de fondo, se pasan los listones de 7x7mm, por las muescas realizadas en las varengas de las quillas, y las aseguramos con tornillería para madera de 2,5mm de diámetro y 12mm de longitud.



Fotografía 56.

Elemento B (listón de refuerzo, fondo)

Los listones deben sobresalir una cierta cantidad, de esta forma se crea una separación entre el forro la los costados de la varenga, por el que podrá circular el agua embarcada u otros fluidos, de un lado a otro de la embarcación, impidiendo de esta forma que se quede estancada entre clara de cuaderna.

Fotografías 57y 58.



Por último se debe afianzar perfectamente estos listones de refuerzo, ya que se deberán biselar para que el forro no haga pliegues extraños.

Una vez se tiene la certeza de su correcta colocación se bisela mediante una lijadora eléctrica o un cepillo de raspar.



Fotografía 59.



Fotografía 60.

6.9.1 Colocación de la quilla central junto a la roda.



Fotografía 61.

Este proceso no presenta mayor dificultad, simplemente se sitúa la quilla central en su posición correcta, asegurando que este perfectamente alineada con respecto al centro de la embarcación.

Una vez realizado esto, se fija a la estructura mediante tornillería de 2,5 mm x 12mm. Se aplican 2 tornillos por cuaderna. En total 10.

Este elemento también se debe biselar para la correcta posición del forro de fondo. El ángulo del bisel aumenta según se avanza hacia la proa de la embarcación.

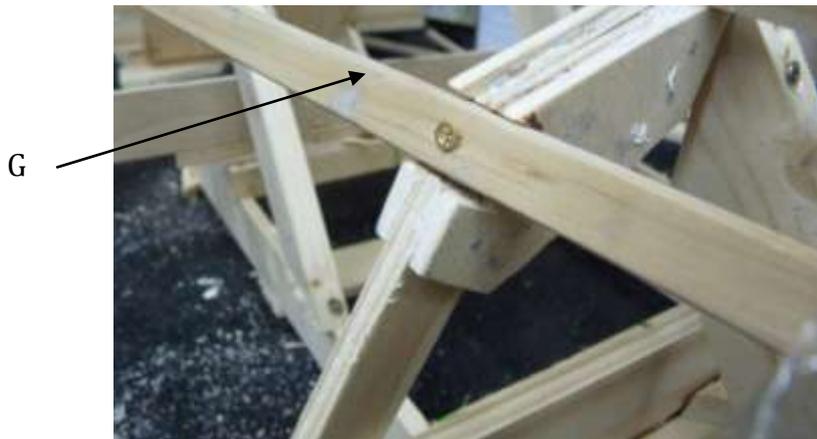
Se marcan mediante el apoyo del forro sobre la quilla, los ángulos del bisel y se procede a su lijado o raspado.

6.9.2 Colocación de los listones de pantoque o vagras de pantoque.

Se forman a partir de listones de 5x13 mm, se trata de una pieza continua que va desde el peto de popa hasta la roda, por el pantoque de la embarcación.

Se introduce en las muescas creadas con anterioridad para este elemento de refuerzo, será necesario biselar las muescas en las cuadernas, en la dirección de popa a proa.

Se aplica cola a las muescas y se fijan mediante tornillería tipo. Se debe efectuar esta misma operación a ambos lados del bote y en cada cuaderna.



Fotografía 62.

6.9.3 Colocación de la abrazadera de arrufo



Fotografía 63.

La abrazadera de arrufo consiste en dos piezas (listones de 7x7mm (F)). Por cada lado de la embarcación.

El biselado de las cuadernas será muy parecido al que se realizó para las vagras de pantoque, biselándose de popa a proa.

Se colocará el listón en su posición y se irá haciendo firme con tornillería tipo.

Finalmente se aplica cola epoxi para dejar la abrazadera de arrufo en su posición definitiva.

Para poder hacer frente a ciertas curvaturas de la embarcación, se empapan los elementos que se quieran curvar con agua hirviendo, aplicando unos pesos sobre los maderos y dejando que se sequen. Obtenemos una forma más parecida al contorno de la embarcación y por tanto será más sencilla su colocación sobre esta.



Fotografía 64.

6.10. Perfilado:

Todos los miembros, cuadernas, roda, peto de popa, quilla, listón de fondo, y abrazadera de arrufo, deben biselarse, a fin de que la tablazón quede plana o se adapte bien a todos los miembros.

El perfilado delantero muestra las mayores complicaciones. El perfilado se realiza mediante una raspa para madera, pasándose un cepillo para las pasadas largas, finalizando con unas pasadas de la lijadora eléctrica para darle un buen acabado.

La sección más complicada de perfilar son las secciones delanteras de los listones de refuerzo en general. Se recomienda paciencia y estudiar con sumo cuidado la sección del lomo desde diversos ángulos, a fin de comprender el paso siguiente.

Para un buen perfilado visualice la pieza en su conjunto desde la parte trasera y recorra las líneas del casco.

El resultado final de la colocación de todos los refuerzos longitudinales es el siguiente:



Fotografía 65 y 66



Fotografía 67

6.11. Masilla y lijado:

Es muy importante que este proceso se realice antes de continuar y empezar con la instalación del forro.

Se deberá enmasillar toda imperfección que se hallen en las cuadernas refuerzos y uniones entre estos para que a la hora de colocar el forro todo sienta en su posición correcta.

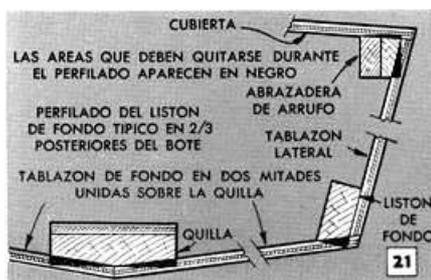
Se eliminarán rebabas y otras imperfecciones de la madera que pudieran darse.



Fotografía 68 y 69.

6.12. Colocación del forro:

6.12.1. Forro de fondo:



Como ya se ha expuesto en el apartado perfilado es muy importante realizar este correctamente.

Los tablones de fondo consisten en madera contrachapada de 3 mm de espesor para el modelo, lo que supondría aproximando a un contrachapado de 9 mm de espesor si se tratase de la embarcación a tamaño real.

Se forma a partir de dos tablonos cuya junta cae exactamente en la línea central de la quilla. (Fotografías 74 y75).

Es combeniente realizar unas plantillas y proceder al cortado del tablon de forma burda, para tener espacio para la rectificaciones posteriores.



Mediante las plantillas se traslada la forma de los tablonos de forro directamente sobre la madera contrachapada para su posterior corte.

Fotografía 70.



Fotografía 71.

Mediante una sierra de vaivén, se corta la pieza que formara el fondo de la embarcación, no se debe cortar el forro con exactitud, ya que al curvar la pieza podría quedar desajustada.

Una vez se tiene el forro de fondo cortado, se pule lijándolo cuidadosamente, mediante la lijadora eléctrica.

x 2

Se fija mediante sargentos, hasta tener perfectamente definida su posición.



Fotografía 72 y 73.



Al tratar de curvar la pieza en la sección delantera, pueden surgir ciertas complicaciones, debido a la rigidez de la madera.

Un truco para solucionar estos inconvenientes es empapar la superficie con agua hirviendo y fijar el talón en la posición correcta mediante pesos. O como en este caso mediante sargentos. De esta forma la madera tenderá a curvarse según la forma deseada.

Se recubrirán todas las partes que tengan contacto entre el forro y los refuerzos por cola epoxi y se atornillaran para dejarlo firme y que no se creen pequeñas curvaturas a causa de la presión.



Fotografía 74.

La intersección de las dos partes del forro de popa debe coincidir con el centro de la quilla maestra.

Se aplica un tornillo de madera latonado cada 10 cm uno respecto del otro, para hacer firme el forro de fondo



Fotografía 75.

La unión de los dos paneles que forman el forro de fondo crea una cresta a lo largo de la quilla central, por lo que al colocar la quilla exterior se tendrá que perfilar tanto esta como los forros de fondo.



Fotografía 76.

En la parte delantera de la embarcación nuevamente surgen complicaciones al presentarse dobleces y recovecos complicados, será necesario macar directamente sobre el forro las partes a eliminar de forma brusca hasta tener una seguridad que es la forma definitiva.

Se deja la roda sin cubrir por el forro, a fin de proteger a este de posibles impactos.



Fotografía 77.

6.12.2. Forro de costado:

Para este proceso, se aplican los mismos procedimientos que para la instalación de los forros de fondo.

En este caso son mucho más fáciles de instalar al tener una curvatura mucho más suave que en los anteriores.

Nuevamente se dibuja sobre unas plantillas el perfil de forma brusca y se traspasa a la madera contrachapada directamente.



Fotografía 78.

Se corta la pieza por duplicado, eliminando rebabas y demás imperfecciones.



Fotografía 79.

De igual forma, se hace firme mediante tornillería latonada o de acero inoxidable y mediante sargentos, hasta el total secado de la cola epoxi.

El resultado final es el que se aprecia en la fotografía (79).

Los procesos para unir el forro de costado de babor y estribor son exactamente los mismos.

6.13. Construcción interna:

Se modifica el diseño 3D de la embarcación, como suele suceder en una construcción de un elemento tan complejo. Se ha de verificar que esta modificación no produzca cambios significativos ya que si no se tendrían que volver a realizar los cálculos anteriores.

En este caso el diseño 3D se formaba en proa un pique de proa formado por el forro de fondo, la cuaderna 4 y el plan de doble fondo. Creando un compartimento estanco.

Este proceso se lleva a cabo de la misma forma, pero se añade un elemento que se considera muy útil y apropiado para el tipo de embarcación.

Se crea un pañol, muy útil para guardar cabos, una pequeña ancla y otros elementos marinos que se deben tener siempre a mano.

Su construcción se realiza de la siguiente forma.

6.13.1. Construcción del pique de proa:



Fotografía 80.

Mediante una plantilla se perfila sobre esta el contorno de la embarcación como se aprecia en la siguiente fotografía (80).

Una vez copiada su forma básica, se traspassa a una lámina de madera contrachapada de 5mm de espesor.

Se podría utilizar madera contrachapada de 3mm de espesor, pero se cree conveniente aumentar su sección al ser una parte donde la embarcación requiere un mayor número de refuerzo.

También se tiene en cuenta que la embarcación cargara con un peso elevado en su parte de popa debido principalmente al motor fueraborda y al navegante que lo dirija, equilibrando de esta forma los pesos.

Es por ello que no se encuentran inconvenientes en utilizar elementos más pesados para elaborar este elemento.



Fotografía 81 y 82.

Se traslada la pieza cortada a su posición, como se puede apreciar en la fotografía (82), el corte ha sido considerablemente brusco, ya que ahora se irá perfilando los acabados hasta conseguir que se adapte lo mejor posible al contorno.

Una vez tenemos la parte posterior del pique, se crea la cubierta, que lo dotara de estanqueidad.

Para ello se procede de la misma forma.

1. Creación de una plantilla.
2. Traspase de la plantilla a la lámina de madera contrachapada de 5mm de espesor.
3. Corte.
4. Perfilado y lijado.



Fotografía 83 y 84.

Nótese en la fotografía (83) que no se ha encolado la proa, hasta que no se tenga perfectamente definida esta última pieza.

Se aprecia también que no queda perfectamente estanca la cubierta del pique de proa, no debe preocuparse ya que esto es prácticamente imposible en madera.

Para hacerse estanco se utilizara como se verá más adelante en este mismo manual, masilla epoxi de fibra de vidrio. (Fotografía 84b).



Fotografía 84 b.

6.13.2. Construcción de pañol:



Fotografía 85.

Se instala una bisagra de latón, para que perdure en el tiempo, ya que estará expuesta a las condiciones climáticas y el medio marino.

Al abrirse el pañol hacia popa, la bisagra se ve forzada a instalarse en el exterior.

Nuevamente se siguen los mismos procesos constructivos:

1. Creación de una plantilla.
2. Traspaso de la plantilla a la lamina de madera contrachapada de 5mm de espesor.
3. Corte.
4. Perfilado y lijado



Fotografía 86.



Fotografía 87.

6.13.3. Cubierta de proa o castillo:

Se debe cubrir el pañol, para poder resguardar sus elementos del exterior.

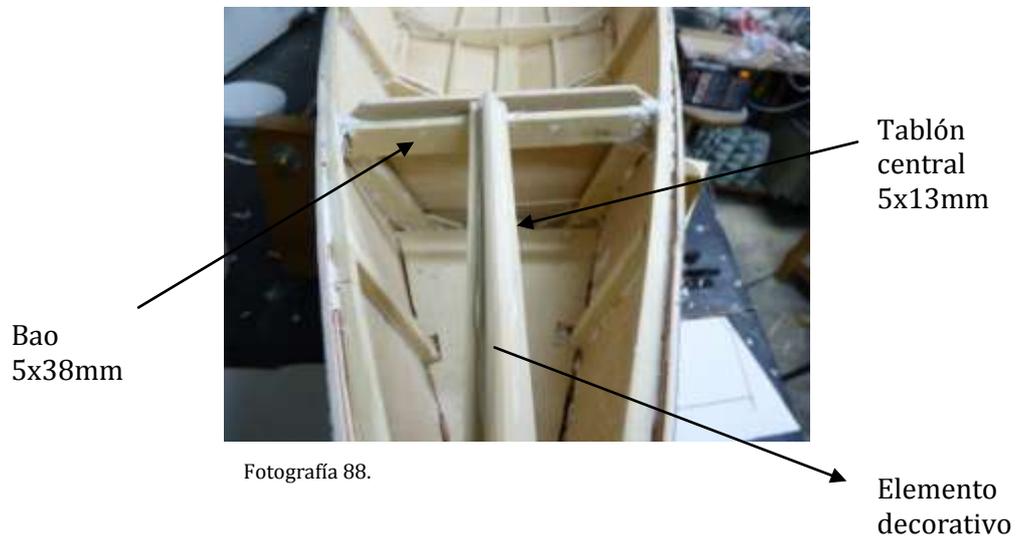
Para ello se instala un bao en la cuaderna que delimita dicho castillo.

Se forma a partir de un tablón de 5x28 mm junto con otro más delgado de 7x7mm que es el que se bisela para dar un acabado más artístico.

También debe colocar-se un tablón central de 5x13 mm, donde descansara la cubierta.

Estos procesos no deben tomarse como una norma, ya que el acabado de la embarcación es una elección más artística que técnica.

Una vez se tienen instalados los elementos de sujeción, tablón central y bao, se procede a realizar la cubierta mediante madera contrachapada de 5mm de espesor.



Posibles acabados:



Fotografía 89 y 90

6.13.4. Plan:

La creación de las planchas para formar el plan de la embarcación, no tiene dificultades técnicas, más allá que dotar de curvatura a estas.

Al ser planchas de un considerable tamaño, utilizar plantillas sería más dificultoso que beneficioso.

Por ello se recomienda tomar las máximas medidas del contorno de la embarcación y trasladar estas sobre la madera contrachapada directamente.

Este proceso se refleja mediante las fotografías (90,91,92,93,94 y 95).



Fotografía 91,92, 93,94, 95 y 96.

Como se estableció en el documento de diseño 3D mediante el programa Rhinoceros 4.0

El plan se puede mover fácilmente, facilitando así un espacio donde se podrá instalar, un tanque de combustible o lo que se crea conveniente.



Fotografía 97.

Se procurara no dejar demasiadas holguras entre elementos, pero si no es posible o se presenta demasiado dificultoso no debe considerarse como un problema, ya que se deberán dejar espacios, a modo de imbornales que desagüen el agua embarcada al doble fondo de la embarcación.

6.13.5. Poceta motor y asientos del piloto:

Esta embarcación, está diseñada para una motorización fuera borda, por ello se requiere de una poceta motor como la que se ha diseñado.

La estructura que se ha diseñado en el apartado 3D (páginas 61,62 y 63) forma una poceta estanca para el motor y dos localidades para que el piloto pueda ir sentado y maniobrar cómodamente la embarcación.

Su construcción, no presenta mayores dificultades. Al ser una zona de trabajo, se recomienda el uso de madera contrachapada de 5mm para el modelo y 12mm para la embarcación de 5,2 metros de eslora.

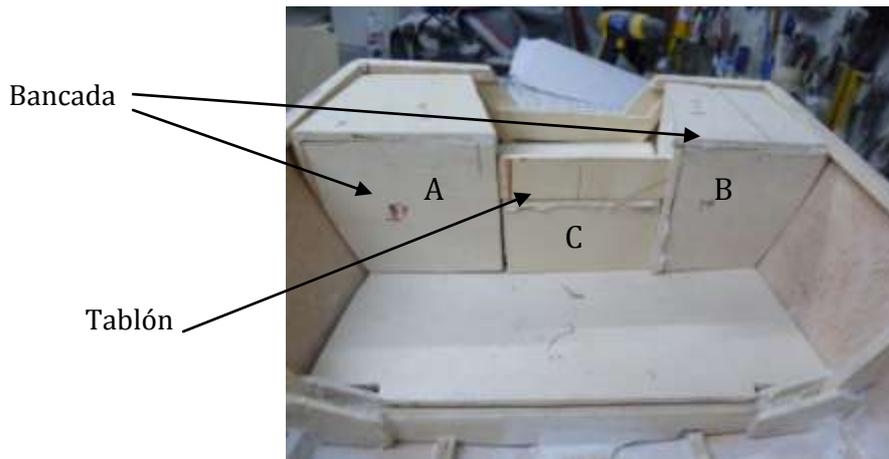
Siguiendo los planos de las páginas antes mencionadas, se crea una poceta con una portilla.

En la fotografía 98, se pueden ver las dos bancadas para el piloto.

Se crea una forma de cuña, siendo la parte más ancha, la cercana al peto de popa y disminuyendo a medida que nos alejamos de este. (Este paso es totalmente opcional, pudiéndose hacer los asientos totalmente rectos).



Fotografía 98.



Fotografía 98.

Mediante un tablón, se hace estanca la poceta motor. Es importante dotar a la poceta motor de cierta inclinación hacia el peto de popa, ya que posteriormente se realizaran unas perforaciones a fin que se pueda desaguar el agua embarcada.

Todos estos elementos se deben enmasillar, para rellenar todos los recovecos y separaciones que pudiesen quedar entre maderos.

En el diseño 3D de la poceta motor, se formaba una portilla a partir de la base de la poceta motor.

Esto supone eliminar los puntales A y B, que soportan el asiento del piloto a ambos lados. Es por ello que se crea una portilla, a partir del puntal de la poceta motor, elemento C, de la fotografía (98).

Dentro de la estructura de la poceta motor, se crea un espacio estanco por debajo de los tablonces que forman la bancada. En este espacio se crea un área de flotación, pudiéndose introducir flotadores si se cree conveniente en su interior.



Fotografía 98 B.



Fotografía 99.

Poceta motor finalizada.
Incluyendo la portilla, para poder resguardar de las inclemencias climatológicas diferentes utensilios.

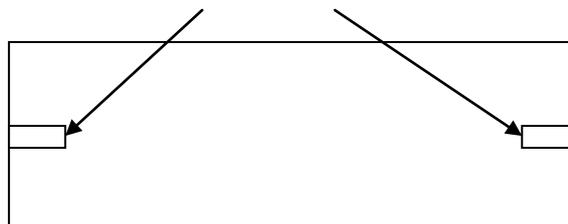
6.13.6. Bancada central:

Se partía de dos posibilidades a la hora de crear la bancada, pero finalmente se cree conveniente crear una bancada para los pasajeros en el centro de la embarcación, a lo ancho de toda su manga.

Esta bancada se sitúa justo en el centro de la embarcación por lo que su longitud es de 1,85m para la embarcación de 5,2 m y de 0,37m para el modelo.

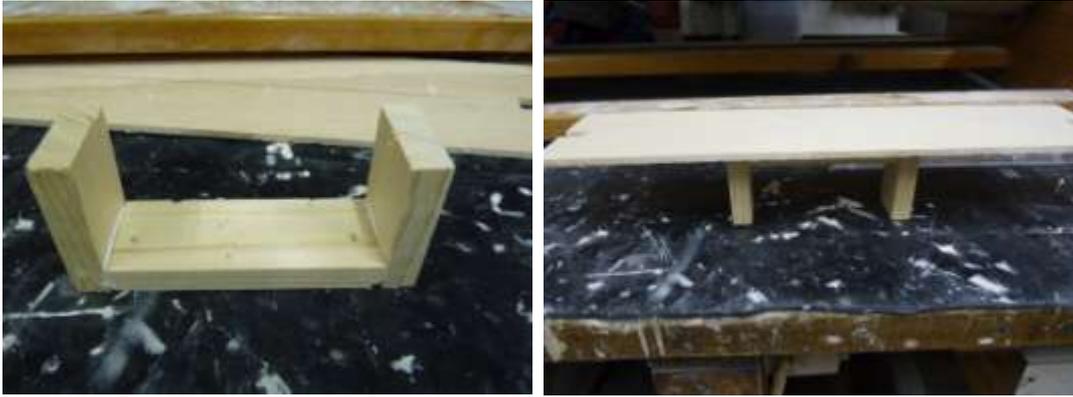
Se le aplican unos cortes en el centro de su manga, para que pueda pasar la cuaderna maestra.

Corte para los listones de la cuaderna.



Una vez centrada y en su posición, se ha de fortalecer la estructura con pilares, ya que al ser de una longitud considerable la plancha de madera contrachapada de 80x370mm se partiría.

Se crean a partir de listones de madera de 12x40 mm, tal y como se muestra en la fotografía (100).



Fotografía 100 y 101.

Una vez cortados y encolados por cola epoxi, los refuerzos de la bancada, se encolan estos a la plancha de madera contrachapada, que forma la bancada.

Fotografía (101).

Se lija para dotar a esta de un buen acabado, para su posterior laminado.

6.14. Tapa de regala:

La tapa de regala, es otro elemento de los muchos que forman una embarcación, de los cuales su diseño se puede realizar con criterio, al libre albedrío.

En este caso, se opta por una tapa de regala de 25 mm de anchura, con una longitud suficiente para cubrir toda la eslora de la embarcación.

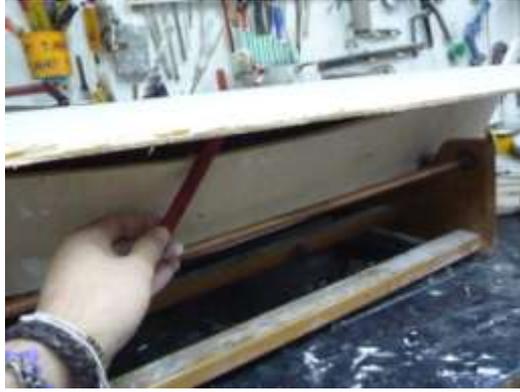
Para trasladar el contorno de la embarcación, a la madera contrachapada de 5mm de espesor, situamos esta como si se tratase de la cubierta de la embarcación, quedando está totalmente cubierta. (Fotografía 102).



Fotografía 102.

Una vez se tiene situada la lámina de contrachapado encima de la estructura, se ajusta hasta cubrir en su totalidad la embarcación. Presionando la lamina hacia la embarcación, para que esta adquiera su forma.

Ahora mediante un lápiz de carpintero, se perfila todo el contorno de la embarcación, como puede apreciarse en la fotografía (103).



Fotografía 103.

Una vez se obtiene el contorno, se le debe dotar a estas líneas de espesor, este espesor otorgara a la tapa de regala de su amplitud, por lo que las dimensiones se pueden tomar como se crea conveniente.

En este caso su dimensión es de 25 mm.

Para poder marcar esta dimensión a lo largo de toda la línea, se necesita un marcador de la dimensión fijada.



Fotografía 104 y 105.

Se procede a su corte mediante una sierra de vaivén. Posteriormente se lija mediante una lijadora eléctrica, ya que la sierra de vaivén levanta muchas rebabas sobre este tipo de material.

Una vez pulidas las dos piezas de la tapa de regala, al entender que en la embarcación de 5,2 m, no sería práctico disponer de listones tan largos y finos y por tanto un poco quebradizos, se dispone un corte o los que se crean necesarios a lo largo de cada tapa de regala.

En este caso se hace un corte por cada sección, en total dispondremos de 4 piezas.



Fotografía 106.

6.15. Falsa quilla y quilla externa:

Un elemento de gran importancia, es la unión de estos dos elementos, ya que la falsa quilla debe ser resistente y capaz de resistir impactos contra la arena de la playa u otros suelos marinos, al ser una embarcación que se deberá embarrancar para extraer esta del agua.

También recibirá impactos y mucha presión a la hora de cargarse en algún tipo de remolque, al tener que soportar la quilla exterior todo el peso de la embarcación.

Se realiza mediante un listón de 8x13mm, se debe tener la certeza que el listón no presente imperfecciones como pudieran ser nudos típicos de las maderas, grietas, etc...

Su construcción es muy sencilla ya que únicamente se necesita cortar un listón de 1,20m de longitud, dándole unos 5 cm de margen, ya que la embarcación tiene un arrufo considerable.

Posteriormente se lijara o cortara el listón sobrante.

Se perfila la unión de esta quilla exterior con la unión a la roda, ya que esta parte debe quedar lisa, además la roda es un poco más estrecha por lo que se perfilara el listón hasta adaptarlo.

Una vez se tiene definida la quilla exterior se procede a crear la falsa quilla.

Este elemento es muy importante para evitar que la embarcación derive en exceso.

Se extraen los planos del documento 3D y se cortan los listones siguiendo dichos documentos.



Fotografía 107, 108 y 109



Vista de la falsa quilla una vez instalada.

Una vez colocada en su posición definitiva se hace firme mediante tornillería tipo y abundante cola epoxi a lo largo de su eslora.

Una vez secada la cola epoxi, se procede a enmasillar, para recubrir zonas donde os maderos no hagan contacto y se procede también a su lijado.

6.16. Masilla:

Es muy importante enmasillar todas las imperfecciones que se encuentren en las maderas, ya que sino en el momento de su laminado, estas ya no se podrán modificar.

Al aplicar la pintura se verán perfectamente todas las imperfecciones.

Se ha utilizado masilla epoxi de fibra de vidrio "Epifanes" de dos componentes.

Cuando se vaya a enmasillar se ha de disponer de los siguientes elementos:

1. Guantes de goma (finos para poder tener tacto)
2. Masilla epoxi de fibra de vidrio
3. Espátula
4. Recipiente para su tratamiento
5. Mascarilla
6. Gafas protectoras
7. Mezclador



Fotografía 110 y 111.

Deben leerse y respetarse, las instrucciones del fabricante, tanto las cantidades a mezclar como sus tiempos de secado para el lijado y pintado.

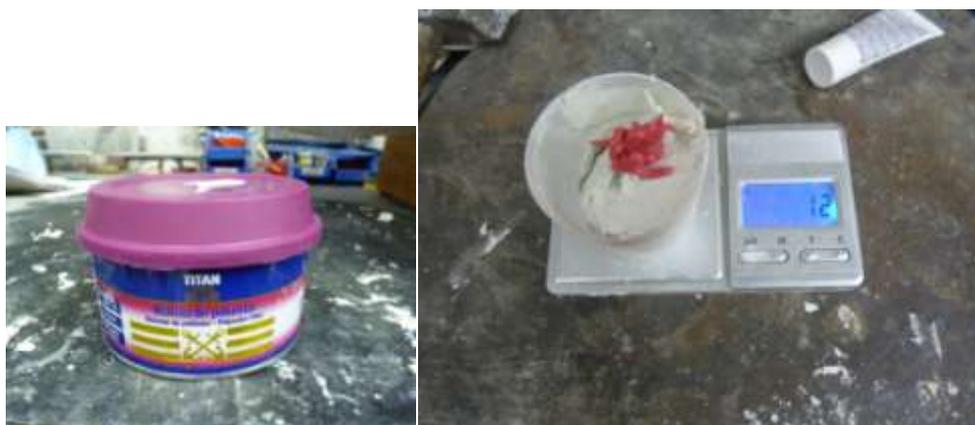
Tome este paso con suma paciencia, ya que se ha trabajado mucho la madera. Se habrán creado múltiples imperfecciones a la hora de unir elementos.

Cúbrase con suficiente masilla las uniones de los diferentes elementos a fin de hacer estanca dicha unión.

El proceso de aplicar la masilla suele consistir en enmasillar y lijar, como mínimo dos veces.

Para realizar los últimos retoque puede utilizarse masilla de poliéster.

Se trata de una masilla mucho más fácil de lijar que la anterior.



Fotografías 112 y 113.



Fotografías 114,115,116 y 117.

Una vez perfectamente lijadas todos los elementos formantes de la embarcación se procede a su laminado.

6.17. Laminado por fibra de vidrio y resina epoxi:

Materiales:

1. Fibra de vidrio.
2. Resina epoxi y endurecedor.
3. Un recipiente plástico.
4. Tijeras.
5. Un palito.
6. Un rollo de plástico de forrar libros.
7. Rodillo de pintura pequeño con recambios desechables o rodillo metálico acanalado (deja menos burbujas y se puede reutilizar).
8. Una rasqueta desechable de goma.
9. Guantes de látex o nitrilo.
10. Máscara. Si laminas con epoxi, valen las de papel, aunque son mejores las de goma con cartuchos intercambiables. Trabaja en un lugar bien ventilado. Además, el lijado de la fibra de vidrio produce unas partículas muy finas que aspiramos sin darnos cuenta.
11. Ropa vieja, delantal o mono de mecánico.

12. Periódicos para el suelo.
13. Local con espacio (como mínimo el triple del ancho de la pieza), bien ventilado y sin polvo.
14. Báscula de cocina con precisión de 1 o 5 gramos.



Fotografía 118.

Para el cálculo de la cantidad de resina, se ha de tener en cuenta lo siguiente:

El tejido de fibra de vidrio absorbe más o menos su mismo peso en resina. Puedes pesarlo directamente o calcularlo: si pones dos capas de 300 g/m² + una de 100 g/m² estás poniendo 700 g/m² en total.

A modo de ejemplo, una superficie de 0,6 m², necesitarás 700x0,6= 420 g de resina + catalizador para cada cara.

El Mat absorbe aproximadamente el doble, pero no se va a utilizar.

En este caso las dos fibras que se utilizan son:

1. T silicone T-17/166 gr/m²
2. T silicone s-35 /200 gr/m²



Fotografía 119.

No se debe mezclar mucha cantidad a la vez ya que la resina endurece más rápido cuando está rodeada de más resina ya que genera calor y eso acelera la reacción. Por eso conviene usar recipientes planos, del estilo de una bandeja.

Mézclelo con un palo durante aproximadamente (2-3 minutos) pero suavemente (se debe procurar no generar burbujas, ya que estropean el acabado).



Fotografía 120 .

Resina epoxi RS 815 UV 1 kg y endurecedor 1502 B 0,45



Fotografía 121 .

Se deben leer todas las especificaciones Del fabricante, en este caso la proporción De la mezcla es de:

- 100 p.e.p de RS 815 UV
- 45 p.e.p Endurecedor.

Es posible añadir tinte al epoxi, pero siempre en cantidades inferiores al 2%, ya que lo debilita. Siempre se añade una vez mezclada la resina y el endurecedor.

Introduce el rodillo (Los mejores son los que tienen poco pelo, y siempre mejor rodillo que brocha) en la mezcla y escurre el exceso. Aplícalo sobre la madera hasta que toda la superficie tenga una película fina: si pones demasiado, la fibra "flota" y crea abombamientos. Si pones demasiado poco, la fibra no se pegará.



Fotografías 122 y 123



Fotografías 124 y 125.

Ahora coloque la primera capa de fibra (la más gruesa) y deje que se empape (tarda como medio minuto). Las zonas bien empapadas se quedan transparentes, las secas se quedan blancas. Pase el rodillo (sin cargar más resina) hasta que se empapen bien con la resina que tienen debajo.

Repita el proceso con la siguiente capa. No añada más resina hasta que no sea capaz de volver transparente la fibra a base de pasarle el rodillo.

Si pone una capa fina (50-100 g/m²) para el acabado, ten en cuenta que le salen arrugas con más facilidad. Deshágalas con cuidado arrastrándolas hacia los bordes con ayuda de la espátula.



Fotografía 126.

Después de la última capa pase una rasqueta fina de goma. La idea es quitar todo el exceso de resina y dejar la superficie lo más lisa posible.

Los laminados más fuertes son los que tienen alrededor de un 60% de fibra y un 40% de resina. Añadir más resina de la necesaria sólo añade peso, no fuerza.

Si se quiere lograr un acabado completamente liso, lo más fácil es comprar un rollo de plástico de forrar libros y extenderlo suavemente encima del laminado. Con la espátula iremos expulsando las burbujas de aire y el exceso de resina. No se preocupe: recuerde que un exceso de resina no da más fuerza al laminado:

Ahora deje fraguar el laminado. Al cabo de unas 5-6 horas quedará sólido pero blando, como el cuero. Es lo que se llama "**fase verde**" o "**punto de cuero**". Retire el plástico o peelply.

En este momento se puede:

- Añadir más resina y más fibra si es que lo necesitamos. Si espera a que fragüe del todo tendrás que lijar para que se agarren las siguientes capas. No es conveniente aplicar más de 3-4 capas a la vez, ya que la resina se endurece demasiado rápido. En este caso, no debemos emplear plástico liso sino rugoso, para darle una textura en la que agarre mejor la siguiente capa.

- Cortar el sobrante de fibra con un cúter. Si espera a que fragüe del todo, estará mucho más duro.

Espere de 12 a 24 h, dependiendo de las especificaciones del fabricante, a que se endurezca al tacto completamente. En ese momento puede darle la vuelta y laminar la otra cara.

6.17.1. Curado:

La resina ya está seca, pero no se deben aplicar cargas. Todavía falta el proceso de curado.

Para ello se precisa de entre una semana y quince días. Durante este tiempo, los enlaces de la resina se van consolidando. Si se aplican cargas se debilitará y será menos resistente, la embarcación.

Además, este proceso se acelera y la resistencia final es más elevada si elevamos la temperatura durante el proceso en un margen entre los 60 y los 110°C.

6.17.2 Laminado del casco:

Al ser el componente de mayor tamaño y sin duda el más complicado a la hora de crear un buen laminado.

Se le da un apartado específico al casco de la embarcación.

1. Se debe asegurar que el casco está perfectamente tratado y que no presenta imperfecciones en su forro, ya que una vez laminado será imposible rectificar este.
2. Una vez eliminado todo el polvo mediante un chorro de aire (compresor), se le pasa un trapo húmedo, que no suelte pelo.
3. Se espera a que este totalmente seco.
4. Se extiende la capa de fibra de vidrio en este caso se utiliza el roving de 200gr/m².



127,128 y 129.

5. Una vez situada la capa de fibra de vidrio se cortan sus sobrantes.
6. Ahora se procede a eliminar las dobleces que se producen, se eliminan mediante un pincel, ancho de cerdas suaves.
7. Se cortan los puntos donde la fibra de vidrio no se pudo acoplar y se hace una arruga de tamaño considerable.
Son muy útiles unas tijeras ya que estas no deshilachan la fibra.
8. Se mezcla la cantidad necesaria de resina epoxi y endurecedor.
9. Se remueve todo enérgicamente durante al menos 2 minutos.
10. Se reparte la mezcla sobre la eslora de la embarcación, sin disponer de una cantidad en concreto, ya que el sobrante se eliminara después.



Fotografía 130.

11. Se reparte por todo el casco la mezcla, con ayuda de una espátula.



Fotografía 131.



Fotografía 132.



Fotografía 133 y 134.

12. Donde no haya suficiente mezcla, la tela se verá blanca y se volverá transparente una vez disponga de suficiente mezcla. (en este caso las zonas blanquecinas son debidas a la masilla epoxi, para tratar el casco).



Fotografía 135.

13. Una vez cubierta toda la superficie, mediante una espátula blanda de plástico, se elimina el sobrante de epoxi y endurecedor.
14. Se deja secar según las instrucciones del fabricante.

6.17.3 Laminado del interior del casco.

De igual modo que se lamina el casco de la embarcación por su parte exterior, también se lamina su interior.

Al contener una gran variedad de refuerzos y recovecos, se lamina por medio de pequeñas porciones de fibra, ya que a la hora de laminar los pliegues y superposiciones se recomienda que sean de unos 5 cm.

En este caso este proceso se complica mucho al tratarse de un modelo donde estas dobleces son de apenas unos centímetros, lo que impide la correcta unión de la fibra de vidrio con la resina epoxi al casco.

Es por ello que se utilizan porciones de fibra de refuerzo a refuerzo eliminándose el sobrante mediante un cúter, cuando haya endurecido.



Fotografía 136.

6.18 Lijado y masillado:

Se han de lijar todas las superficies que se han laminado, una vez pasado el tiempo especificado por el fabricante de la resina epoxi, en este caso pasadas 48 h desde su aplicación.

Es muy importante tener especial cuidado en este apartado. Ya que ahora prácticamente se ha finalizado el proyecto y toda imperfección que quede, se verá incrementada a la hora de pintar la embarcación, ya que la pintura en contra de esconder imperfecciones, las hace más visibles.

Por ello tome este proceso con paciencia y tómese el tiempo que se necesite para poder lijar todas las partes formante de la embarcación.

El producto aplicado en toda la superficie de la embarcación es masilla de poliéster de dos componentes.

Una vez aplicada una capa fina de dicho producto sobre todo el casco, se procede una vez seco a su lijado.

Se partirá de una lija de grano 80 para unas primeras pasadas, finalizando con un grano fino de 220.



Fotografía 137.

Este proceso se debe repetir tantas veces sea necesario, rellenando en cada aplicación las partes donde haya una falta de masilla, por porosidades etc....



Fotografía 138.

Finalmente, se realiza una inspección visual y al tacto de todas las superficies, y se aplica imprimación.

Después esta imprimación se lija al agua y la embarcación finalmente ya está lista para aplicar la pintura.

6.19 Pintado:

Por último se procede al pintado de la embarcación, es un proceso sumamente delicado ya que cualquier imperfección en las superficies a pintar quedara aumentada a la hora de aplicar la pintura.

Cabe destacar dos tipos de pintura esenciales en el pintado de un barco.

- Zona obra viva se utiliza pintura anti incrustante o antifouling, Proporciona una superficie lisa, hidrófoba y de baja tensión superficial con propiedades antiadherentes y auto limpiables que minimiza el crecimiento de los organismos marinos. El producto puede acumular algo de incrustación durante periodos de inmovilización.

Se entiende por *obra viva* aquella zona que está permanentemente sumergida en el agua y en contacto con los organismos vivos que activan la incrustación. Estas zonas están expuestas a una fuerte corrosión acentuada por la abrasión, impacto, incrustación de algas, percebes, escaramujo y otros seres, haciendo que el buque envejezca rápidamente o en el mejor de los casos pierda velocidad y aumente su consumo de combustible a consecuencia de las incrustaciones.

Estos motivos hacen que esta zona sea la más cuidada de un buque, la que más recursos económicos se lleve y se preste una especial atención en su pintado.

- Zona obra muerta, donde el acabado superficial es muy importante así como la durabilidad de este.

En este caso se ha utilizado la marca HEMPEL: Pintura para cubiertas: Pintura acrílica modificada de capa gruesa que contiene fosfato de cinc como pigmento anticorrosivo. Para cubiertas de embarcaciones de madera (excepto teca y otras maderas nobles) y acero convenientemente imprimados. Clasificado grupo i) según la Directiva 2004/42/CE

Los sistemas de pintado suele estar basado en resinas epoxi las primeras capas, para acabar con dos capas de la misma familia o, para facilitar el mantenimiento, con resinas acrílicas

Hoy en día la *superestructura* es protegida con imprimaciones de alta prestación, ricas en zinc, epoxi, etc. mientras que los acabados son resinas acrílicas (brillantes).

Como primer paso para el posterior pintado de la embarcación, se debe limpiar la superficie con un trapo húmedo a fin de eliminar suciedad y polvo de la superficie.

Una vez perfectamente limpio se aplica la imprimación, necesaria para la buena adherencia de la pintura.

En este caso se utiliza una imprimación HEMPEL.

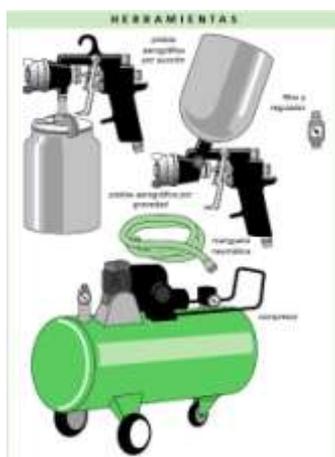
Una vez aplicada la imprimación se deja secar según el tiempo que especifique y se procede a su lijado mediante una hoja de grano fino.

Se repite el proceso dos veces más.

Es ahora cuando se aplica la pintura definitiva de la embarcación se procede a separar las zonas y cubrir las que no se vayan a pintar con los mismos colores, es este caso se cubre la línea de flotación, y la zona de obra muerta. Todo lo demás se pinta con pinturas HEMPEL 52950 HEMPALUX 10 ESMALTE BRILLANTE - 0,75 L. mediante pistola de aire comprimido.

Seleccionaremos las boquillas que se adecuen al tipo de pintura que usaremos.

Se debe agitar la pintura antes de usarla.



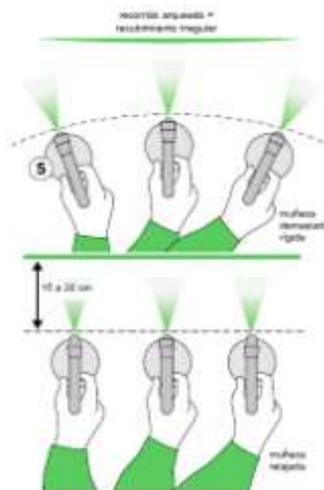
Se ajustara la viscosidad atendiendo a las recomendaciones del fabricante.

Con este tipo de pintura no es necesario aplicar disolvente, ya que vienen preparadas para su aplicación en pistola.

Se Conecta la pistola aerográfica al compresor mediante un manguito flexible. Interponer n filtro. Ajustar la presión a 3 bares con el regulador.

El pulverizado debe hacerse con la pistola en posición vertical, directamente sobre la superficie, a una distancia de 25cm aproximadamente. Se desplaza la pistola de manera paralela a la superficie, con movimientos lentos y regulares, evitando brusquedades.

Se cubre completamente la superficie, aplicando al menos dos capas de pintura. En la primera capa pintaremos en sentido horizontal y en la segunda, en sentido vertical. Las franjas de pintura deben montarse unas sobre otras en un tercio de su ancho. Debemos desplazar constantemente la pistola para evitar sectores de acumulación de pintura y goteos.



Al terminar de pintar, debemos limpiar el equipo inmediatamente para asegurar el buen funcionamiento del mismo. Para limpiar el interior de la pistola, vaciamos el recipiente y le colocamos disolvente, pulverizamos sobre periódicos, para limpiar el recipiente y las boquillas y tubos.

Luego desmontamos la boquilla y la limpiamos con un pincel mojado en disolvente.

Una vez secada la capa de pintura, esperaremos a sus tiempos de secado como indique el fabricante y daremos al menos dos capas más.

Se procede así con toda la embarcación, teniendo en cuenta que la pintura antifouling tiene un aspecto mate. Se podrá pintar la zona de obra viva con rodillo si resultase más cómodo.

Para la embarcación SÁNCHEZ NOGUERA, se ha escogido como color principal un blanco puro.

Para la obra viva se ha escogido una pintura antifouling de color gris mate.

Los detalles de la embarcación se presentan en un color negro mate. (Bancada central, tapa de regala...).



Fotografía 139.

El resultado final se muestra a continuación.



Fotografía 140.



Fotografía 142.



Fotografía 143.



Fotografía 144.

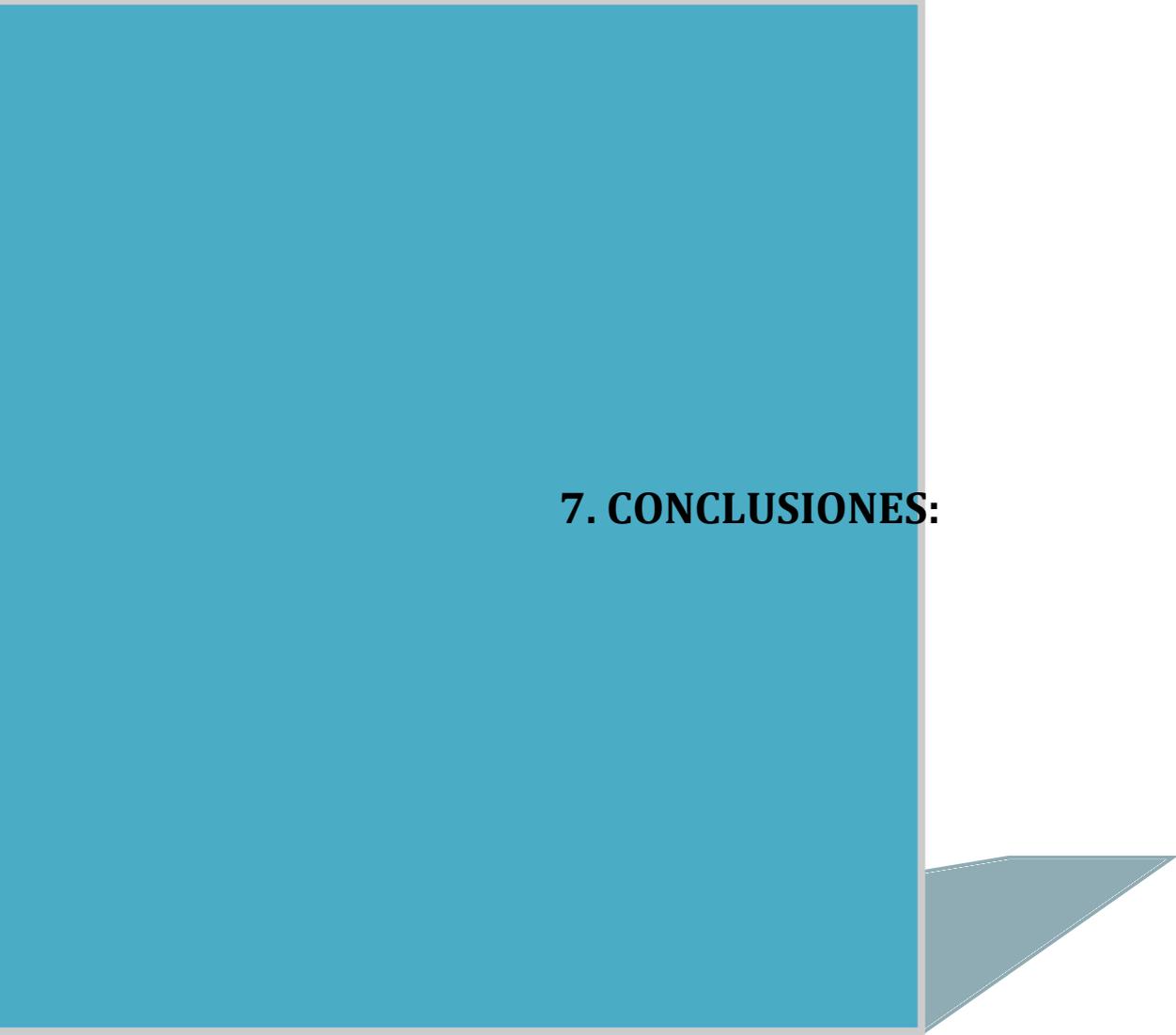


Fotografía 145.



Fotografía 146.

Espero le resulte de gran utilidad la guía del proceso de diseño, cálculo y construcción de una embarcación menor.



7. CONCLUSIONES:

7. Conclusiones y posibles ampliaciones:

El proyecto, ha logrado cumplir con todos los objetivos básicos que se habían propuesto, respetando las especificaciones planteadas.

Se ha desarrollado, una guía de diseño informático, basada en la creación de figuras 3D así como de una guía del proceso constructivo en madera del elemento diseñado, en este caso, la embarcación "Sánchez Noguera".

Se propuso crear esta guía de forma compacta y fácil de manejar, pero a la vez eficiente y capaz.

Creo haber alcanzado el objetivo principal no solo gracias a la simplicidad con la que se han tratado todos los pasos a seguir, logrando de este modo un manual ameno y cercano al lector, sino también gracias al orden del diseño y construcción (lo más simple y lógico posible). Como también gracias a la cantidad de fotografías que se incluyen y que ayudan a seguir el proceso constructivo.

Se estableció, como principal criterio, para la decisión de procesos y materiales a utilizar presentar una embarcación fiable, sencilla y lo más asequible posible. El resultado, es una embarcación resistente, navegable y económica.

A lo largo del proyecto se han establecido, un seguido de cálculos hidrodinámicos de dicha embarcación, con carácter divulgativo y sin entrar en demasiados detalles sobre su obtención, pues este no era el objetivo principal del proyecto.

Por otra parte, estos cálculos, obtenidos mediante programas de ingeniería (Maxsurf), dotan al proyecto de validez científica y rigor al poder comprobarse que los valores teóricos, respecto a propiedades futuras de la embarcación son los mismos que los obtenidos por dichos programas, una vez finalizada en su totalidad.

Para la elaboración del diseño 3D, se ha utilizado el programa de diseño Rhinoceros en su versión 4.0. Se ha utilizado este y no otro porque se trata de un programa muy potente e intuitivo.

Otra ventaja, muy importante es el hecho de que se puede descargar el software del programa de forma gratuita y completa directamente de la página oficial del producto, no siendo así con otros programas de diseño más conocidos como: Autocad, Maya, etc...

No se ha detallado el funcionamiento del programa ya que se disponen de guías muy completas y al alcance, en la red.

En la elaboración de proceso constructivo, se ha procedido, de la forma que se ha considerado más sencilla y comprensible posible, eliminándose comentarios concretos sobre procesos fácilmente previsibles, como pequeñas acciones tales como cortes, uniones, taladros...

A fin de hacerlo lo más agradable de seguir, se ha incluido en este, como se apuntaba anteriormente, de múltiples fotografías de los diferentes procesos a seguir.

Cabe destacar que todo proceso constructivo aun refiriéndose a un modelo, escala 1/5, se ha tratado, como si de una embarcación a tamaño real se tratase.

Posibles ampliaciones.

La posible ampliación más lógica y en mi opinión la más interesante, es la substitución del proceso constructivo a escala 1/5 por un proceso constructivo de la embarcación a tamaño real.

Este proceso no se ha llevado a cabo debido esencialmente a dos condicionantes:

El hecho de disponer de un período limitado de tiempo para su elaboración, ya que la fecha de entrega se fijó de forma muy ajustada, así como el hecho de no disponer de apoyo económico para su elaboración.

Otra posible ampliación de este proyecto, seria realizar un apartado de cálculos, mucho más exhaustivo a modo también, de guía.



8. AGRADECIMIENTOS:

8. Agradecimientos:

En primer lugar quisiera agradecer a José Antonio Sánchez Noguera, mi padre, todo su apoyo y cariño.

Sin él este proyecto no habría sido posible.

Gracias, por enseñarme desde bien pequeño el uso y manejo de infinidad de herramientas, materiales, productos y, sobre todo, a quitarme el miedo a la hora de realizar un proyecto tan grande como este.

Me hubiese resultado mucho más sencilla la elaboración de este proyecto contigo a mi lado. Quiero dejar constancia, que tu lo inspiraste y que por ello lo he hecho lo mejor posible. Tal y como tú me enseñaste.

A mi padre

Agradecer a Jordi Torralbo Gavilán la oportunidad que me ha brindado para realizar este proyecto y aprender de él, por sus consejos y por prestarme su valioso tiempo, aún sabiendo que es una persona extraordinariamente ocupada.

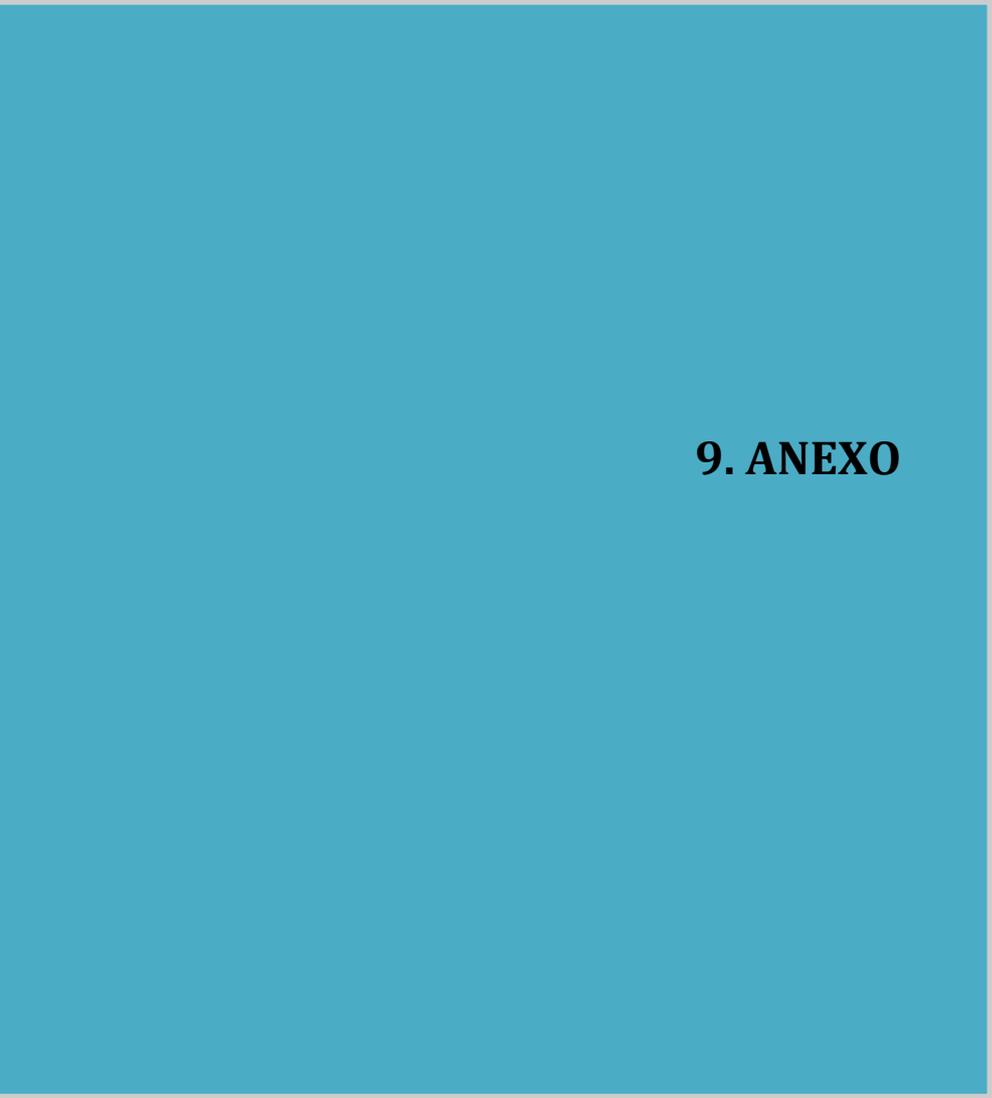
A mi familia, mi madre y mi hermana, que han soportado no solo enfados como también tener la casa con un olor permanente a resina epoxi, mal humores y muchos nervios. Gracias por vuestro apoyo.

A Sara Marrón García, porque tu apoyo a lo largo de toda la carrera ha sido muy importante para mí. Gracias por tus consejos y constantes ánimos.

A mi gran amigo de la infancia, Adrian Rodríguez Pons, por ayudarme con el redactado de este documento.

A mis compañeros de carrera, en especial a Héctor Roca, gran amigo que siempre creyó que sería capaz de terminar el proyecto en tan poco tiempo.

Gracias.



9. ANEXO

9.1 DESGLOSE DE IMÁGENES, IMPRESIONES DE PANTALLA Y FOTOGRAFÍAS:

IMÁGENES:

1. Imagen: Representación artística de hombre construyendo una canoa por el método de vaciado de troncos.
2. Imagen: Fotografía tomada en el Museo Metropolitan NY, canoa por vaciado troncos
3. Imagen: Técnica de unión mediante calafateo
4. Imagen: Roble
5. Imagen: Roble Rojo
6. Imagen: Teka
7. Imagen: Cedro
8. Imagen: Fresno
9. Imagen: Olmo
10. Imagen: Abeto
11. Imagen: Muestra de embarcación por método forro a tope
12. Imagen: Proceso del calafateado
13. Imagen: Esquema de forro de tingladillo
14. Imagen: Ejemplo de embarcación por forro a tingladillo
15. Imagen: Ejemplo de embarcación por método doble forro
16. Imagen: Ejemplo de embarcación por método forro de listones
17. Imagen: Embarcación de madera contrachapada
18. Imagen: Detalle de un listón de madera contrachapada marina
19. Imagen: Ejemplo de embarcación con la madera laminada
20. Imagen: Ejemplo de embarcación construida mediante tingladillo de contrachapado
21. Imagen: Canoa construida por el método Stich and Glue
22. Imagen: Detalle Mat de fibra de vidrio
23. Imagen: Detalle Roving de fibra de vidrio
24. Imagen: Detalle Hilo fibra carbono
25. Imagen: Detalle Roving fibra de carbono
26. Imagen: Detalle Roving fibra de Kevlar
27. Imagen: Detalle hilo fibra de Kevlar
28. Imagen: Estructura de fibra tipo Fieltro, Sarga, Satín y Unidireccional
29. Imagen: Laminado manual
30. Imagen: Detalle pique de proa , con el acabado laminado manual
31. Imagen: Maquina de proyección simultanea
32. Imagen: Especialista utilizando el método de proyección simultanea
33. Imagen: Colocación bolsa de vacio
34. Imagen: Fase de inyección de la resina
35. Imagen: Esquema RTM

36. Imagen: Esquema infusión
37. Imagen: Resultado de aplicar la infusión

IMPRESIONES:

1. Impresión P: El programa da múltiples opciones para cada elemento que se crea.
2. Impresión P: Línea que forma la manga total de la embarcación
3. Impresión P: Planos para la creación de cuadernas
4. Impresión P: Planos para la creación de cuadernas
5. Impresión P: Planos para la creación de cuadernas
6. Impresión P: Ejemplo de cómo reflejar un elemento, en este caso, el peto de popa
7. Impresión P: Ejemplo de cómo reflejar un elemento, en este caso, el peto de popa
8. Impresión P: Planos para ajustar la alineación de las cuadernas
9. Impresión P: Planos para ajustar la alineación de las cuadernas
10. Impresión P: Planos para ajustar la alineación de las cuadernas
11. Impresión P: Vista Frontal del arrufo de la embarcación
12. Impresión P: Vista de estribor del arrufo de la embarcación
13. Impresión P: Creación del contorno de la embarcación por medio del comando curva de puntos de control.
14. Impresión P: Acción de reflejar la curvatura del contorno de la embarcación
15. Impresión P: Curvatura del contorno de la embarcación
16. Impresión P: Primer carril para el comando barrido por dos carriles
17. Impresión P: Segundo carril para el comando barrido por dos carriles
18. Impresión P: Transversales para el comando barrido por dos carriles
19. Impresión P: Ventana de selección de los distintos matices para la creación del 3D
20. Impresión P: Selección del primer carril para la creación de la superficie del forro de fondo
21. Impresión P: Superficie del forro de fondo
22. Impresión P: Creación del total de la superficie del casco
23. Impresión P: Creación del total de la superficie del casco
24. Impresión P: Creación del total de la superficie del casco
25. Impresión P: Creación del total de la superficie del casco
26. Impresión P: Selección de las líneas que forman el peto de popa
27. Impresión P: Ventana de opciones del comando extrusión de curva
28. Impresión P: Panel del peto de popa
29. Impresión P: Detalle de los 12mm de espesor del peto de popa

30. Impresión P: Selección de las líneas que forman la cuaderna para crear su superficie
31. Impresión P: Ventana muestra de la creación de capas
32. Impresión P: Cotas para el diseño de los listones de refuerzo en el peto de popa
33. Impresión P: Peto de popa con sus refuerzos en 3D
34. Impresión P: Cotas para el diseño de los listones de refuerzo y esquineros de la cuaderna 1
35. Impresión P: Cuaderna 1, con sus refuerzos en 3D
36. Impresión P: Cuaderna 2, con sus refuerzos en 3D
37. Impresión P: Cuaderna 3, con sus refuerzos en 3D
38. Impresión P: Cuaderna 4, con sus refuerzos en 3D
39. Impresión P: Resultado final de las cuadernas, representadas con sus espesores y posición definida
40. Impresión P: Cuadernas encajadas, en el forro del casco
41. Impresión P: Detalle del sobre espesor de las cuadernas encajadas en el forro del casco
42. Impresión P: Flechas de dirección, según hacia donde se quiera crear el espesor del casco
43. Impresión P: Flechas de dirección, según hacia donde se quiera crear el espesor del casco
44. Impresión P: Ventana donde se debe seleccionar la opción sólido
45. Impresión P: Detalle del reciente espesor creado del casco de la embarcación
46. Impresión P: Recorte de las cuadernas
47. Impresión P: Ventana del submenú unión booleana, donde se debe seleccionar la opción intersección booleana.
48. Impresión P: Resultado de cortar la cuaderna 4 con el casco de la embarcación.
49. Impresión P: Resultado de cortar las cuadernas con el casco de la embarcación.
50. Impresión P: Creación en el fondo de la embarcación, de líneas que simulen los larguerillos y que después se convertirán en listones biselados
51. Impresión P: Submenú del comando mover, donde seleccionaremos UDT.
52. Impresión P: Submenú de UDT, donde seleccionaremos fluir por superficie
53. Impresión P: Se le dota de curvatura a la línea recién creada
54. Impresión P: Creación de los listones en 3D
55. Impresión P: Detalle de cuaderna con muecas para el paso de los listones
56. Impresión P: Listones de pantoque
57. Impresión P: Listones de pantoque
58. Impresión P: Listones de costado

59. Impresión P: Embarcación con todos los refuerzos necesarios instalados.
60. Impresión P: Creación del plan
61. Impresión P: Corte de las partes sobrantes del plan
62. Impresión P: Posibles maniobras con el plan de la embarcación
63. Impresión P: Líneas que formaran la tapa de regala
64. Impresión P: Líneas que formaran la tapa de regala
65. Impresión P: Líneas que formaran la tapa de regala
66. Impresión P: Tapa de regala sin recortar
67. Impresión P: Tapa de regala cortada
68. Impresión P: Tapa de regala definitiva
69. Impresión P: Líneas para la creación de los barraganetes
70. Impresión P: Barraganete
71. Impresión P: Corte de los salientes de los barraganetes
72. Impresión P: Disposición de los barraganetes
73. Impresión P: Creación de la poceta motor.
74. Impresión P: Poceta de costado
75. Impresión P: Mamparo de la poceta
76. Impresión P: Vista aérea pocete
77. Impresión P: Creación de poceta estanca
78. Impresión P: Selección del mamparo de la poceta para crear una portilla
79. Impresión P: Corte de la portilla de la poceta motor.
80. Impresión P: Corte de la portilla de la poceta
81. Impresión P: Cubierta de proa
82. Impresión P: Cotas para la creación de la roda
83. Impresión P: Roda fraccionada
84. Impresión P: Colocación de la roda en el casco
85. Impresión P: Colocación de la roda en el casco
86. Impresión P: Copia de la línea original que formaba la quilla central
87. Impresión P: Creación de la quilla central
88. Impresión P: Creación de la quilla central
89. Impresión P: Unión quilla con la roda
90. Impresión P: Líneas que formaran la falsa orza
91. Impresión P: Falsa orza
92. Impresión P: Colocación de una superficie de 12 mm para crear asientos laterales
93. Impresión P: Disposición de asientos en los laterales
94. Impresión P: Apoyo de la banqueta sobre los listones de refuerzo
95. Impresión P: Colocación de asiento en el centro de la embarcación transversalmente
96. Impresión P: Puntales para la banqueta
97. Impresión P: Planos 2D para la optimización de las planchas de madera contrachapada.

FOTOGRAFÍAS:

1. Fotografía: Lamina de contrachapado 5mm
2. Fotografía: Contorno peto popa sobre lamina de contrachapado 5mm
3. Fotografía: Sierra de vaivén
4. Fotografía: Peto de popa recortado
5. Fotografía: Contorno cuaderna sobre lamina de contrachapado 5mm
6. Fotografía: Resultado final de las falsas cuadernas
7. Fotografía: Refuerzo para motor fuera borda
8. Fotografía: Trazado del refuerzo sobre lamina de 5mm de espesor.
9. Fotografía: Fijado del refuerzo mediante cola epoxi y presionado por un sargento.
10. Fotografía: Fijado de listones 7x7mm de refuerzo para el peto de popa.
11. Fotografía: Peto de popa con todos los refuerzos necesarios
12. Fotografía: Impresión de programa Rhinoceros de cuaderna 1
13. Fotografía: Cuaderna 4 sobre falsa cuaderna.
14. Fotografía: Cuaderna 3 con todos sus refuerzos y componentes
15. Fotografía: Cuaderna 3 con todos sus refuerzos y componentes
16. Fotografía: Cuaderna 4 mostrando plantilla para esquinero
17. Fotografía: Esquineros
18. Fotografía: Dibujo de la roda con sus particiones sobre la lámina de madera contrachapada de 5 mm de espesor.
19. Fotografía: Impresión del programa Rhinoceros , ejemplo de partición de la roda
20. Fotografía: Señalización de las rodas, por donde se cortaran estas.
21. Fotografía: Roda cortada en secciones
22. Fotografía: Disposición de las secciones de la roda una vez unidas todas sus capas.
23. Fotografía: Roda unida por cola epoxi, es necesario una gran presión para formar una pieza maciza.
24. Fotografía: Resultado de enmasillar las juntas de la roda laminada.
25. Fotografía: Peto de popa con indicaciones para las muescas necesarias para pasar los refuerzos longitudinales.
26. Fotografía: Detalle de quilla central instalada en la base del peto de popa.
27. Fotografía: Muecas para vagras de pantoque sin atravesar el peto de popa.
28. Fotografía: Muesca para el larguerillo de arrufo, no atraviesa el peto de popa.
29. Fotografía: Muecas en las cuadernas para vagras de pantoque
30. Fotografía: Detalle de un listón de refuerzo encajado sobre una muesca para su paso
31. Fotografía: Base de construcción
32. Fotografía: Base de construcción

33. Fotografía: Detalle del centro de la base de construcción marcada con un clavo.
34. Fotografía: Utilización de un hilo para marcar el centro de la base de construcción
35. Fotografía: Escuadra, para marcar la verticalidad de las cuadernas
36. Fotografía: Escuadra, para marcar la verticalidad de las cuadernas
37. Fotografía: Fotografía aérea donde se puede apreciar, el hilo que marca el centro de la base de construcción coincide con el centro de la cuaderna.
38. Fotografía: Estrechamiento de la base de construcción para colocar la cuaderna 4
39. Fotografía: Inclinación peto de popa
40. Fotografía: Detalle de la base de construcción más estrecha que las cuadernas que se le añaden.
41. Fotografía: Estructura de soporte y elevación de la cuaderna
42. Fotografía: Perpendicular de las escuadras
43. Fotografía: Escuadra marcando la verticalidad
44. Fotografía: Cuadernas en la base de construcción
45. Fotografía: Escuadra marcando la verticalidad
46. Fotografía: cuaderna 3 sobre la base de construcción
47. Fotografía: Detalle de la base de construcción más estrecha que las cuadernas que se le añaden.
48. Fotografía: Base de sujeción de la cuaderna 4
49. Fotografía: Detalle de cuaderna 4 sin elevación adicional
50. Fotografía: Todas las cuadernas centradas y perfectamente fijadas en la base de construcción
51. Fotografía: Todas las cuadernas centradas y perfectamente fijadas en la base de construcción
52. Fotografía: Perno con arandela dentada
53. Fotografía: Detalle de los pernos que unen roda y quilla
54. Fotografía: Detalle de los pernos que unen roda y quilla
55. Fotografía: Unión de refuerzo longitudinal con la varenga de la cuaderna
56. Fotografía: Herramienta lijadora eléctrica muy útil para estos procesos de perfilado
57. Fotografía: Detalle de muesca donde se sitúa el larguerillo
58. Fotografía: Larguerillos de fondo colocados
59. Fotografía: Raspa para madera
60. Fotografía: Colocación quilla interior
61. Fotografía: Colocación de los listones de pantoque
62. Fotografía: Abrazadera de arrufo
63. Fotografía: Lateral de la embarcación con todos sus refuerzos longitudinales
64. Fotografía: Refuerzos longitudinales
65. Fotografía: Refuerzos longitudinales

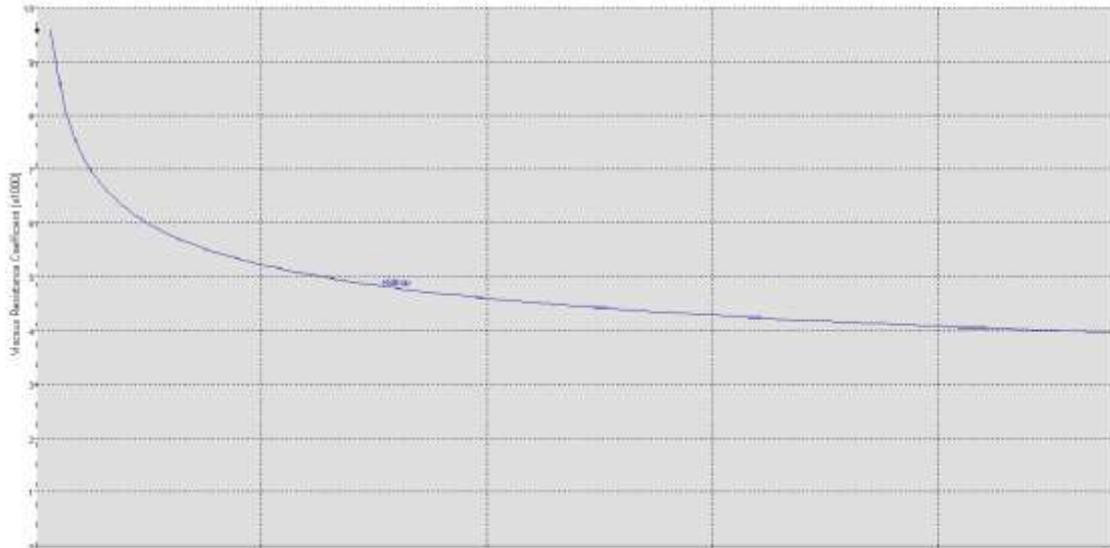
66. Fotografía: Refuerzos longitudinales
67. Fotografía: Detalle de aplicación de masilla
68. Fotografía: Detalle masilla lijada
69. Fotografía: Plantillas para el traslado de la forma de los tablonos de forro de fondo
70. Fotografía: Plantilla sobre madera contrachapa de 3mm para su corte
71. Fotografía: Preforma forro de fondo
72. Fotografía: Forro de fondo sujeto por sargentos, tornillería y cola epoxi.
73. Fotografía: Forro de fondo sujeto por sargentos, tornillería y cola epoxi.
74. Fotografía: Forro mojado con agua hirviendo para facilitar su ajuste
75. Fotografía: Roda sin cubrir por el forro
76. Fotografía: Forro de costado visionado desde el interior
77. Fotografía: Plantilla para el traslado de la forma de los tablonos de forro de costado
78. Fotografía: Instalación de forro de fondo a estribor
79. Fotografía: Plantilla para crear el mamparo pique de proa
80. Fotografía: Plantilla para crear el mamparo pique de proa sobre madera contrachapada 5mm.
81. Fotografía: Ajustes del mamparo del pique de proa
82. Fotografía: Plantilla en papel de cubierta para el pique de proa
83. Fotografía: Preforma de la cubierta del pique de proa
84. Fotografía: Portilla del pañol
85. Fotografía: Detalle de la bisagra de latón para el pañol
86. Fotografía: Portilla de pañol abierta
87. Fotografía: Refuerzo de cubierta
88. Fotografía: Cubierta de proa
89. Fotografía: Trazado de forma del plan sobre madera contrachapada 5mm
90. Fotografía: Preforma del plan de la embarcación
91. Fotografía: Preforma del plan de la embarcación
92. Fotografía: Trazado de forma del plan sobre madera contrachapada 5mm
93. Fotografía: Plan de la embarcación instalado
94. Fotografía: Detalle de las posibilidades de mover el plan de la embarcación
95. Fotografía: Holguras entre elementos, dan función de imbornales
96. Fotografía: Detalle de espacios entre maderos a modo de imbornales
97. Fotografía: Asiento piloto
98. Fotografía: Detalle poceta motor, finalizada.
100. Fotografía: Bancada central
99. Fotografía: Detalle de los puntales de la bancada central
100. Fotografía: Bancada central
101. Fotografía: Madera contrachapada de 5mm, sobre la embarcación.
102. Fotografía: Trazando el contorno de la embarcación mediante un lápiz de carpintero.

103. Fotografía: Detalle de la tapa de regala sobre la madera contrachapada.
104. Fotografía: Detalle de la tapa de regala sobre la madera contrachapada.
105. Fotografía: Tapa de regala, una vez cortada.
106. Fotografía: Falsa quilla, sobre el listón que forma la quilla exterior
107. Fotografía: Falsa quilla, sobre el listón que forma la quilla exterior
108. Fotografía: Falsa quilla, sobre el listón que forma la quilla exterior
109. Fotografía: Material necesario, para enmasillar.
110. Fotografía: Detalle de la masilla epoxi con fibra de vidrio, marca: Epifanes
111. Fotografía: Detalle masilla de poliéster, marca: Titan
112. Fotografía: Detalle del pesado de las proporciones de la mezcla.
113. Fotografía: Detalle de una sección después de aplicar la masilla.
114. Fotografía: Detalle de una sección después de aplicar la masilla.
115. Fotografía: Detalle de una sección después de aplicar la masilla.
116. Fotografía: Detalle de una sección después de aplicar la masilla.
117. Fotografía: Materiales necesarios, para la laminación con resina epoxi.
118. Fotografía: Roving de fibra de vidrio 166grs y 200 grs.
119. Fotografía: Resina epoxi UV RS 815 y Endurecedor 1502 B
120. Fotografía: Proporciones de mezcla 100 p.e.p por 45 p.e.p.
121. Fotografía: Detalle de la colocación del Roving sobre la madera.
122. Fotografía: Detalle de la colocación del Roving sobre la madera
123. Fotografía: Detalle de la colocación del Roving sobre la madera
124. Fotografía: Detalle de la colocación del Roving sobre la madera
125. Fotografía: Proceso de laminado con rasqueta de plástico.
126. Fotografía: Colocación del Roving de fibra de vidrio, sobre el casco.
127. Fotografía: Colocación del Roving de fibra de vidrio, sobre el casco.
128. Fotografía: Colocación del Roving de fibra de vidrio, sobre el casco.
129. Fotografía: Aplicando la resina sobre el casco.
130. Fotografía: Esparciendo la resina mediante una rasqueta de plástico.
131. Fotografía: Detalle del casco laminado.
132. Fotografía: Detalle del casco laminado.
133. Fotografía: Detalle del casco laminado.
134. Fotografía: Esparciendo el sobrante de resina epoxi, sobre el casco.
135. Fotografía: Eliminación del sobrante de resina epoxi.
136. Fotografía: Laminación del interior.
137. Fotografía: Masillado del casco.
138. Fotografía: Masillado del casco.
139. Fotografía: Botes de pintura utilizados.
140. Fotografía: Costado de la embarcación una vez pintado.

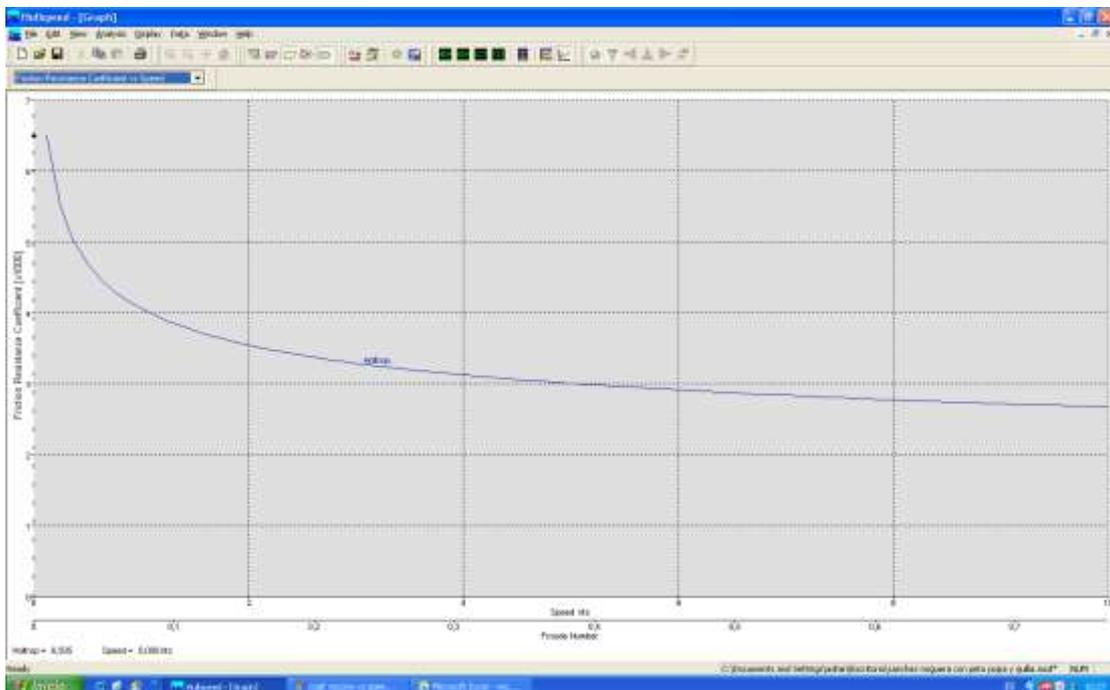
141. Fotografía: Costado de la embarcación una vez pintado.
142. Fotografía: Vista superior de la embarcación una vez pintada.
143. Fotografía: Línea de flotación.
144. Fotografía: Línea de flotación.
145. Fotografía: Embarcación finalizada.

9.2 Tablas y gráficas de resistencias por el método Holtrop.

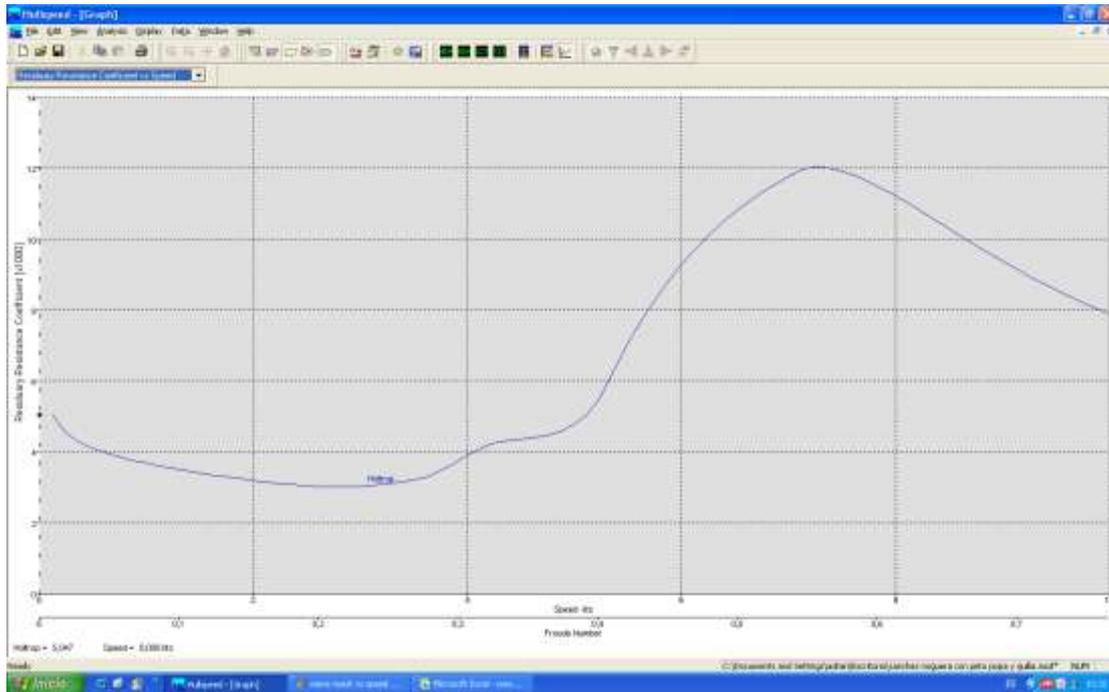
Coeficiente viscoso/ velocidad



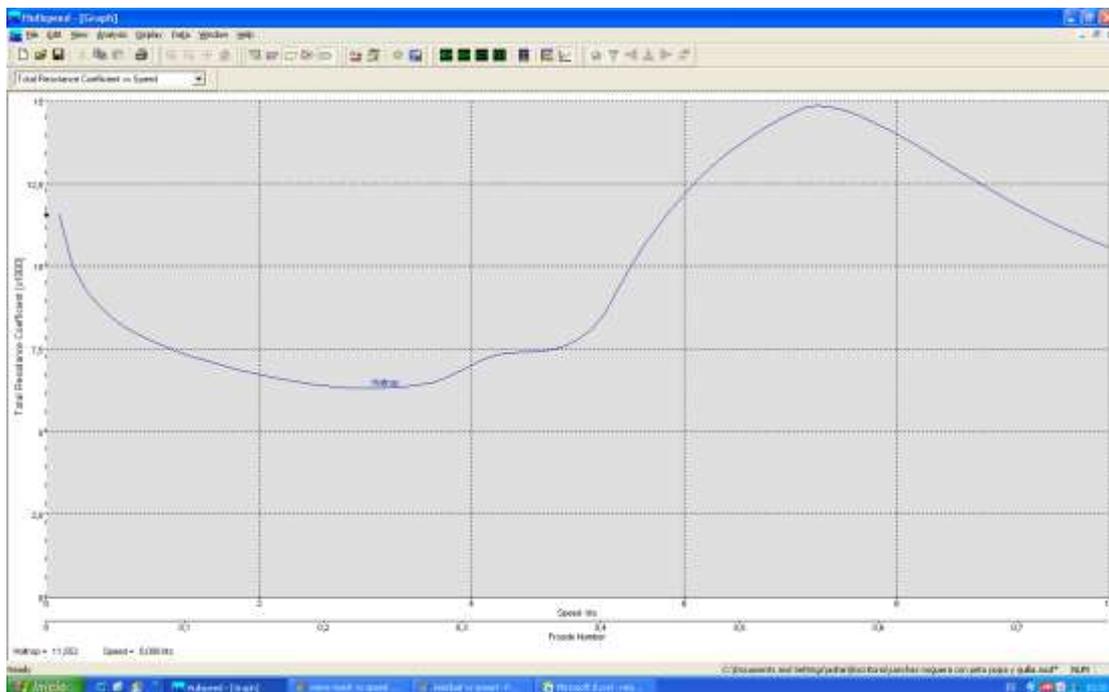
Fricción/velocidad



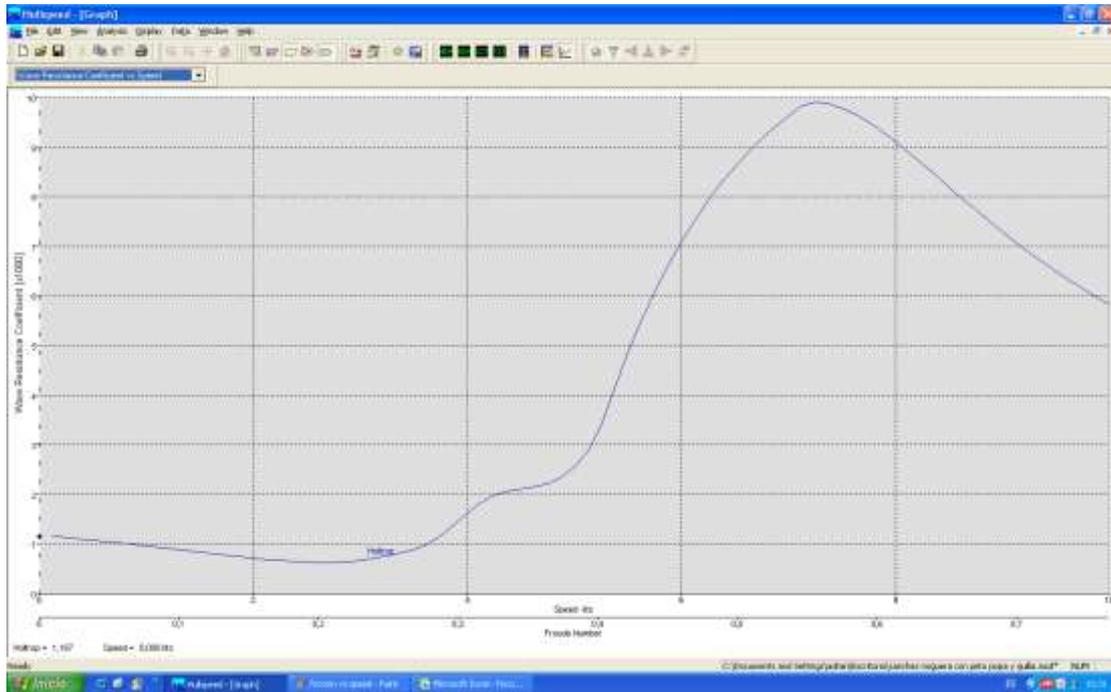
Resistencia residual/ velocidad



Resistencia total/ velocidad



Resistencia olas/ velocidad



9.3 Especificaciones de motores fuera borda recomendados:



Hidea 9.9 CV (cola corta)

P.V.P 1850 Euros

Especificaciones técnicas	
Modelo:	HDF9.9
Tipo de motor:	4 Tiempos S
Color: Negro	Negro
Eje:	Corto
Sistema de arranque:	Manual
Sistema de alimentación:	Carburador
Sistema de encendido:	CDI
Marchas:	Adelante (F) - Neutro (N)
Combustible:	Gasolina regular sin plomo
Depósito de combustible integrado:	No
Conexión para depósito de combustible externo:	Sí
Sistema de basculación:	Manual
Dirección:	Mando popero
Escape:	Por encima de la hélice
Rendimiento	
Potencia Máxima (Kw @ 6000 rpm):	7,3
Cilindrada (cm3):	212
Cilindros:	2
Máximo rango de operación (rpm):	5000 - 6000
Ralentí en punto muerto (rpm):	900 - 1000
Diámetro x carrera (mm):	56 x 43
Dimensiones y peso	
Longitud total (mm):	869
Ancho total (mm) :	372
Altura total (mm):	1031
Peso (kg):	40

YAMAHA F8C y F9.9F

P.V.P 2450 Euros



	F8C	F9.9F
Motor		
Tipo de motor	4 tiempos	4 tiempos
Cilindrada	197 cm ³	212 cm ³
N.º de cilindros/configuración	2/en línea	2/en línea
Diámetro x carrera	56.0 mm x 40.0 mm	56.0 mm x 43.0 mm
Potencia del eje de propulsión a medias revoluciones	5.9 kW / 5500 rpm	7.3 kW / 5500 rpm
Rango de funcionamiento a todo gas	5.000 - 6.000 rpm	5.000 - 6.000 rpm
Sistema de lubricación	Cárter húmedo	Cárter húmedo
Carburadores	1 carb.	1 carb.
Ignition / advance system	CDI/ordenador	CDI/ordenador
Sistema de arranque	Manual	Eléctrico (FE), Manual (FM)
Relación de marchas	13/27	13/27
Dimensiones		
Altura de espejo de popa recomendada	S:381mm L:508mm	S:381mm L:508mm
Peso con hélice	F8CMHS: 37.0 kg, F8CMHL: 38.5 kg	F8CMHS: 37.0 kg, F8CMHL: 38.5 kg
Capacidad del depósito de combustible	independiente, 12 litros	independiente, 12 litros
Capacidad del cárter de aceite	0.8 litros	0.8 litros
???Additional Features???		
Dirección	Manilla de la caña del timón	Caña del timón (FMH), Control remoto (FE)
Controles de cambio y aceleración	Cambio lateral/F-N-R por puño de control	Control remoto por palanca (FE), Puño de control (FMH), Cambio lateral/FNR (FMH)
Método de trimado e inclinación	Manual (4°, 8°, 12°, 16°)	Manual (0°, 4°, 8°, 12°)
Bobina de iluminación / alternador	12V - 6A	12V - 6 ^a

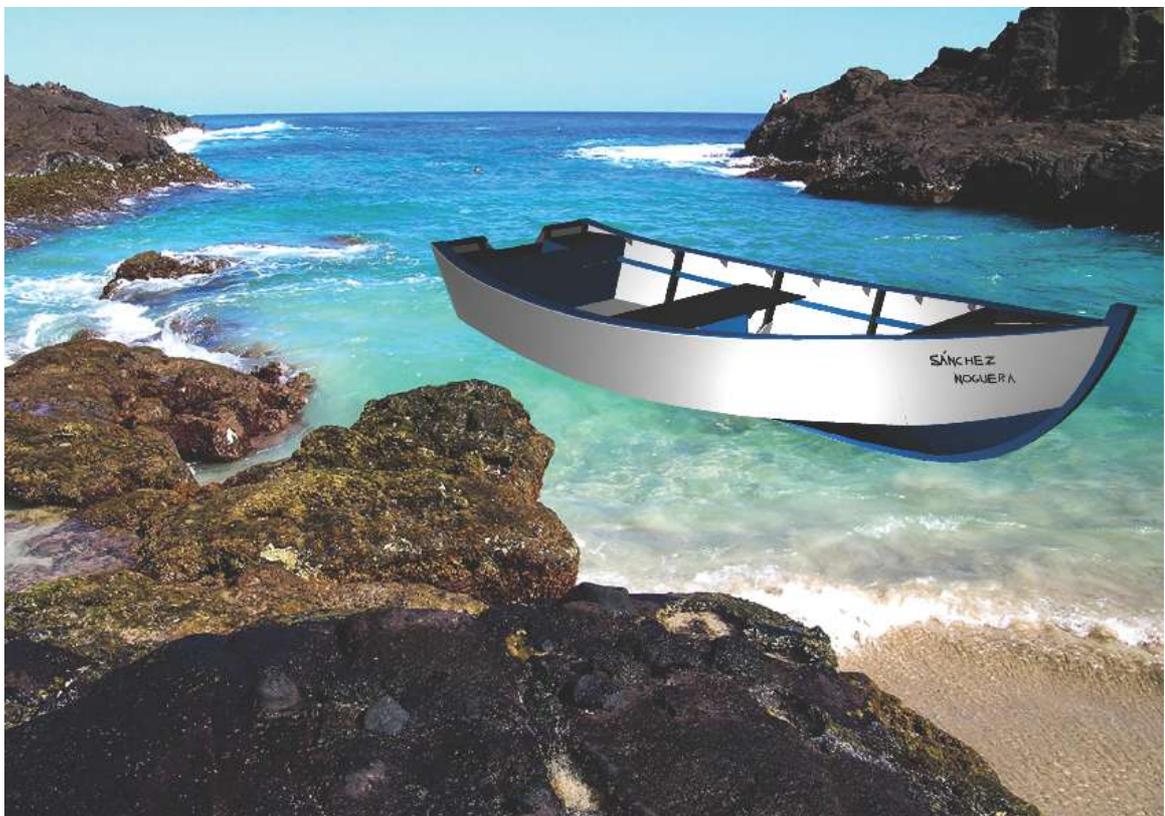
SUZUKI 8

P.V.P 2000 Euros



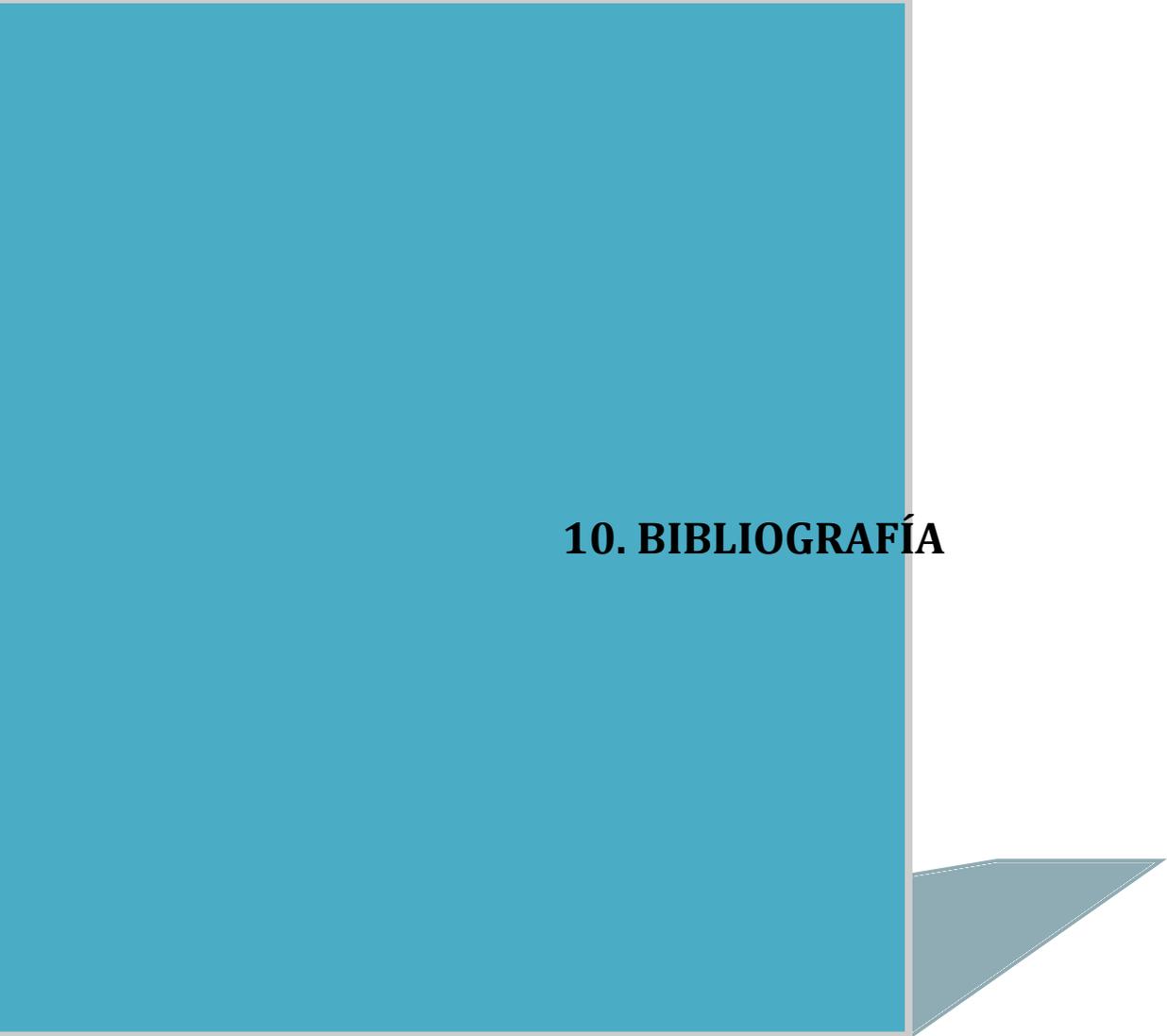
SPECIFICATIONS	
Shaft Length	S:381 (15in) / L:508 (20in) mm
Starting System	Manual or electric
Weight	MS:39.5/ ML:42/ ES:43/ EL:45.5 kg
Engine Type	4-Stroke SOHC
Fuel Delivery System	Carburetor
No. of Cylinders	2 in-line
Piston Displacement	208 cm ³
Bore x Stroke	51 x 51 mm
Maximum Output	5,200 kW
Full Throttle Operating Range	4,700-5,700 rpm
Steering	Tiller
Choke	Manual, Electric
Oil Pan Capacity	0.8 litre(s)
Fuel Tank Capacity	12 litre(s)
Ignition System	Digital CDI
Alternator	Manual: 6A, Electric: 12A
Engine Mounting	Shear mount
Trim Method	Manual trim and tilt
Gear Ratio	2.08:1
Gear Shift	F-N-R
Exhaust	Through prop hub
Propeller Selection (Diameter)	S:9in, L:8in

9.4 Fotografías de la embarcación Sánchez Noguera:









10. BIBLIOGRAFÍA

10. Bibliografía

- ALEJANDRO BESEDNJAK DIETRICH, 2005, 1ª edición, Materiales compuestos, ediciones Upc
- ANSELMO ARTIME GONZALEZ, 1998 2ª edición, Construcción de embarcaciones de madera en los astilleros de Luanco
Editorial Museo Marítimo de Asturias
- ANTONIO MANDELLI, 1986, 3ª edición, Elementos de arquitectura naval, Editorial Alsina
- DANIEL SPURR, 2004, 1ª edición, Heart of Glass, editorial titled
- DAVE GERR, 2000, 2ª edición, Boat Strength for builders. Designers and owners, Editorial Adlard coles náutica.
- DEREK HULL, 2003, 2ª edición, Materiales compuestos, editorial Kerrate s.a
- ENRIQUE CIGALAT FIGUEROLA Y MANUEL SOLER BURILLO, 2003, 1ª edición, Guía de las principales maderas y su secado,
Editorial Mandi-prensa
- ENRIQUE LECHUGA LOMBOS Y FERNANDO CABRERA DE AIZPURU, 2001, 1ª edición, Aguiño: Las últimas Dornas gallegas.
- EUGENIO PLA, 1996, 1ª edición, Construcción naval y madera,
Editorial Llagut
- FRANÇOIS VIVIER, 2001, 1ª edición, Construcción de madera. Las técnicas modernas,
Editorial Llagut
- J.A GUERMES Y C. NAVARRO, 1997, materiales compuestos, Editorial AEMAC.
- J. DE CATUS, 1995, 1ª edición, Construction pratique, embarcations et petits yatcht en bois, editorial Assistant Yachts & Yachting.
- JESÚS VICTORIA MEIZOSO, 1997, 2ª edición, Principios de ingeniería naval, editorial Tórculo
- JOACHIM F. MUHS, 2006, 1ª edición, Como evaluar un yate,
Editorial Tutor
- JOHN TEALE, 2006, 2ª edición, Como diseñar un barco,
Editorial Tutor
- JORGE TEGEDOR DEL VALLE, 2001, 1ª edición, Construcción de buques de pesca en poliéster reforzado con fibra de vidrio,

Editorial Alsina

- J. L. GONZALEZ DIEZ, 1995, 4ª edición, Materiales compuestos. Tecnología de los plásticos reforzados.
- LUIS DELGADO LALLEMAND, 2005, 1ª edición, De proa a popa, conceptos básicos, editorial Paraninfos
- MARCOS GUASP PIERAS, 1995, 1ª edición, Diferentes aspectos del proyecto básico de buques, editorial Ingeniería naval de Madrid
- MICHAEL VERMEY, 2006, 4ª edición, Construcción amateur de barcos, editorial Tutor náutica
- STAFFAN MÖRLING, 2005, 1ª edición, Lanchas y dornas,

Editorial Xunta de Galicia

- XAVIER BUHOT-LAUNAY, 1988, 1ª edición, Construire un bateau en bois,

Editorial Le chasse-maree.

Páginas Web

- www.guiadelasmaderas.com
- www.finnforest.com
- <http://www.francois.vivier.info/>
- <http://www.neptuno.es/construccion-embarcaciones.php>
- http://www.elportaldelosbarcos.es/portal/pagina_submenu.php?opcion=133&id_menus=33&id_submenu=133
- <http://www.maderasacuna.es/ficha.aspx?id=219>
- <http://www.nauticexpo.es/prod/world-panel/panel-de-madera-contrachapada-marina-22265-55439.html>
- <http://tienda.resineco.com/epages/eb4881.sf>
- <http://www.feroca.com/>
- www.jordisagrista.es
- Wikipedia
- <http://www.portonartesano.com>
- <http://www.yamaha-motor.es/es/products/marine-engines/index.aspx>
- <http://www.epifanes.com/info.htm>
- <http://www.isisa-sp.com/flash/index.html>
- <http://www.plasticosllorens.com>
- <http://tienda.resineco.com>
- <http://www.melcomposites.com/>
- <http://www.formsys.com/>
- <http://rodin.uca.es:8081/xmlui/bitstream/handle/10498/6585/34208161.pdf?sequence=1>
-

Videos

- <http://www.youtube.com/watch?v=qsupx-IXOzU&feature=related>
 - http://www.youtube.com/watch?v=JZx7Ac_sTD8&feature=related
 - http://www.youtube.com/watch?v=7LUr_BAvexE&feature=related
 - <http://www.youtube.com/watch?v=p-ByMzW9Zk&feature=related>
 - http://www.youtube.com/watch?v=4yRQ-qgT0lg&feature=rec-LGOUT-exp_rn-1r-16-HM
 - <http://www.youtube.com/watch?v=qrgxenTj0iU>
 - <http://www.youtube.com/watch?v=VY1n0YYatpM&feature=related>
-