

Construcción de botes



Manuel Reyes Jara

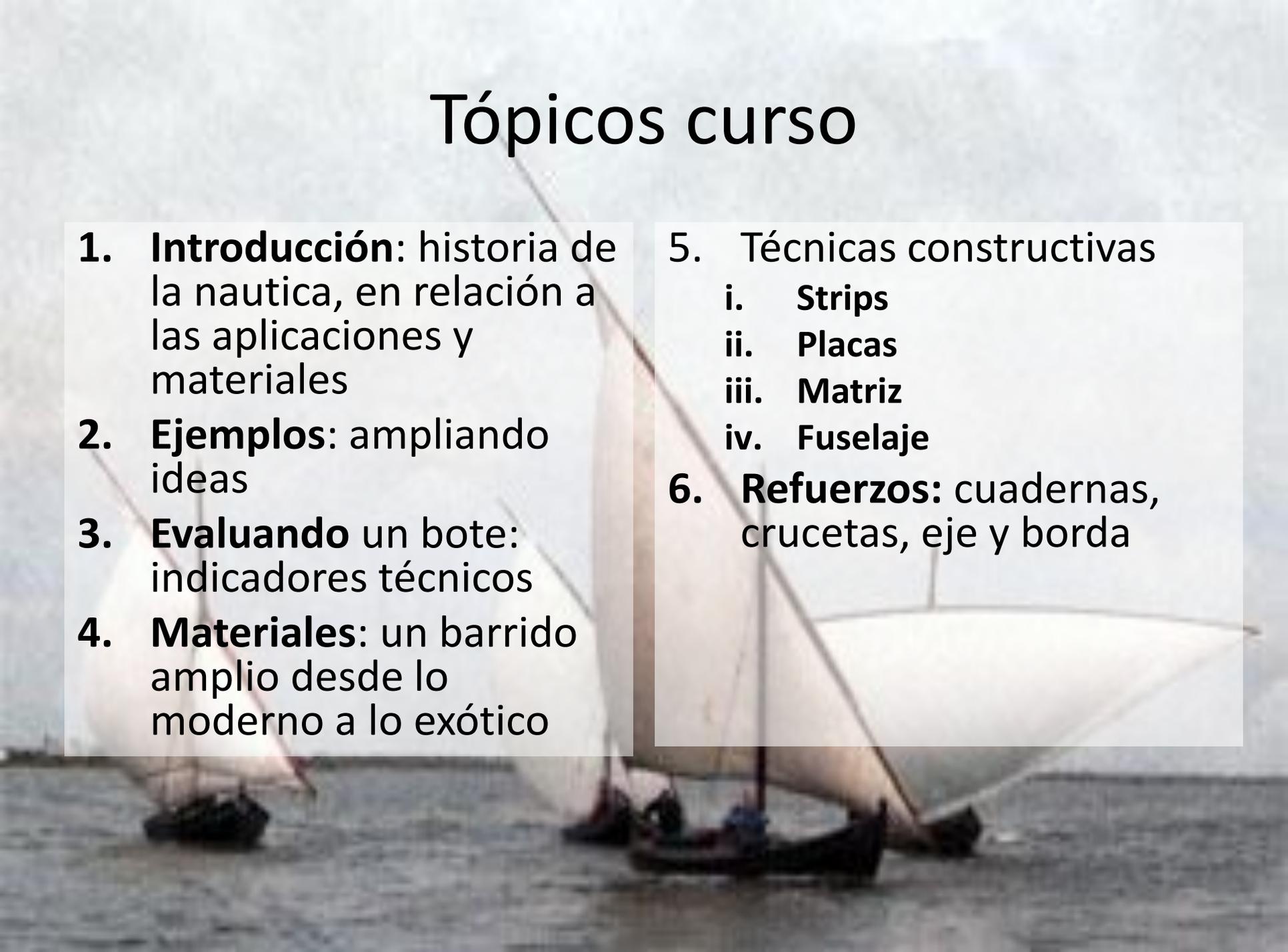
Ingeniero Civil Matemático

PhD(c) Mining Engineering

contacto@astilleroaculeo.cl



Tópicos curso

1. **Introducción:** historia de la nautica, en relación a las aplicaciones y materiales
 2. **Ejemplos:** ampliando ideas
 3. **Evaluando** un bote: indicadores técnicos
 4. **Materiales:** un barrido amplio desde lo moderno a lo exótico
 5. **Técnicas constructivas**
 - i. **Strips**
 - ii. **Placas**
 - iii. **Matriz**
 - iv. **Fuselaje**
 6. **Refuerzos:** cuadernas, crucetas, eje y borda
- 
- A background image of a sailboat on the water. The boat is white with a large, light-colored sail. The water is dark and the sky is overcast. The image is slightly blurred, giving it a soft, artistic feel.

Cap1 Introducción: algo de historia...

Velas

Gran antigüedad, permitieron el comercio, exploración y conquista.

Problema: navegar contra el viento.

- Chinos, árabes: optimizan vela, logran 10% hacia el viento.
- Vikingos: optimizan casco, logran 5% hacia el viento.
- Siglo XV, se optimiza ambos: se logra 45% hacia el viento.
- Campeón vuelta al mundo: catamarán año 2002. Record anterior: año 1940.

¡Hay mucha oportunidad de optimizar!

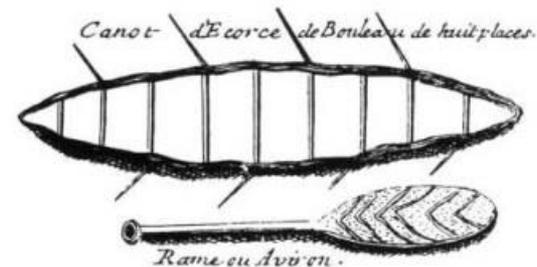
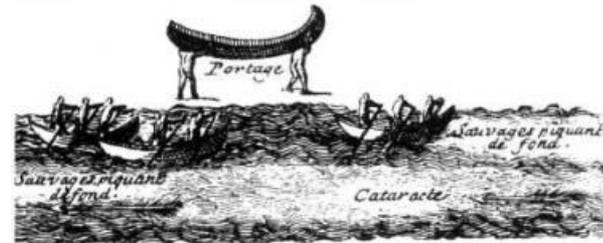


Cap1 Introducción: algo de historia...

Remos

Aún más antigüedad.

- Intuitivo, universal.
- Apoyo a la vela antigua
- USA/Canadá: base del comercio antes del tren transoceánico.
- Deportivo, recreativo:
 - Remo olímpico, yolas
 - Canoas, kayaks
 - Dragon boats, traineras



Cap2 Ejemplos, ampliando ideas

Velas

Exóticos

Remo

Exóticos

Actividad: anote la mayor cantidad de embarcaciones que conozca

Velas

Optimist

Para solitarios



Vagabundo

Para la familia



Outrigger sailing canoe

(No hace tack, hace shunt)



Velas

Catamarán: veloces y estables.

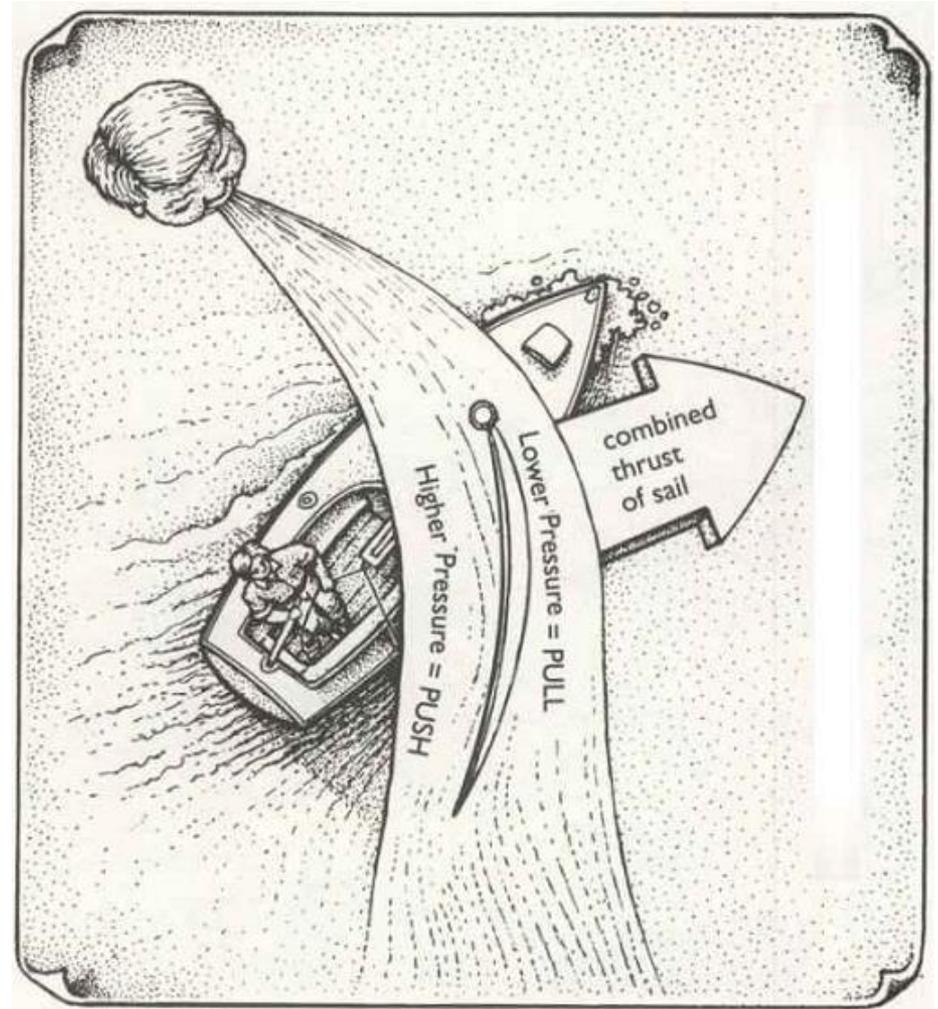
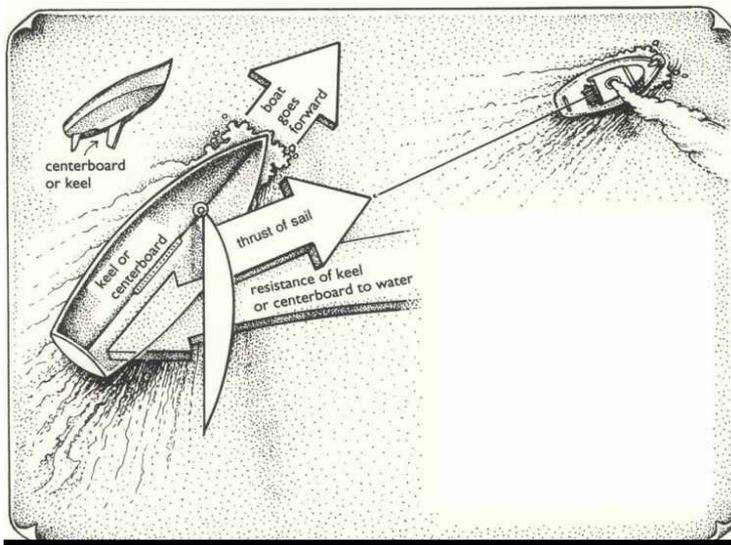


Velas

Mala idea: ser empujado por el viento.

Buena idea: ser jalado por la diferencia de presiones.

Tack: operación de cambio de dirección para avanzar en zig-zag hacia el viento.



Remos

Canoas: remo cuchara única. Usa brazos, espalda y una pierna (o gluteo).



Kayak: remo con dos cucharas. Reparte esfuerzo en ambos brazos, pero usa poco piernas.



Boga o remo: remo cuchara única, apoyado sobre chumaceras. Se avanza de espaldas.

→ Banco fijo: usa brazos y espalda

→ Banco móvil: usa piernas, espalda y brazos.

Son los mas rápidos.



Botes de Remos: kayaks

Canadiense

Recreativo

Travesía

Aguas blancas (descenso rio)

Olímpico



Botes de Remos: canoas

- Canadiense
- Olímpica
- Dragon Boats
- Climbing Bows
- Canoa Rapa Nui





Botes de Remos: boga

Bote de pesca y recreación

Remo olímpico

Yola de mar y de río

Trainera





Xchanging

Botes de Remos: exóticos



Remo oceánico



SUP: Stand Up Paddle



Góndola



25/09/2011 - Regata di San Michele - gondole a 2 remi - photo by Nereo Zane

Regata de góndolas

Exóticos

- Hidrofoils



- Usa hidrodinámica (tensión superficial)



Exóticos: plastiki

- Inspirado en la Kon-tiki
- Usa botellas de plástico
- Problema técnico:
¿cómo unir las botellas?



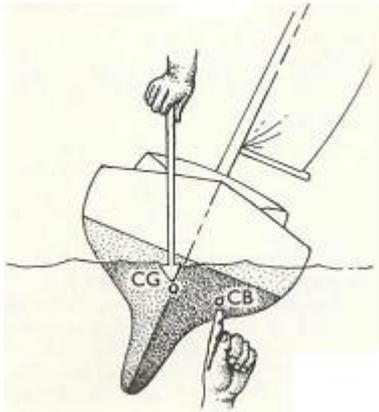
Exóticos: caballito de totora

- Sirve para pescar, surf



Cap3 Evaluando un Bote: indicadores técnicos (factores de diseño)

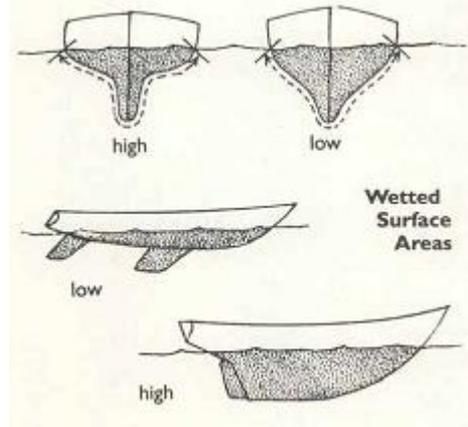
1) Estabilidad



¿Cuál es el impacto de la quilla en la estabilidad?

Indicador: ángulo de escora que permite el bote (después de ese ángulo, se vuelca).

2) Avance



¿Cuál es el impacto de la forma y área en la fluidez de avance?

Indicador: la mayor área de la cara transversal (ocurre en la manga).

3) Belleza



¿Es una embarcación que colgaría en el techo de su living (en exposición para sus visitas)?

¿Si no, es de interés debido a la dificultad constructiva, mensaje que entrega (ambiental, reconstrucción, historia) o tiene una base conceptual defendible?

Partes de un bote

Proa: adelante

Popa: atrás

Babor: derecha de remeros, izquierda de kayak, canoa y botes de vela.

Estribor: lado opuesto a babor.

Quilla: eje exógeno del casco, que a línea el bote con el sentido de marcha.

Timón: placa externa y móvil, que permite orientar el bote según se decida

Mástil: pilar que sostiene la vela

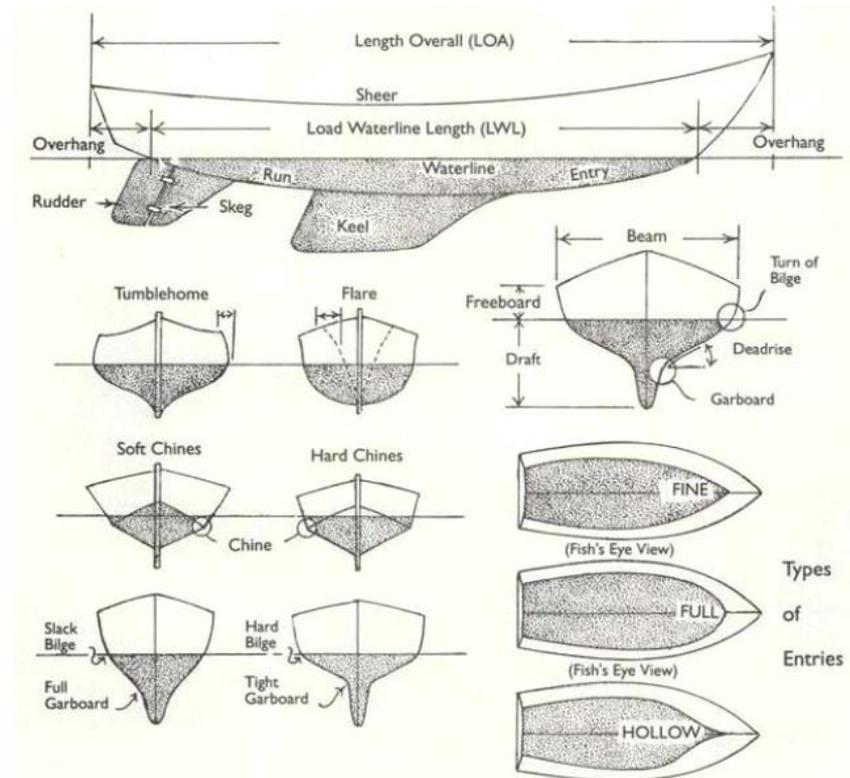
Chumacera: horquilla que recibe remo, permitiendo palanca de tipo 2.

Waterline (WL): línea de flotación, hasta donde llega el agua.

Casco: superficie inferior del bote, con forma convexa, que mantiene contacto con el agua y permite flotación.

Cubierta: superficie superior del bote, generalmente plana, que permite la carga de personas y cosas, donde se maniobra o rema.

Desplazamiento = $\text{peso} / (1\% \text{WL})^3$





Otros ideas de desarrollo en torno a la náutica

Muelles

Amarras

Herrajes

Pintura

Telas para velas

Accesorios de navegación

Accesorios de transporte en tierra

- Carro
- Porta bote de techo

Mantenimiento

Chalecos salvavidas

Ropa deportiva o de seguridad

Videos seleccionados

Hidrofoils <http://www.youtube.com/watch?v=9FXuBkAVU6g>

Kayak olímpico <http://www.youtube.com/watch?v=sF3AE8OVjVA&feature=related>

Kayak paseo <http://www.youtube.com/watch?v=zQCAPJyW68E>

Canoa canadiense <http://www.youtube.com/watch?v=4RJAeP7pDI>

Canotaje olímpico <http://www.youtube.com/watch?v=b01ez28woyU>

Bote Dragon <http://www.youtube.com/watch?v=0MlxaoLbOjo>

Climbing Bow <http://www.youtube.com/watch?v=2EeKNc1FQ4o&feature=related>

Remo olímpico <http://www.youtube.com/watch?v=WKIPODXnUYI>

Bote pesca Pelluhue <http://www.youtube.com/watch?v=RkVGnbEv9y4&feature=related>

Trainera <http://www.youtube.com/watch?v=1VbmFpWqgHA>

Optimist <http://www.youtube.com/watch?v=xEzbo88tbmQ&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=A3TAPDLxAx4&feature=related>

Yate <http://www.youtube.com/watch?v=QKtINkLNsYY>

Catamarán <http://www.youtube.com/watch?v=BeU70xrAjoc>

KaiKaiVilu: primer bote dragon en Chile <http://www.youtube.com/watch?v=wpL8pDB5S24>

Cap4 Materiales

- Madera
- Resinas: epóxica, vinilpoliester
- Fibras: vidrio, kevlar, carbono
- Variantes:
 - tela normal,
 - plástico,
 - cuero,
 - totora,
 - madera de balsa,
 - airex,
 - polietileno expandido (aislapol)
 - hormigón armado,
 - tarros



Cap5 Técnicas constructivas

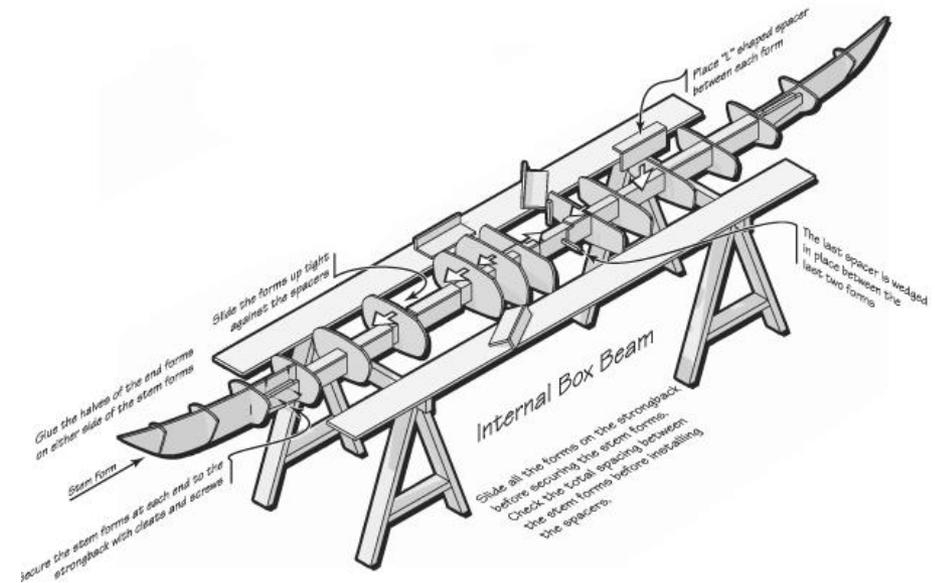
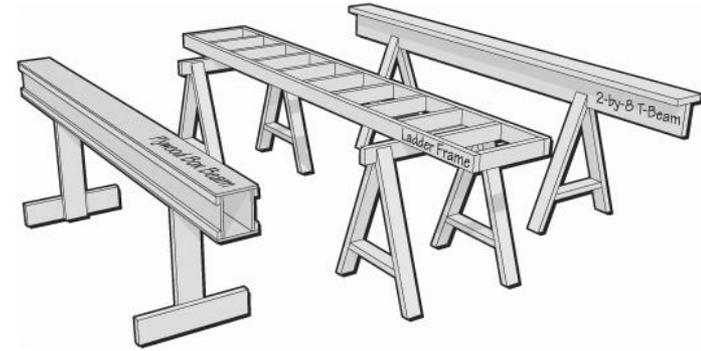
- i. Strips
- ii. Placas, Tinglado
- iii. Matrices
- iv. Fuselaje

Strips



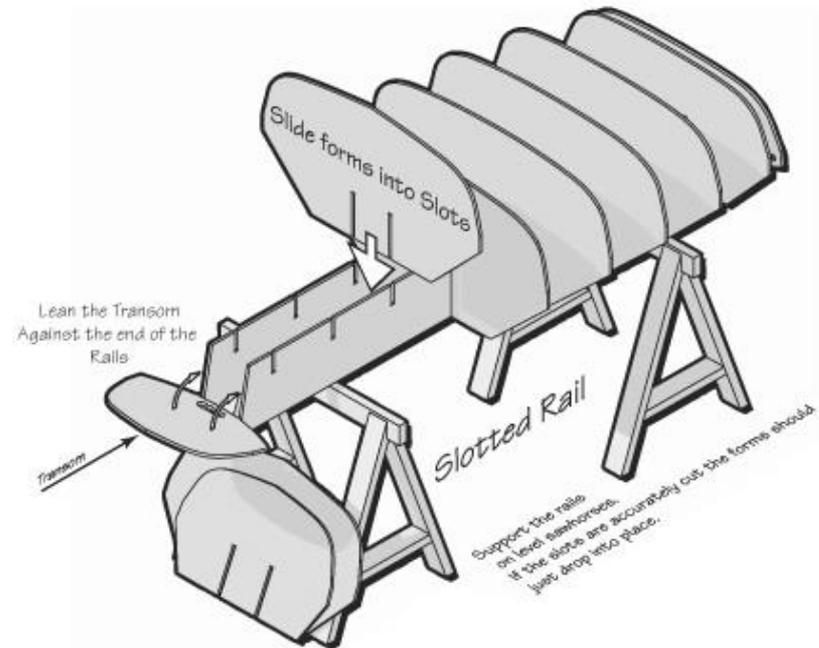
Viga o mesón de trabajo

1. Instalar caballetes
2. Instalar viga de trabajo
3. Nivelar viga
4. Instalar placas con cortes transversales (detalle siguiente lámina)



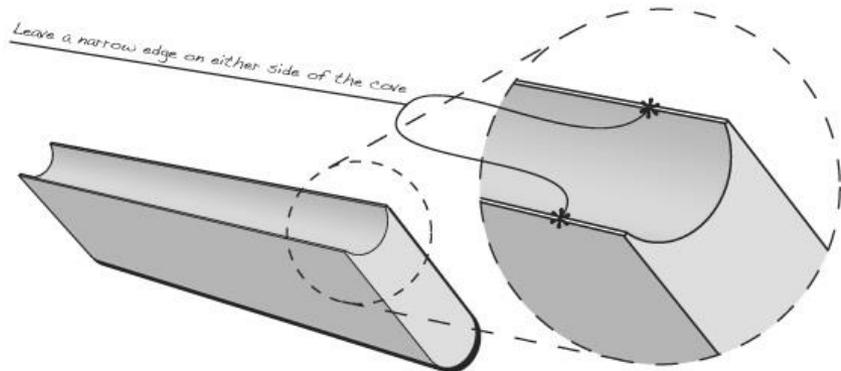
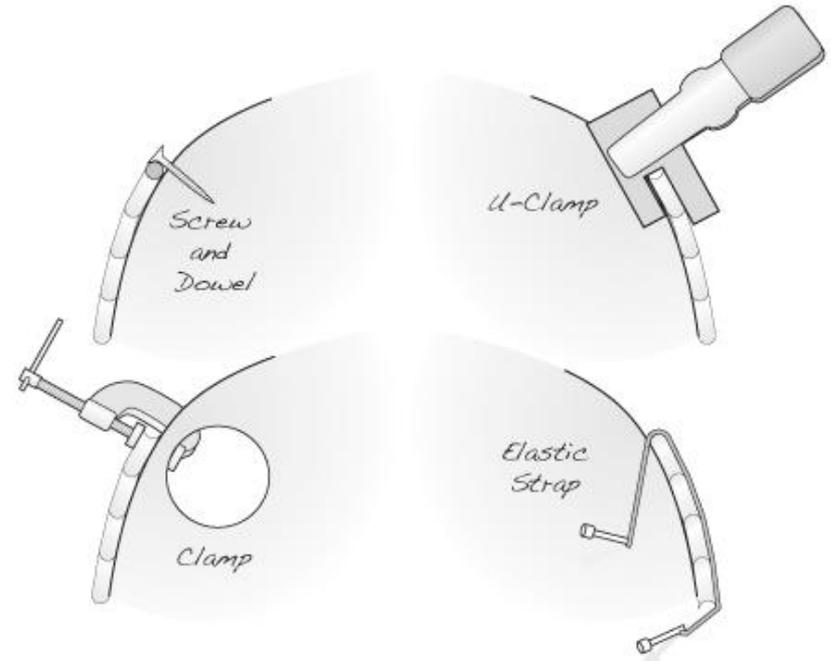
Instalación de placas

1. Diseñar en servilleta
2. Dibujar en serio: excel, paint, software diseño
3. Imprimir cortes transversales escala 1:1
4. Cortar como plantillas y pasar a placas de madera (OSB, terciado)
5. Cortar placas con forma de cortes transversales, agregar cortes de ensamble
6. Instalar, alinear.



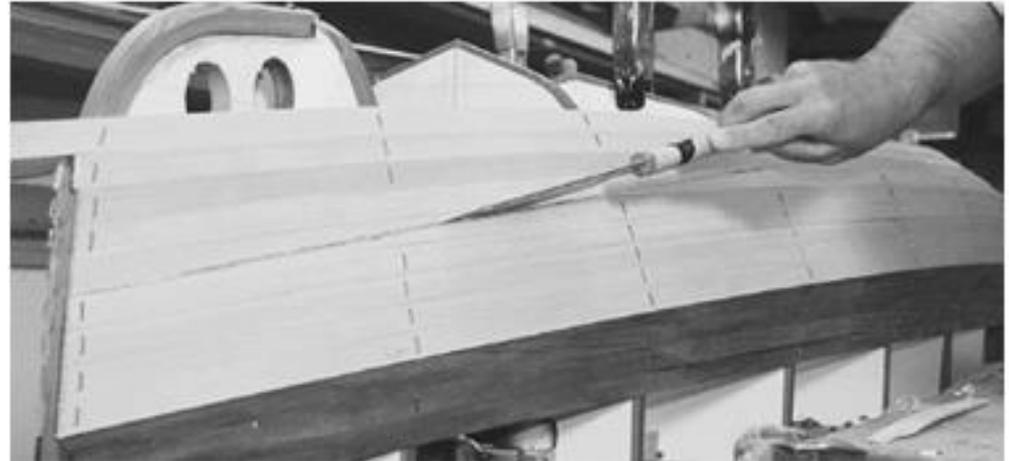
Huinchas machiembradas

- Preparar Madera de 1"x4"
- Cortar huinchas de 1"x4mm o bien 1"x6mm
- Machihembrar



Instalación

- Instalar strips sobre placas de forma:
¡¡Cuadernas!!
- Instalar strips longitudinalmente:
 - Pegados con cola
 - Corcheteados
 - Claveteados
- Finar superficie:
 - Cepillo
 - Lija



Enfibrar

- Enfibrar versión 1:
 - Esparcir resina sobre el casco
 - Instalar fibra de vidrio
 - Rodillar
- Enfibrar versión 2:
 - Instalar fibra de vidrio
 - Esparcir resina
 - “Mezquinar”

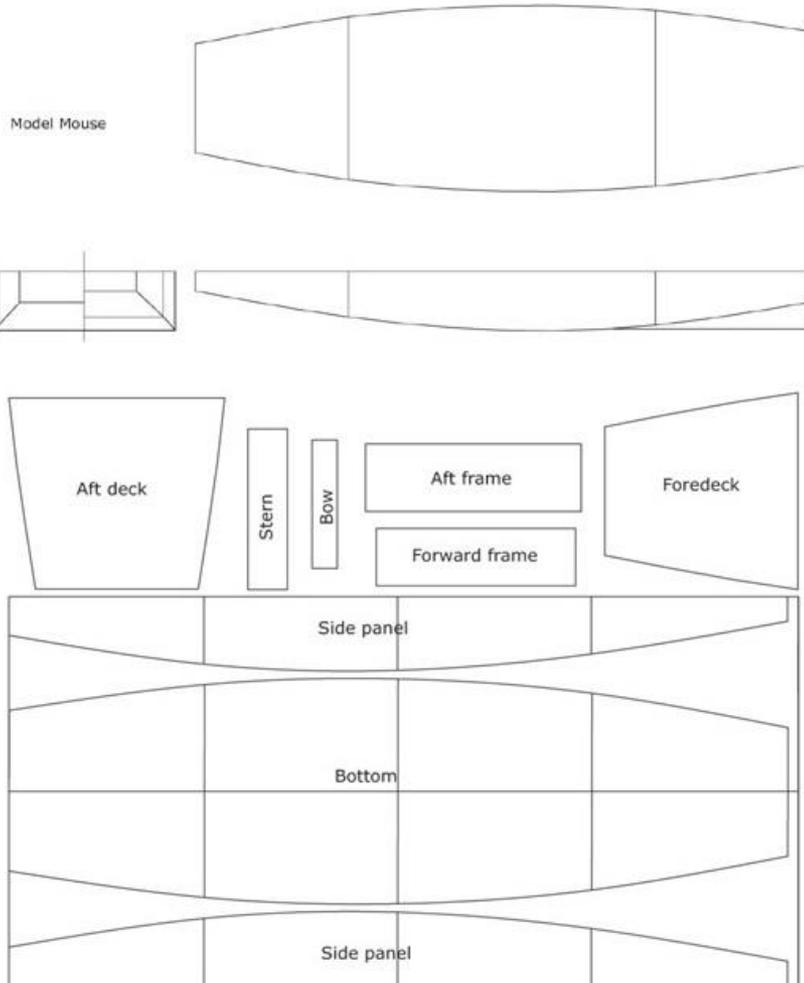


Desmontar, terminar

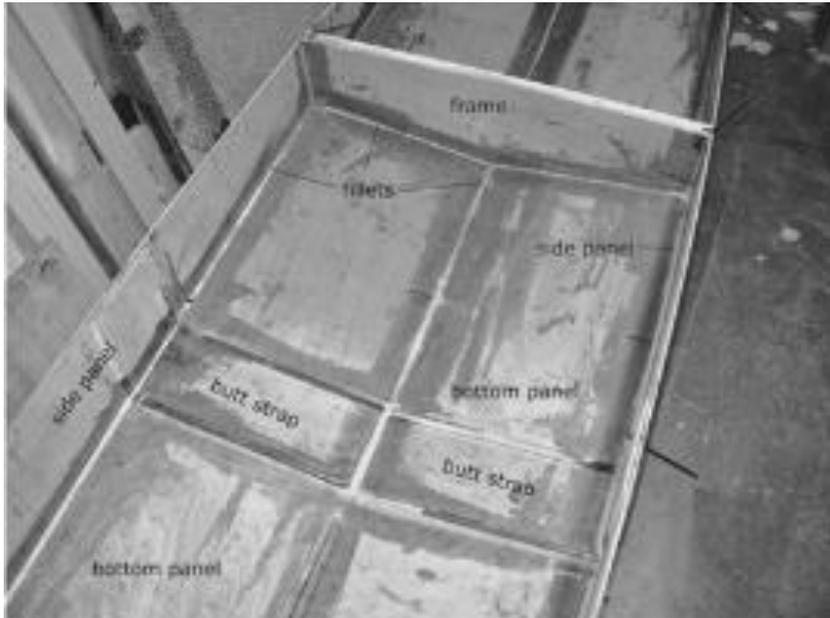
- Desmontar casco
- Terminar por dentro.
Opciones:
 - Enfibrar
 - Instalar cuadernas
 - Montar cubierta
 - Cubrir con tela



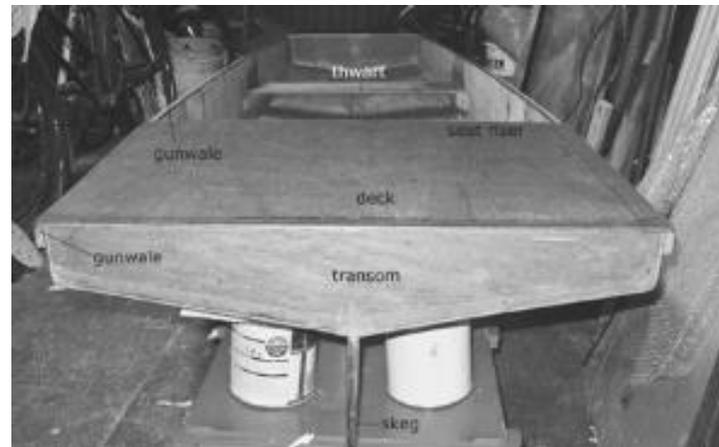
Placas



Placas



- Principal dificultad: unir bordes.
- Idea: lijar en ángulo, encolar.
- Refuerzos: fibra de vidrio en franjas de 10cms
- Otra idea: calafatear con aserrín y cola.



Tinglado

- Utiliza tablas superpuestas parcialmente, en vez de placas.
- Las tablas toman la forma del casco, a partir de plantillas (como los strips).
- Deben calafatearse.
- No requieren enfibrar.

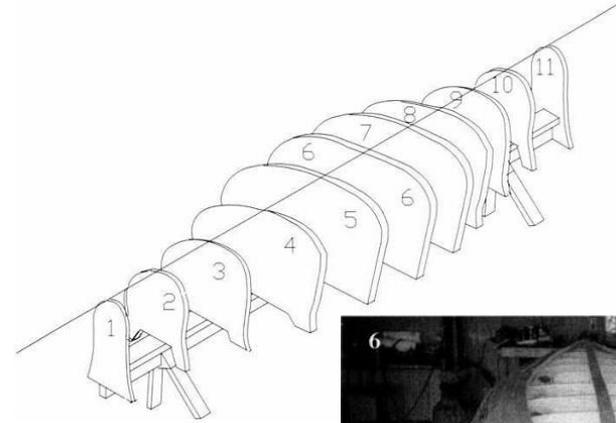




ASTILLERO
ACULEO

Matricería

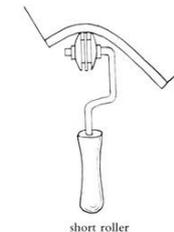
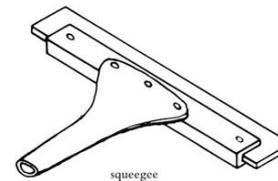
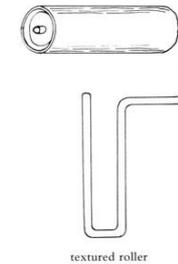
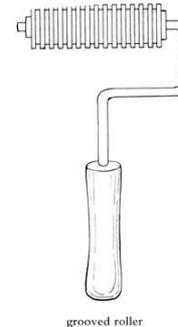
- Requiere un **prototipo** a clonar
- Se construye negativo/matriz/molde
 1. Afinar prototipo
 2. Encerar, sacar brillo
 3. Líquido desmoldante
 4. Pintar con gelcoat
 5. Resina y fibra, rodillo
 6. Segunda o tercera capa fibra
 7. Cuadernas para rigidez
 8. Esperar estabilización (días)
 9. Desmoldar



Matricería

10

- Se construye bote
 1. Revisar y afinar matriz
 2. Encerar, sacar brillo
 3. Líquido desmoldante
 4. Pintar con gelcoat
 5. Resina y fibra, rodillo
 6. Segunda capa fibra, airex o madera
 7. Cuadernas para rigidez
 8. Esperar estabilización (días)
 9. Desmoldar
 10. Revisar y afinar



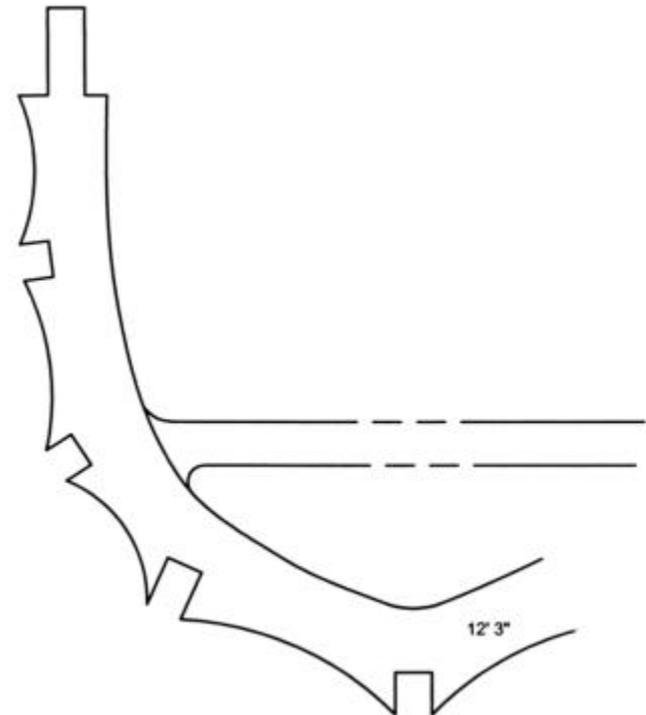
Fuselaje

- Carpintería
- Esqueleto:
 - Bordas
 - Eje central
 - Cuadernas
- Tela impermeable, tensa.



Plantillas

- Similar a la técnica de strips, se construyen plantillas.
- Diferencia: aquí tales plantillas quedarán en el bote como cuadernas.
- Deben incluir la los empalme con las maderas longitudinales.



Amarrar ejes

- Maderas longitudinales se encolan a plantillas. Fijar con amarras tensas.



Cobertura

- Tela superpuesta:
 - PVC (carteles políticos)
 - Tela normal impermeabilizada
 - Cuero, natural o sintético
 - Polietileno (plástico)
 - Tela de carpa



Cola y proa

- Proa sólida, para encallar en playas.
- Protector de madera de sacrificio.
- Importante terminaciones, acabado.

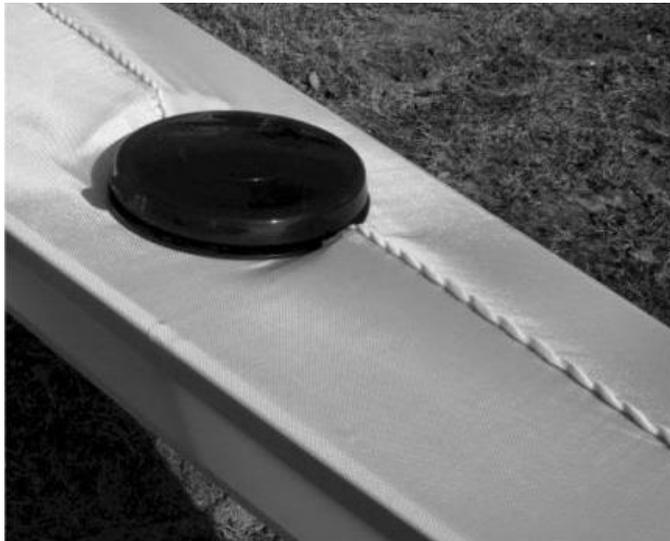
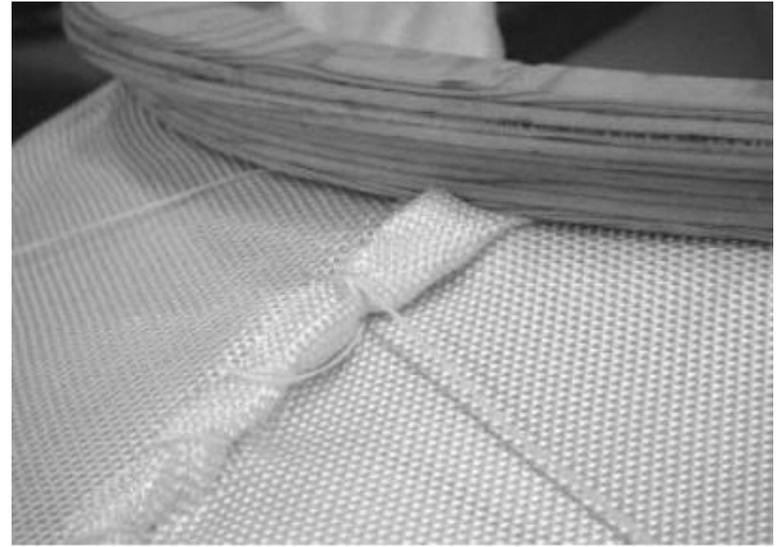


Instalar tela

- Tela en faldón debe quedar aprisionada



Coser tela



Terminaciones

- La tela debe quedar tensa, en forma homogénea.
- Proteger zonas de alto roce (madera de sacrificio).
- Terminaciones interesantes:
 - Cordón con nudos de adorno
 - Manillón para arrastrar
 - Mosaicos de madera
 - Madera lacada
 - Tapón bota agua
 - Cámara de inspección



Mix: fuselaje, strips y fibra

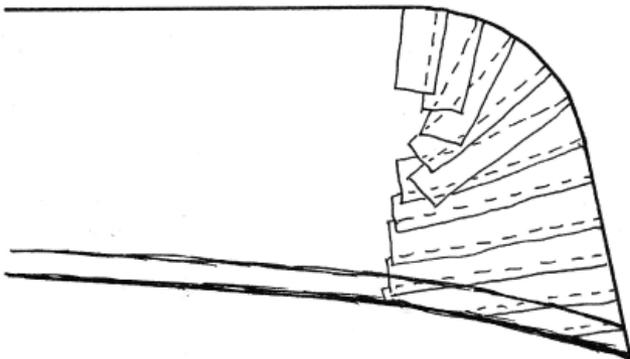
1. Plantillas
2. Strips, pero pocos y clavados.

Notar que aquí se podría usar fuselaje.



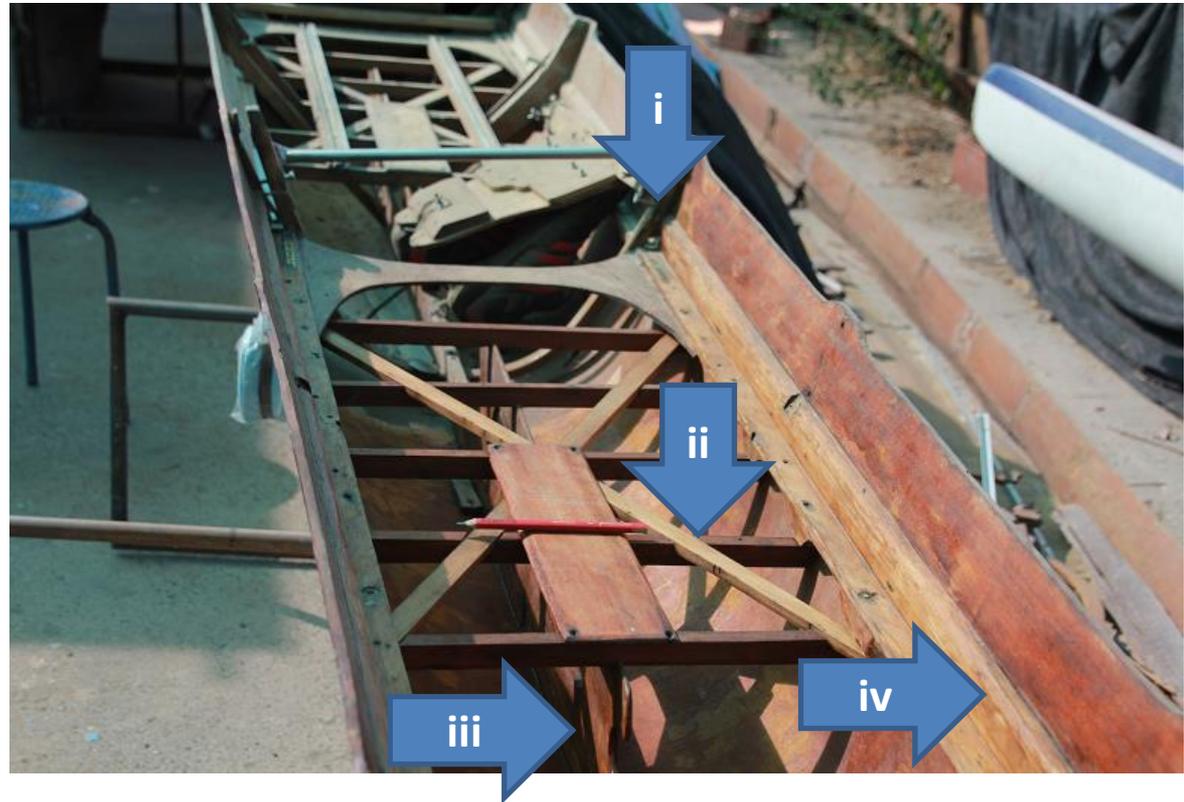
Mix: fuselaje, strips y fibra

3. Cubrir con cinta de embalar (equivale a un desmoldante).
4. Enfibrar y continuar con la técnica de matrizado.



Cap6 Refuerzos

- i. Cuadernas
- ii. Crucetas
- iii. Eje
- iv. Bordas
- v. Amarre bordas



Cuadernas y amarre de bordas



Crucetas



Eje



Borda



Cap7 Cómo diseñar

Opciones

- Softwares de diseño de botes.
 - Matlab
 - Excel
 - A mano con instrumentos
 - A mano
- Lofting: es la técnica de pasar a plantillas un diseño esquemático de cuaderno.

Cap7 Cómo diseñar: ejemplo excel

1. Definir una forma de las plantillas: semicírculos.
 - $z = \sqrt{r(y)^2 - x^2}$
2. Definir una forma del crecimiento de los parámetros de la forma de las plantillas: hipébola.
 - $r(y) = -\sqrt{q^2 + (y - h)^2} + 2q$,
donde q es el lacado del bote (por tanto también la manga) y h ubica a la manga en relación a proa y popa.
3. Decidir terminaciones:
 - i. Espejo popa
 - ii. Proa (punta, martillo, espejo)
 - iii. Altura bordas
 - iv. Pendiente bordas