



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y TECNICAS DE LA
NAVEGACION Y DE LA CONSTRUCCION NAVAL**

AREA: CONSTRUCCIONES NAVALES

TESIS DOCTORAL

**ARQUITECTURA Y TECNOLOGIA EN EL DISEÑO DEL
ESTANDAR MERCANTE BERGANTIN**

Autor:

D. Josu Ruiz Godia

Directores:

Dr. Emilio Eguía López

Dr. Francisco Fernández González

Santander, Septiembre de 2010

COLABORACIONES



Colabora en la obra la Subdirección General de los Archivos Estatales del Ministerio de Cultura.

CRÉDITOS REPRODUCCIONES

Nuestro agradecimiento a las siguientes instituciones:

© Consorci de les Drassanes Reials i Museu Marítim de Barcelona. Autor: Francisco Jaén para el *Plano del bergantín Segundo Romano* y *Plano del bergantín Nueva Casimira*

© España. Ministerio de Cultura. Archivo General de Simancas para los documentos y *planos del bergantín Ardilla* y *bergantín El Cazador*, SMA 362 y MPD, 21, 49

© Fundación Oceanográfica de Guipúzcoa – Aquarium de Donostia-San Sebastián para el plano *Nº 1 Plano por la construcción de uno bergantín goleta del porte de 110 a 130 toneladas*

© Museo Naval. Madrid para el *Plano del bergantín El Gargo*

Capítulo IV

Nota de Fuentes

Figuras 112- 115

- 112: Museo Naval. Madrid
- 113: Fundación Oceanográfica de Guipúzcoa – Aquarium de Donostia-San Sebastián
- 114: Museo Naval. Madrid
- 115: Fundación Oceanográfica de Guipúzcoa – Aquarium de Donostia-San Sebastián

Capítulo IV

Plan Experimental

Este capítulo es, por su contenido, parte fundamental de la Tesis: incluye el estudio técnico de las piezas que forman el bergantín. Se analizará qué es lo que ocurre desde que se utiliza la pieza original, generalmente en base al Reglamento de Romero Landa, hasta que se obtiene la pieza final, que será la que se coloque en la estructura del bergantín para formar parte de un todo firme y sólido compuesto por las diversas piezas que van a ser modificadas, como se mostrará a continuación, para que ensamblen en su correcto lugar con otras a las que se deben unir. En otras palabras, se estudiará cada pieza desde que ha sido localizada, bien en el Reglamento o en otras fuentes, ya mencionadas, hasta su posición final en el bergantín, según el plano de la S.O.G.. Así se podrá observar qué modificaciones afectan en todo momento a esa pieza para adaptarla a las que se une.

Es, por lo tanto, el resultado de la investigación y la relación de los procesos empleados por diversos autores en los que se trata de analizar la pieza en origen y transformarla, a través de elaboración digital y con soportes informáticos, hasta obtener la pieza final ajustada. Se podría comparar esta labor con la efectuada por el carpintero de ribera: entonces construía físicamente mediante soluciones propias e irrepetibles la mayoría de las veces; ahora se tendrá un carpintero de ribera virtual que sustituye las herramientas por el diseño asistido mediante soporte informático. Para poder llevar a cabo esta operación de modo seguro ha sido preciso consultar todas las fuentes a nuestro alcance, lo que ha permitido comparar los métodos constructivos de la época con las piezas en cuestión. Esto nos dará una idea de cómo hay que proceder para construir del modo más fidedigno la nave ajustándonos a los criterios de construcción del momento pero con las técnicas actuales.

Se han considerado varias opciones, entre las se pueden destacar la construcción desde la quilla hacia arriba tal y como se hace en los astilleros, o la construcción de la forma de la nave desde el diseño de las cuadernas. Al final se decidió por exponer un desarrollo "de la quilla a la perilla", tal y como los carpinteros de ribera han trabajado durante siglos. El motivo por el cual se ha tomado esta decisión es que éste era el método utilizado por aquellas gentes que se esforzaron tanto en diseñar y llevar a cabo sus objetivos mediante técnicas aprendidas, bien por transmisión familiar, bien por iniciativa propia (autodidacta), o bien por copiar técnicas utilizadas por otros y que llegaban a sus manos gracias a que las naves visitaban multitud de lugares por todo el mundo. Para llegar a completar cada parte se comenzará explicando de dónde sale cada una de las piezas que la forman y se darán datos de sus modificaciones hasta llegar a la pieza final.

El plan experimental constará de las siguientes fases:

1. Localizar las piezas que forman el bergantín de la Armada en las láminas del Reglamento de Romero Landa.
2. Construir una maqueta real, a escala, del bergantín de Romero Landa para poder observar la situación de las piezas que provienen de las láminas y observar a qué piezas une.
3. Comparar las piezas del bergantín de Romero Landa con las piezas necesarias para construir el bergantín mercante de la S.O.G. con el objetivo de ver las que faltaran así como comparar las formas y dimensiones de las mismas.
4. Comparar los detalles constructivos que se muestran en los planos de Romero Landa y el plano de la S.O.G. en las zonas de proa y popa para ajustar el montaje a dichos detalles.
5. Construir, mediante programas informáticos, el bergantín mercante basado en el plano de la S.O.G. Adecuación de las piezas y el Plano de Formas del Reglamento de Romero Landa al plano de la S.O.G. y construcción del bergantín desde la quilla.
6. Calcular la estabilidad estática y dinámica del bergantín.
7. Cálculo del arqueado del bergantín bajo diferentes ordenanzas y métodos vigentes en el siglo XVIII.
8. Mostrar las fichas de cada una de las piezas que forman la estructura del bergantín con datos relativos a su nombre, origen, material, densidad, propiedades físicas, unión con otras piezas, su gráfico de origen y su gráfico definitivo.

4.1. FASE 1: Localizar las piezas que forman el bergantín de la Armada en las láminas del Reglamento de Romero Landa

Las piezas que forman un bergantín de la Armada, según el Reglamento de Romero Landa, pueden verse en las láminas números 66, 67, 68, 69, 70, 71 y 72 de la *Sección fragatas menores, paquebotes y sus semejantes*. Dichas láminas representan las formas de las piezas a cortar pero no son las piezas finales que irán en el bergantín. El Reglamento de Romero Landa no es un Reglamento de construcción sino de acopio de maderas, como puede verse en la forma de las piezas y por ese motivo se tratará a las mismas hasta conseguir la pieza definitiva.

Lámina 66: Roda, Contra-Roda, Codaste y Yugos. Se describe la quilla pero el autor no aporta gráfico alguno ya que se entiende que la propia descripción es suficiente para obtener tanto su forma como sus dimensiones.

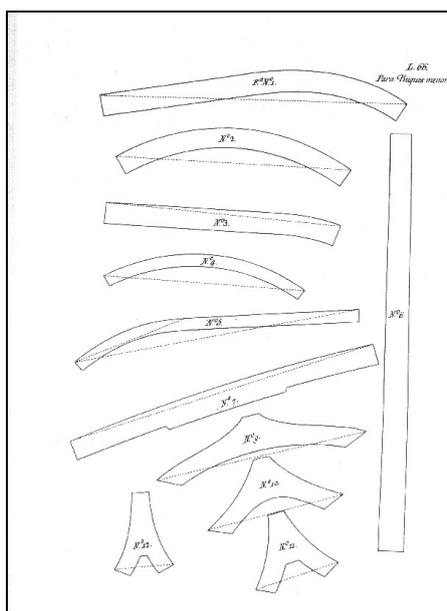


Figura 90. Lámina 66 del Reglamento de Romero Landa

Lámina 67: Aletas, Curva del codaste y Varengas. Se describe la Sobrequilla pero no se aporta gráfico.

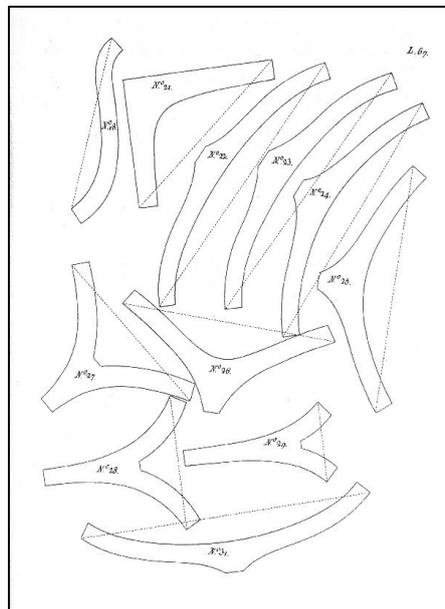


Figura 91. Lámina 67

Lámina 68: Varengas y Genoles.

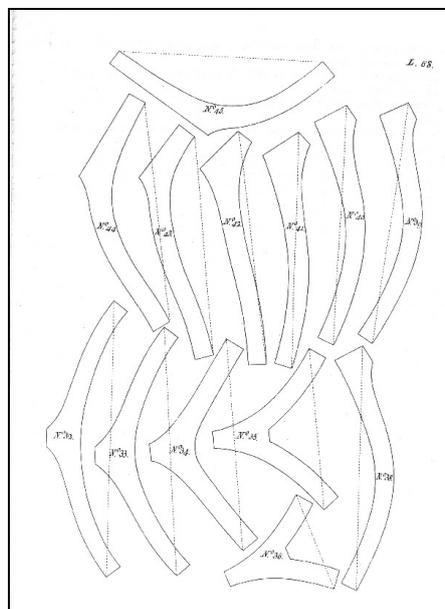


Figura 92. Lámina 68

Lámina 69: Genoles y Primeras Ligazones.

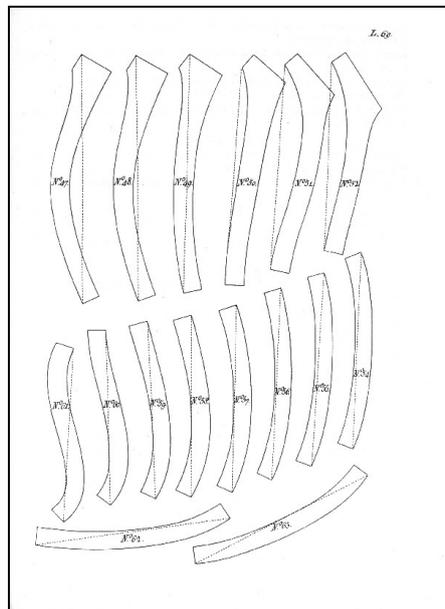


Figura 93. Lámina 69

Lámina 70: Primeras Ligazones, Segundas Ligazones y Reveses.

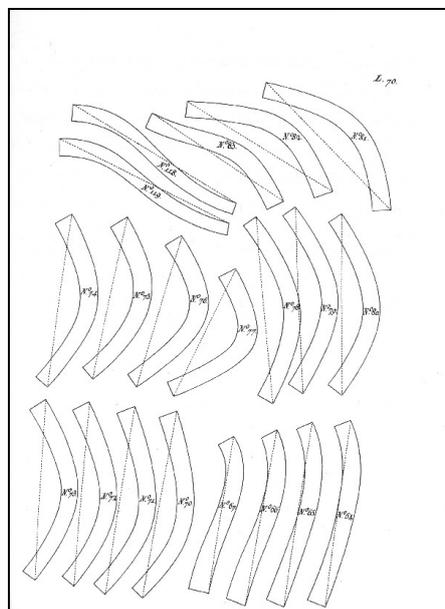


Figura 94. Lámina 70

Lámina 71: Reveses y piezas para escobenes.

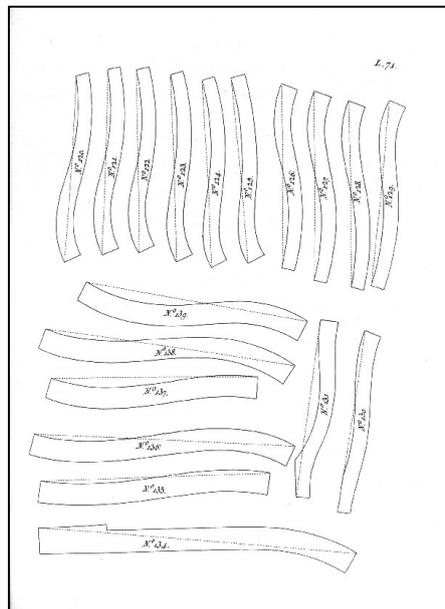


Figura 95. Lámina 71

Lámina 72: Gambotas, Baos de primera cubierta, Baos de Alcázar y Castillo, Tajamar, Curva capuchina, Curvas banda y Serviolas.

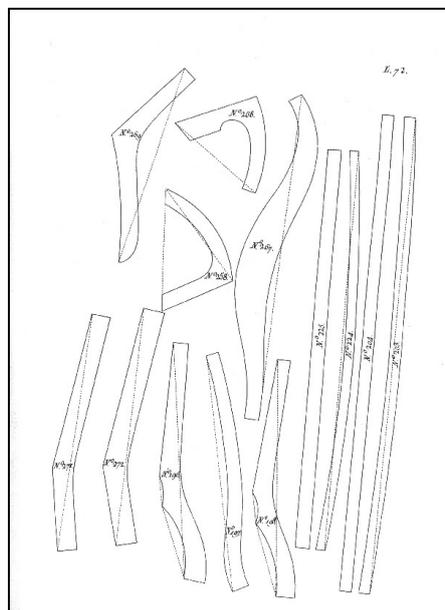


Figura 96. Lámina 72.

4.2. FASE 2: Construir una maqueta real, a escala, del bergantín de Romero Landa para poder observar la situación de las piezas que provienen de las láminas y observar a qué piezas une

Tras localizar las piezas se procede a trasladar los gráficos de las láminas a un soporte fácil de manipular como es el cartón pluma y después se comienza a cortar las piezas. Para conseguir el grosor que describe Romero Landa se cortan las piezas iguales necesarias y se unen a la pieza principal. De este modo se generan plantillas para futuras construcciones de barcos iguales tal y como se hizo durante siglos en los astilleros. Dichas plantillas se sobreponían encima de los trozos de madera cortados, se marcaban éstos y se cortaba la pieza que se quería. En este caso, las plantillas son las piezas que se utilizarán para la maqueta.



Figura 97. Marcado para plantillas



Figura 98. Corte de piezas

Se organizan las piezas por grupos en los que irán juntas:



Figura 99. Piezas de la popa organizadas



Figura 100. Piezas de cuadernas organizadas

Algunas piezas, como las cuadernas dobles, tienen más grosor, lo que obliga a encolar varias iguales.



Figura 101. Unión de varias piezas para formar cuadernas

Para montar la maqueta primero, como en el astillero, se coloca la quilla junto a las formaciones principales de proa y popa.

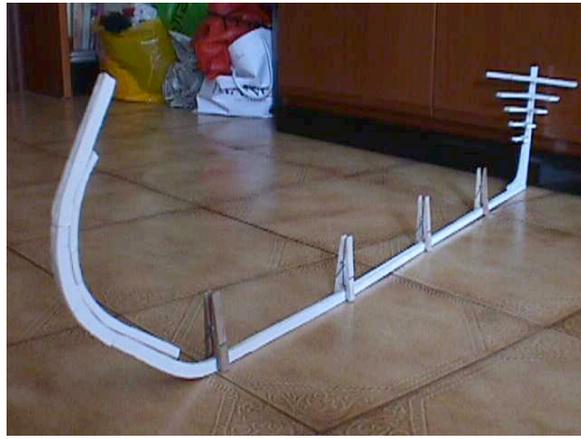


Figura 102. Formación de la estructura principal

Detalles de la proa y la popa.

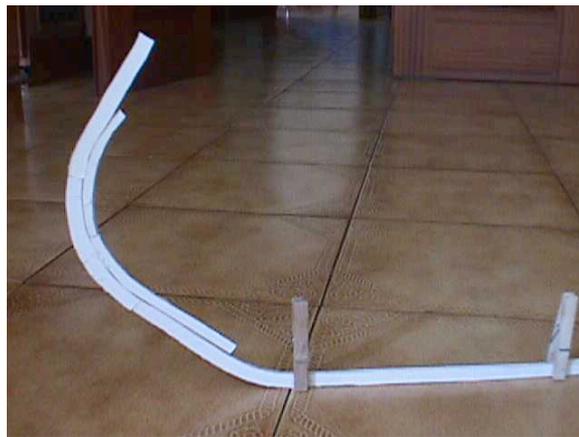


Figura 103. Detalle de la proa

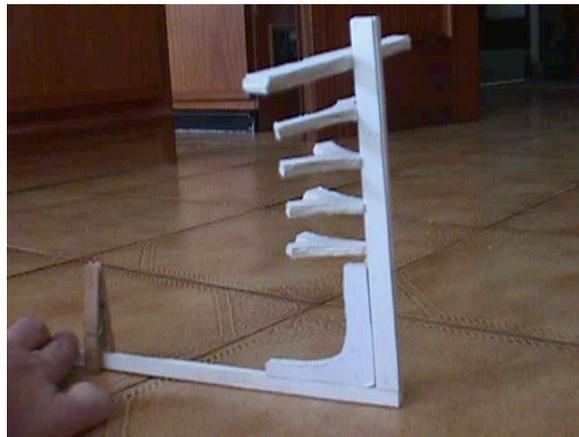


Figura 104. Detalle de la popa

Se añade la cuaderna maestra.



Figura 105. Cuaderna maestra

Y el resto de cuadernas de armar o dobles:



Figura 106. Cuadernas de armar

Se pueden ver que la sujeción de los elementos es "parecida" a la del astillero:



Figura 107. Sujeción de los elementos

La formación definitiva de la popa es de gran interés; se muestran algunas vistas de la misma:



Figura 108. Formación de la popa



Figura 109. Formación de la popa



Figura 110. Formación de la popa



Figura 111. Formación de la popa

Ya durante esta fase se puede comprobar que las piezas originales no encajan y se hace necesario recortarlas tal y como se verá en la Fase 5. En esta fase se puede comprobar la situación de las piezas, cuáles son las que van juntas y cuáles faltan.

4.3. FASE 3: Comparar las piezas del bergantín de Romero Landa con las piezas necesarias para construir el bergantín mercante de la S.O.G. con el objetivo de ver las que faltaran así como comparar las formas y dimensiones de las mismas

El interés de este apartado pasa por describir las diferencias entre los planos de Romero Landa (Armada) y el plano de la S.O.G. (Mercante). Se ha decidido estudiar esta comparación para poder crear el bergantín mercante partiendo del despiece de Romero Landa hasta llegar al mercante de la S.O.G. Ha sido necesario tener claras las diferencias entre dichas naves, ya que no sólo cambian las dimensiones de las piezas sino que hay muchas que no son necesarias.

Los buques de la Armada son majestuosos, representan a una nación, deben llevar allá por donde navegan la imagen del Estado al que representan y deben también ser una imagen de poderío ante sus adversarios. Este es uno de los motivos principales por los que dichas naves están repletas de adornos, sobre todo en la proa y en la popa. Las dimensiones estaban determinadas por los condicionamientos operativos de cada buque¹³¹ y las proporciones por el mantenimiento de unas buenas cualidades marineras. Además de poseer este aspecto, los buques de guerra llevan cañones, munición y grandes tripulaciones puesto que el coste del personal no es tenido en cuenta como en la Mercante, lo que hace que dichas naves necesiten de estructuras más sólidas y así se va a reflejar en las dimensiones de sus maderos. Por último, las naves de guerra necesitan maniobrar en duras condiciones, así como soportar abordajes y todo

¹³¹ DE JUAN GARCÍA AGUADO, J. M.: *Op. Cit.* p. 64.

tipo de impactos, lo cual redundará en la necesidad de mayor solidez a proa y a popa.

Es importante aclarar que los bergantines corsarios eran mercantes armados, no pertenecían a la Armada. Encontramos la gran mayoría de la información en planos procedentes de la Armada debido a varias razones. Al ser construidos en astilleros nacionales y con dinero del Estado la documentación era rigurosamente generada y guardada y así se ha mantenido durante muchos años en museos o archivos. Es cierto que la mayoría de esta información se refiere a barcos de gran porte y con unas dimensiones y estructura propias de los barcos de guerra, que eran diferentes, como es lógico, a los mercantes que estaban construidos para llevar carga. Los barcos mercantes eran construidos en pequeños astilleros propiedad de familias con dedicación a esas tareas durante generaciones. La clave de su éxito estaba en no transmitir los secretos de la construcción naval tal y como ellos la entendían, por lo que la posibilidad de encontrar datos de despieces es mínima. Existe una gran dispersión de la información sobre construcciones particulares entre archivos municipales, provinciales, regionales y nacionales¹³².

La mayoría de los datos militares están constituidos por planos y hay muy pocos despieces. Cabe recordar los despieces del Marqués de la Victoria y el de Garrote como los primeros que consideran la construcción naval como una empresa moderna, con una gran organización. Ya Gaztañeta aplicó esta filosofía en su etapa como responsable de astillero. Más tarde, en Suecia, Chapman publicó algunos planos; en Francia surgen datos con el "*Traité pratique*

¹³² ODRIOZOLA OYARBIDE, L.: *Historiografía sobre la construcción naval en el País Vasco. Revista de Estudios Marítimos del País Vasco. p. 217.*

d'architecture navale al usage du commerce" de Louis Sauvage, y en España se conoce la obra de Monjo i Pons sobre esta misma materia. Fue Romero Landa quien hizo un tratado sobre naves de guerra con despieces y dimensiones de las piezas tabuladas, incluidos los bergantines. Por este motivo se seleccionó el Reglamento de Romero Landa como guía de esta Tesis.

Los buques mercantes tienen como único objetivo el beneficio de sus armadores. Esto hace que su construcción se oriente hacia un casco que albergue el máximo de carga al mínimo coste y sus tripulaciones han de ser las suficientes para gobernar la nave y para las maniobras en puerto. Estas circunstancias hacen que estos barcos tengan unas estructuras ajustadas a una navegación segura y a una carga rentable. Los detalles que puedan verse a proa y a popa van a depender de la decisión del armador, de la imagen que quiera proyectar de su empresa.

Después del análisis de la maqueta se está en condiciones de ver las diferencias bajo 3 puntos de vista:

- Las dimensiones.
- Las piezas.
- Los detalles y formas.

En cuanto a las dimensiones, se muestra una tabla comparativa:

Dimensión	Bergantín <i>El Galgo</i>	Bergantín S.O.G.	Proporción
Eslora	100	76	0´76
Manga	27	20´4	0´76
Puntal	13	9´25	0´71

Tabla 2. Tabla comparativa bergantines

Se comprueba que se mantiene una proporción de un 75% o $\frac{3}{4}$ entre las dimensiones principales del bergantín de la S.O.G. y el de Romero Landa. Si lo se compara con El Cazador, el resultado es muy parecido.

En cuanto a las piezas, como se ha podido ver, se han añadido algunas desde el mismo Reglamento pero referentes a otro tipo de naves, se han añadido los puntales desde fuera del Reglamento pero contempladas por Romero Landa en otros documentos y he añadido, por criterio personal y basándonos en su existencia en bergantines mercantes de la época, los durmientes.

Las piezas con sus dimensiones justificadas:

Quilla

Pieza	Bergantín <i>El Galgo</i>	Bergantín S.O.G.	Proporción
Quilla (Peralto)	14	8´64	0´62
Quilla (Br-Er)	9	8´64	0´96

Tabla 3. Proporción de las piezas

La diferencia, a primera vista, es clara: el bergantín de la S.O.G. es $\frac{3}{4}$ del bergantín de Romero Landa, éste es de la Armada y aquél es mercante. Según Romero Landa, para un bergantín el ancho de la quilla es de 9 pulgadas y el alto es de 14. En el plano de *El Gargo* se puede comprobar que dichas dimensiones coinciden más con los datos de *El Cazador* procedentes del Archivo de Simancas (ya vistos) que con las dimensiones que podemos ver en el Reglamento. Se ha preferido tomar como referencia los datos de dimensiones del Archivo de Simancas que los del Reglamento, ya que se entiende que estos últimos son muy generales comparándolos con los del Archivo de Simancas, que se refieren a una embarcación concreta.

Si se miden las dimensiones del espesor de la quilla del bergantín de la S.O.G., se puede ver que son 8´64 x 8´64 pies, ó 24 x 24 cm. Es necesario recordar que todas las dimensiones del modelo virtual han sido convertidas a metros. Se hace con 4 piezas de 5´30 metros.

Roda o branque

Romero Landa respeta la misma dimensión que en la quilla. Se entiende que quiere mantener la fortaleza de la estructura principal de la nave alargando este grosor. El autor contempla 2 piezas.

En el bergantín de la S.O.G. la roda sube hasta el bauprés, algo mas allá de la cubierta y es, aproximadamente, de 4 metros, por lo que se puede hacer con una sola pieza. Se efectúan las medidas en el mismo plano de la S.O.G., ya que lo permite sin ninguna dificultad, y así se puede obtener una roda más "real".

Contrarroda

Romero Landa establece 2 partes para esta pieza y en su 2ª es de menor grosor.

Tajamar

Su forma viene bien trazada en el plano de la S.O.G.

Serviolas

Romero Landa los describe perfectamente y se pueden ver tanto en el despiece como en los planos.

En el plano de la S.O.G. no se ven muy bien, pero se decidió basarse en Romero Landa para definirlos y reforzarlos con las curvas de serviola. Salen a la

altura del bauprés y su distancia en horizontal, a la quilla, es de 3'85 m. Se considera que tienen el mismo ancho que la cuaderna donde encajan.

Codaste

Según el plano de la S.O.G. sobrepasa la cubierta en altura y su grosor es el mismo que la quilla, pero va decreciendo en altura, tal como dibuja y describe Romero Landa.

Se diferencian en el grosor, como ocurre en todas las piezas.

Yugos

Romero Landa muestra 5 yugos mientras que en el bergantín de la S.O.G. podemos ver 4.

La altura de las piezas puede ser medida en el plano de la S.O.G., pero la manga se ajustará a las formas del casco en esa zona de la popa.

Aletas

Romero Landa establece una a cada banda uniendo y fortaleciendo a los yugos. Han de seguir su curvatura y el grosor lo marca el de las cuadernas de armar. Lo mismo ocurre en el bergantín de la S.O.G.

Curva del codaste

Se ajusta a la forma del codaste y la quilla. Ha de llegar, en altura, hasta el primer yugo y en dimensión longitudinal debe llegar hasta la 2ª cuaderna doble, empezando desde la popa. Como sigue al codaste, también su ancho va variando en altura.

Se entiende que ocurre lo mismo con el bergantín de la S.O.G. pero respetando el grosor de las piezas a las que une (de mercante).

Cuadernas

Romero Landa nos muestra tanto su despiece de la maestra como una caja de cuadernas en los planos de *El Gargo* o *El Cazador*. Son formas que pertenecen a cada nave. En lo referente a cuadernas, afortunadamente se puede basar tanto sus formas como sus dimensiones en las cajas de cuadernas que se muestran en los planos.

En el plano de la S.O.G. hay datos suficientes para trazar la cuaderna maestra sin problemas, a falta de la dimensión del grosor. Dicha dimensión, que será calculada para cuadernas de armar, se podrá extrapolar a las cuadernas de relleno.

En *El Cazador*, Romero Landa da 9 pulgadas de grosor a las de armar o dobles y 7 pulgadas de grosor a las de relleno o simples. Asimismo da como peralto o ancho a la grúa 9 pulgadas. Esta dimensión va decreciendo en la altura y llega a 6 pulgadas a la altura de la cubierta.

Para el bergantín de la S.O.G. se rebajan estas dimensiones un 25%, de modo que se mantienen las proporciones anteriores.

Gambotas

Su forma se ve clara en el plano, ya que definen la forma final de la popa, tanto en los planos de Romero Landa como en el de la S.O.G. Se apoyan en el yugo principal.

Se trazan de acuerdo con el plano de la S.O.G.

Sobrequilla

En paralelo a la quilla reúne a todas las cuadernas desde encima de ellas. Ya que existen tanto quilla como cuadernas se define de acuerdo a éstas. En el caso del bergantín de la S.O.G. se reduce el grosor a la mitad del de la quilla en referencia a las láminas de Boudriot, a las que se recurre a falta de otra referencia.

Baos, Curvas Valonas y Curvas Alto-Abajo

Se sitúan baos por cada cuaderna de armar con sus refuerzos: curvas valonas y curvas alto-abajo. El grosor de los baos es un 75% del de la quilla (Boudriot) y así se respetará. La forma de las curvas que los refuerzan viene dada por las piezas que unen, por lo que se ajusta a cada barco.

En cuanto a los detalles y formas, se pueden observar con los planos que se han citado en los apartados anteriores. Las zonas más importantes son las de proa y popa y así se compararán.

4.4. FASE 4: Comparar los detalles constructivos que se muestran en los planos de Romero Landa y el plano de la S.O.G. en las zonas de proa y popa para ajustar el montaje a dichos detalles

Zona de proa

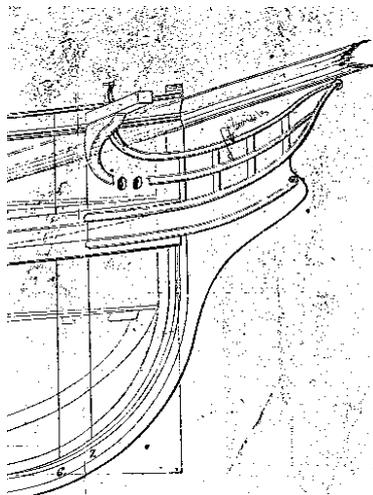


Figura 112. Proa de "El Galgo" Museo Naval. Madrid

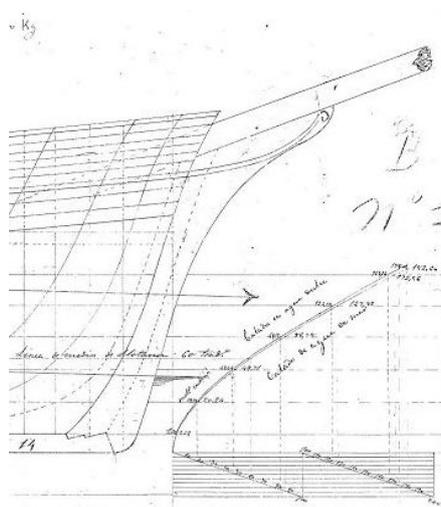


Figura 113. Proa del plano de la S.O.G.

Fundación Oceanográfica de Guipúzcoa – Aquarium de Donostia-San Sebastián

Se puede comprobar de manera visual la gran diferencia existente entre ambas proas, probablemente por la diferencia en épocas (S XVIII y S XIX). La figura, que pertenece a *El Galgo*, está llena de detalles que parecen no ser imprescindibles en el mercante de la figura siguiente. Hay que recordar que los carpinteros de ribera guardaban escrupulosamente multitud de secretos de

construcción y quizás no necesitaran llegar a tanto detalle para proceder a la construcción del bergantín; de hecho y como ya sabemos, la mayoría de las veces se construía sin plano, se firmaba un contrato en el que estuvieran claras las dimensiones principales de la nave y así se cumplía. Los detalles se dejaban a elección del armador y a su bolsillo. Es probable que en los planos de la Armada fuera necesario especificar con más claridad cómo debía estar acabado el barco en todos los aspectos, incluido el de los detalles, tan importante como el resto dado que la imagen de la Armada estaba en juego.

Estas circunstancias hacen que no se pueda evaluar objetivamente las razones por las que en la marina mercante haya pocos planos en comparación con la marina de guerra y que sea objetivo la comparación de los planos de los que se dispone. Se comprende perfectamente que los carpinteros de ribera transmitiesen de generación en generación su conocimiento y no dejaran constancia de su conocimiento por escrito, ya que así creían proteger su empresa.

Realmente en el plano de detalles de la proa del bergantín mercante existen los detalles suficientes para la construcción del mismo y quizás los que sí son importantes, que pueden ser vistos en el plano de Romero Landa, son los serviolas, ya que eran necesarios para portar las anclas y hacer las maniobras.

Zona de popa

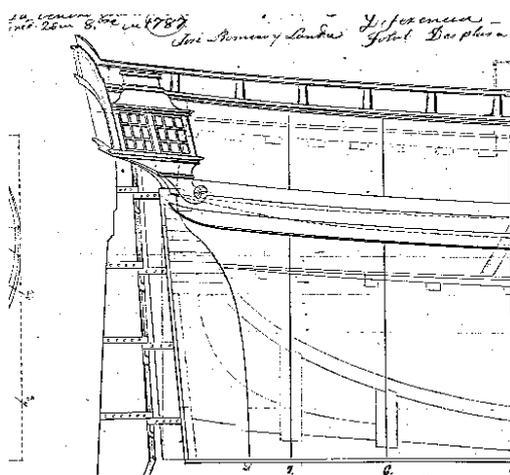


Figura 114. Popa de Romero Landa Museo Naval. Madrid

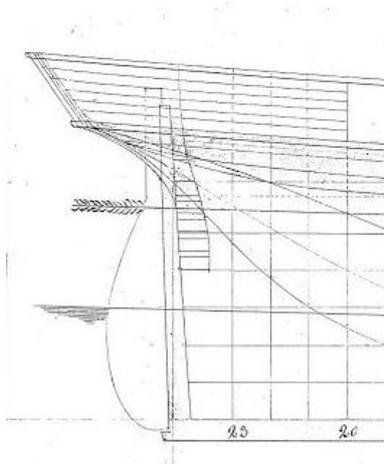


Figura 115. Popa del plano de la S.O.G.

Fundación Oceanográfica de Guipúzcoa – Aquarium de Donostia-San Sebastián

En la popa hay una diferencia clara. La popa del buque de guerra contiene algunas cubiertas para acomodación de la tripulación, mientras que la del mercante no parece tener esta característica. Por lo demás, se ven definidos en ambas detalles importantes como codaste, yugos, pala del timón... Se ve en el de la Armada que marca tanto la sobrequilla como la curva coral, lo que es importante para la construcción del mismo. El detalle del espejo de popa con las cristaleras es también necesario para saber cómo irá acabada esta zona.

4.5. FASE 5: Construir, mediante programas informáticos, el bergantín mercante basado en el plano de la S.O.G. Adecuación de las piezas y el Plano de Formas del Reglamento de Romero Landa al plano de la S.O.G. y construcción del bergantín desde la quilla

Las diferentes piezas que forman la nave tienen su origen en 2 fuentes: el Reglamento de Romero Landa y el propio autor. En cuanto al primero, se puede decir que están la gran mayoría de las piezas que son necesarias para la construcción del bergantín, pero faltan algunas que son aportación del propio autor al trabajo en este sentido. No hay que olvidar que el bergantín que se va a construir está basado en un plano procedente de la S.O.G. y que se va a hacer del modo explicado por Romero Landa, pero adaptado a dicho plano de formas. En resumen, el proceso ha consistido en completar las piezas inexistentes en el Reglamento con piezas sacadas de diversas fuentes que proceden de autores como el Marqués de la Victoria, Monjo i Pons, Bouguer, Duhamel du Monceau, Louis Sauvage y otros, para construir el bergantín del plano elegido y así poder estudiar su arquitectura. La arboladura del bergantín no es objeto de estudio en esta Tesis.

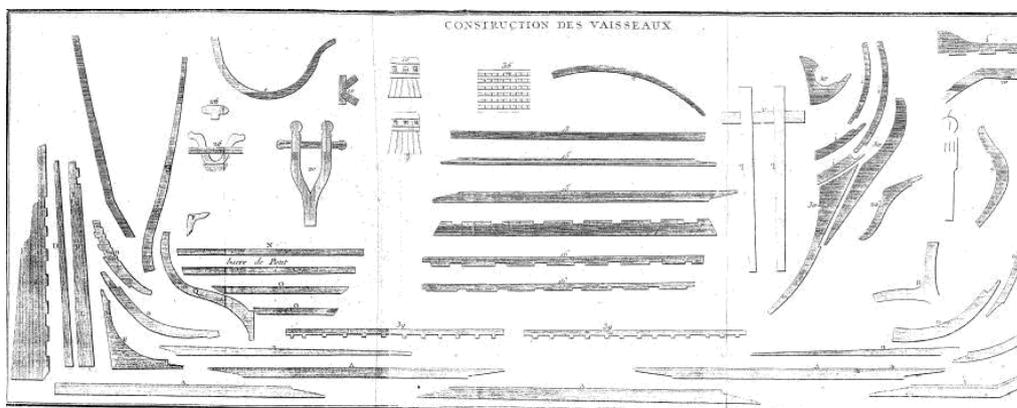


Figura 116. Despiece de Duhamel de Monceau

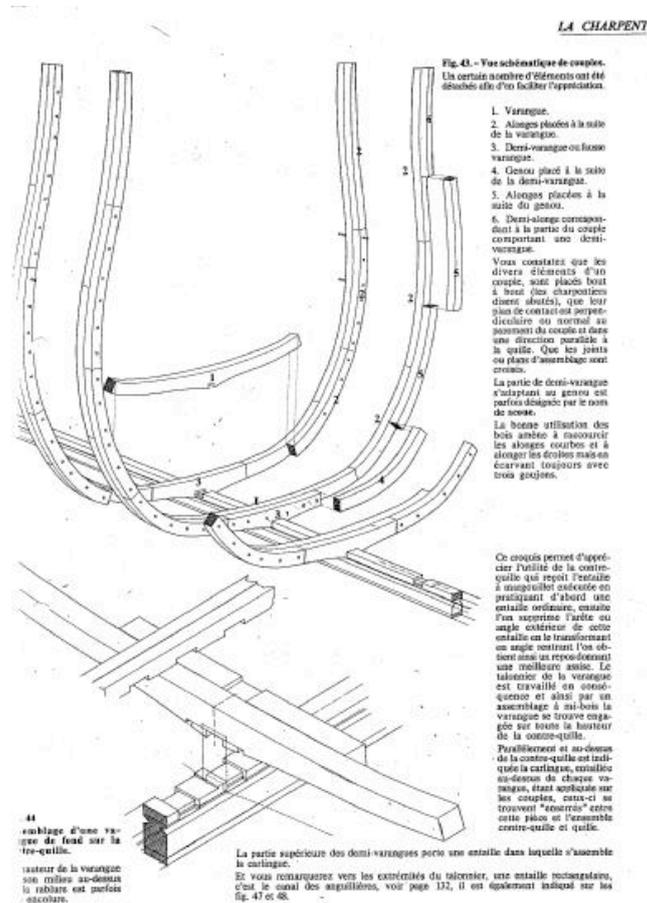


Figura 117. Detalles constructivos de Boudriot

El Reglamento de Romero Landa es muy útil y da una idea de las dimensiones y la forma de las piezas utilizadas en la construcción de la nave. Las piezas más importantes que componen la estructura de la misma están bien definidas. Existen una serie de dibujos que son de gran utilidad para hacer las plantillas que, más adelante, servirán para cortar las maderas y tratarlas de tal manera que su forma final sea lo más parecida posible a la que se puede ver en el Reglamento. Estas piezas están a escala y dan al constructor una idea del número de ellas que necesita para poder llevar a cabo su tarea de un modo correcto. No es un manual de carpintero de ribera, sino una guía de número y dimensiones de las piezas más importantes y necesarias para la construcción de diferentes navíos, incluido el bergantín.

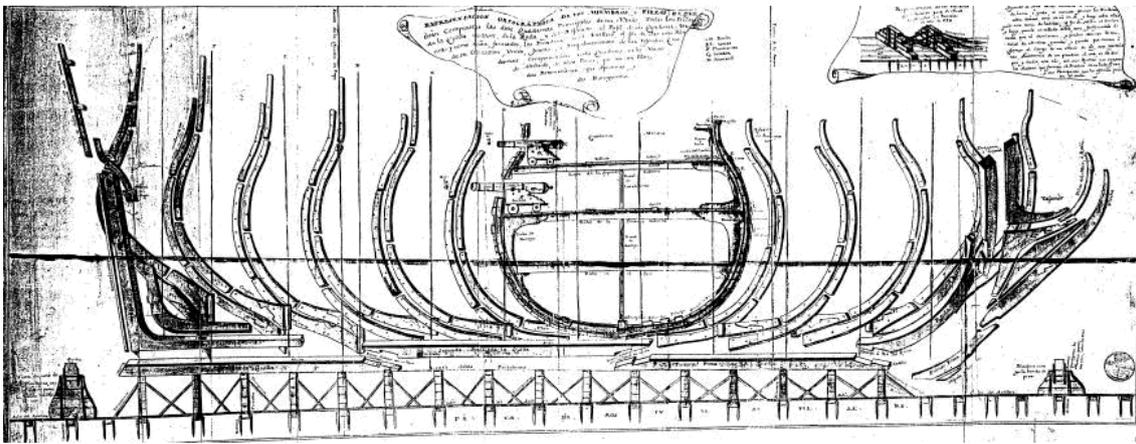


Figura 118. Detalles del Marqués de la Victoria.

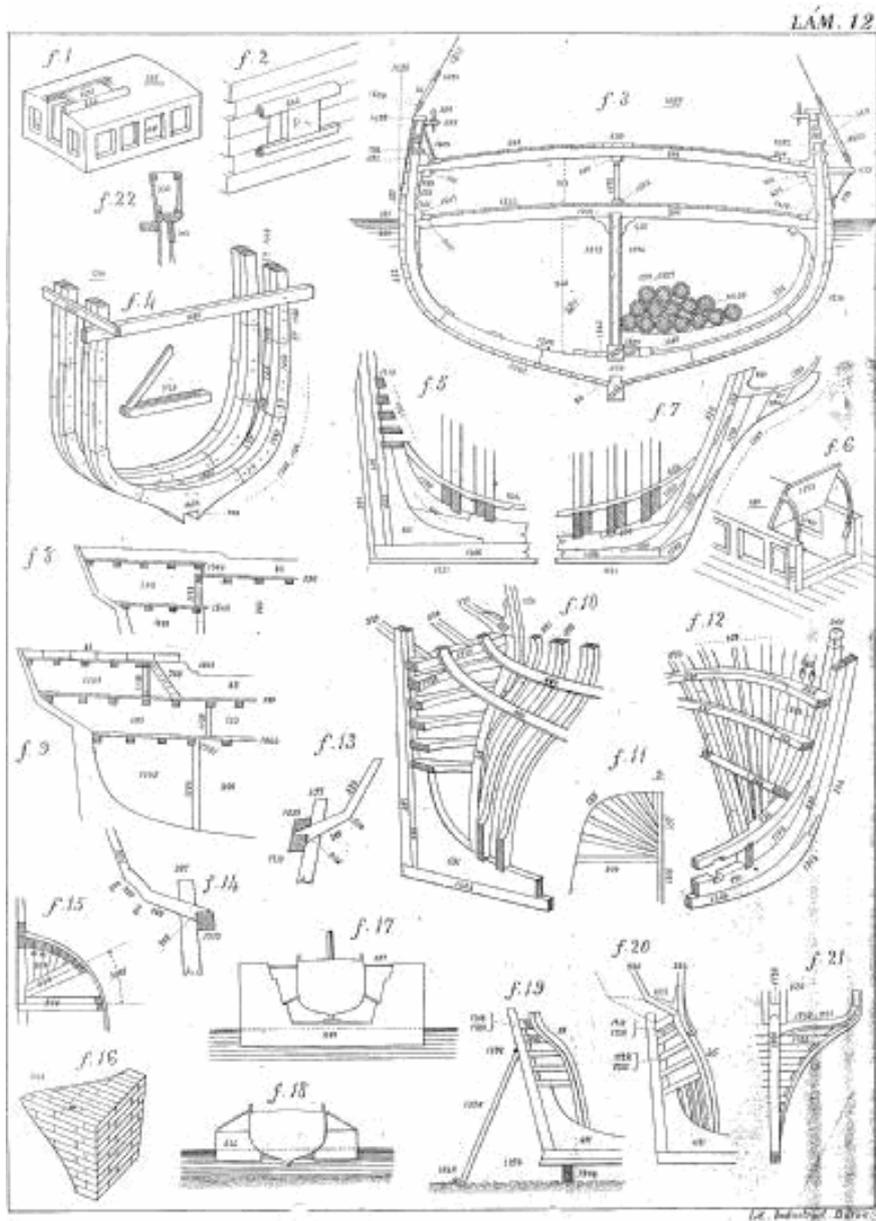


Figura 119. Detalles de Monjo i Pons.

Del estudio y análisis del Reglamento se ha deducido que éste posee una parte negativa con varios detalles que han de tenerse en cuenta. Este tratado es para barcos de la Armada, por lo que se debe tener sumo cuidado a la hora de trasladar esa información a buques mercantes. Esto se debe a que existen numerosas diferencias en la construcción de unos y de otros, sobre todo en lo referente a refuerzos que tienen como objetivo soportar abordajes y maniobras complicadas, así como artillería en las diferentes cubiertas. Por otro lado faltan piezas (serán diferenciadas más adelante en su sección correspondiente al estudiarlas por separado) que estructuralmente no tienen tanta importancia como las descritas, pero que son necesarias para terminar el barco. Por último, el tratado no tiene ningún apartado donde se hable de las diferentes y variadas modificaciones necesarias para el tratamiento de las piezas con el objeto de que encajen entre ellas, lo cual es de gran importancia ya que las piezas por sí solas no son útiles, y se ha creído que es de gran interés saber cómo van unidas para dar un mejor resultado en cuanto a la rigidez estructural de la nave. Romero Landa confía este punto, al parecer, al saber individual de los constructores.

La arquitectura naval de los buques mercantes siempre ha ido a remolque de lo que ocurría en la Armada, dado que los mejores ingenieros de la Marina estaban contratados por el Estado y trabajaban en astilleros públicos. La construcción de barcos mercantes se ha realizado desde astilleros privados en los que los carpinteros de ribera eran los que aplicaban sus conocimientos (transmitidos, en la mayoría de los casos, de padres a hijos), pero observando siempre las mejoras que se efectuaban en los barcos de la Armada, así como en otros barcos que "caían" en sus manos.

A continuación se procederá a explicar cómo se trata una pieza que procede del Reglamento de Romero Landa y su elaboración hasta llegar a la pieza final. Se ha creído conveniente elegir una pieza significativa en la que se vea la serie de modificaciones necesarias para su conversión a pieza final de un modo claro y que sirva de referencia para el resto de las piezas. Se ha seleccionado esta pieza ya que incluye las modificaciones efectuadas en el resto de las piezas y pueden así ser observados los diversos tratamientos efectuados hasta llegar a la pieza final.

El proceso seguido está basado en los siguientes pasos:

5.1. Localización en el Reglamento de Romero Landa (ya efectuada)

5.2. Digitalización.

5.3. Dimensionamiento.

5.4. Extrusión.

5.5. Carpintería de ribera.

5.6. Adecuación al plano de formas de la S.O.G..

4.5.1. Localización en el Reglamento de Romero Landa

La pieza seleccionada es la número 10 del Reglamento de Romero Landa en *Sección fragatas menores, paquebotes y sus semejantes*.

Este primer paso hace referencia a la comprobación de la existencia de dicha pieza en el Reglamento y a la recogida de las dimensiones de la misma. Por ejemplo: en el caso de la quilla el Reglamento hace referencia a la pieza, pero no se incluye un dibujo como en el resto de las piezas. Se cree que el motivo es que las dimensiones de la misma no hacen necesario incluir un dibujo, ya que

tal y como dice: "[...] 4 Piezas para Quillas de 25 a 28 pies de largo, 13 pulgadas de grueso a la línea, y 15 de ancho a la grúa en línea recta, y a esquina viva [...]". Es decir, son dimensiones rectangulares, sin vueltas. Estas piezas se dibujan en el programa CAD de acuerdo con las dimensiones de la eslora en el plano de la S.O.G.; así, se han dibujado 4 piezas de quilla tal y como dice Romero Landa, pero se han modificado sus dimensiones para obtener la quilla total del plano de la S.O.G.

En el caso de la pieza seleccionada, la número 10, ésta sí está en el Reglamento y se puede ver su dibujo trazado por Romero Landa en la lámina 66.

4.5.2. Digitalización

La pieza número 10 del Reglamento es un yugo.

El proceso de digitalización es el siguiente: primero se "escanea" la lámina completa con un escáner de sobremesa en una calidad media. Existen 7 láminas en el Reglamento, que van desde la número 66 hasta la 72, referentes a bergantines.

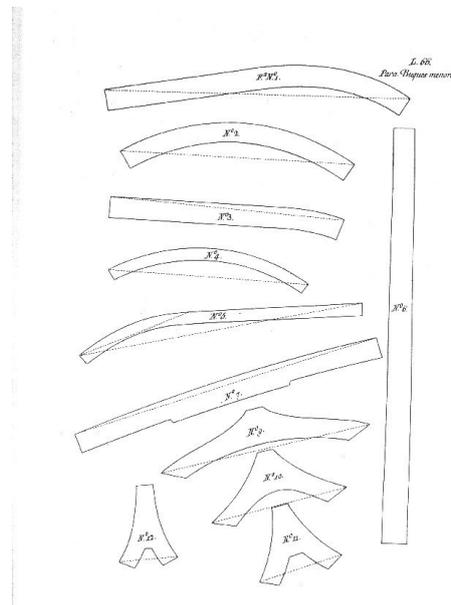


Figura 120 Lámina 66 de Romero Landa

Más tarde se separan las piezas en diferentes archivos con su nombre identificativo.

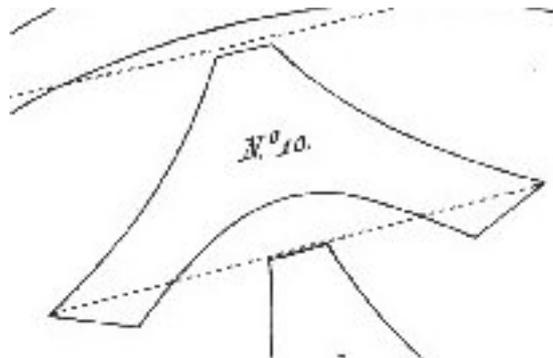


Figura 121. Pieza número 10 de Romero Landa.

Después se ponen como imagen de fondo en el programa CAD y se "calcan", de modo que se obtienen archivos CAD de las piezas.

En un principio se pensó en "rasterizar"¹³³ las piezas, pero los resultados no fueron los esperados.

¹³³ Rasterizar: proceso que efectúa un programa informático para obtener piezas en CAD desde imágenes o planos.

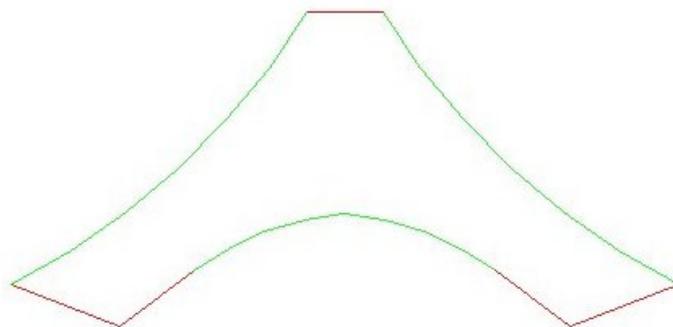


Figura 122. Pieza 10 rasterizada.

4.5.3. Dimensionamiento

Una vez obtenidas las piezas en CAD se dimensionan de acuerdo a su escala real, ya que el "escaneo" de las mismas, dependiendo del nivel de calidad elegido, modifica sus dimensiones a escala. Existe una propiedad en el programa CAD que permite aumentar o reducir a escala una pieza siempre que se introduzca una relación de la misma, es decir, se puede cambiar el tamaño de una pieza a escala si conocemos cualquier dimensión de la misma que obligue al resto de las dimensiones a ajustarse a ella. Así se consigue la pieza real. Dado que se conocen varias dimensiones de las piezas, se puede hacer este paso sin problemas.

Por último, si la pieza tiene radios éstos se hacen conocidos, ya que Romero Landa dibujó las piezas a mano y los radios no son iguales y es importante a la hora de acotar piezas tener medidas conocidas. Ocurre lo mismo con las piezas que son simétricas, como es este caso, ya que es casi imposible dibujarlas iguales correctamente a "mano alzada", por lo que se obliga en el CAD para que lo sean.

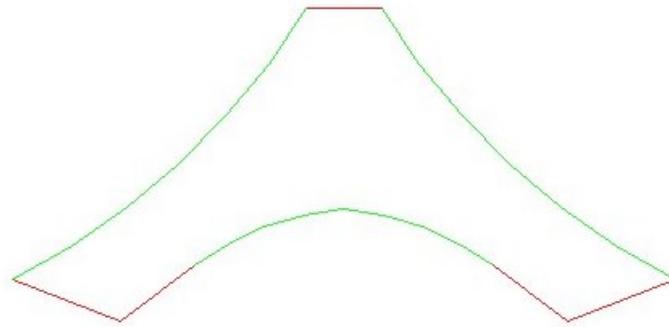


Figura 123. Pieza 10 geométrica

4.5.4. Extrusión

Hasta ahora se ha obtenido una pieza en 2 dimensiones (2D), pero es conocido por todos que así no son las piezas reales, por lo que hay que darle la tercera dimensión o grueso (3D). El programa CAD permite este proceso y conociendo el ancho al que se quiere se puede extruir¹³⁴ cualquier pieza.

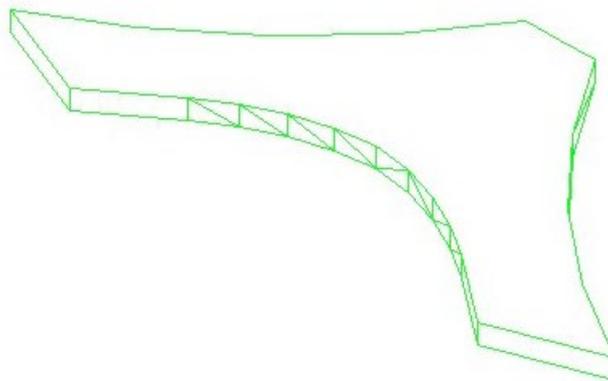


Figura 124. Pieza 10 en 3D

4.5.5. Carpintería de ribera

Por último, es necesario adaptar las piezas por 2 motivos principales: las formas del casco del bergantín del plano de la S.O.G. y los ensamblajes necesarios para su unión con el resto de las piezas. Las piezas del reglamento

¹³⁴ *Extruir: acción que consiste en añadir la tercera dimensión a un área cerrada que está trazada en 2 dimensiones, de modo que se obtiene un sólido en 3 dimensiones*

de Romero Landa sirven de referencia para conocer su forma y existencia, pero se hace necesario efectuar una serie de adaptaciones finales con el objetivo de que las piezas ensamblen con el resto, así como que la conservación de la forma del barco según los planos sea la correcta. Se puede pensar que el Reglamento de Romero Landa es como una guía teórica y que para llevarla a la realidad hay que ajustarse a las necesidades particulares.

Los datos son sacados de diferentes fuentes bibliográficas ya nombradas en la Tesis, ya que se hace necesario aplicar de forma correcta los ensambles conocidos en la época de construcción del bergantín. Por otra parte, el tratamiento de las piezas, como ya se ha dicho, se ha sacado de fuentes bibliográficas (véase el Índice bibliográfico) sobre manuales de carpintería de ribera, así como de láminas ejemplo existentes en estos manuales y otros tratados de construcción naval.

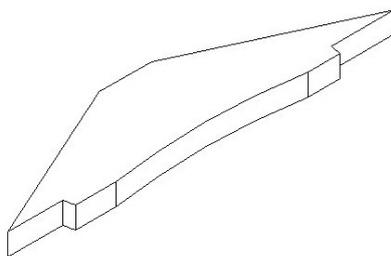


Figura 125. Pieza 10 real

Podemos ver las razones de la modificación de la carpintería en el siguiente gráfico:

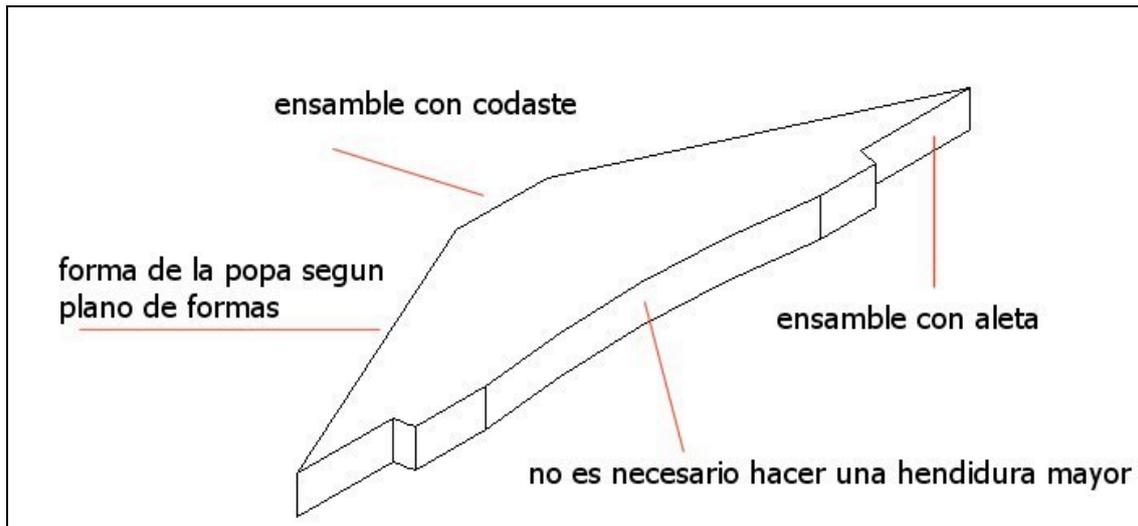


Figura 126. Pieza 10 con aclaraciones

4.5.6. Adecuación al plano de formas de la S.O.G.

Este proceso va implícito en el resto de los procesos que se han descrito anteriormente, ya que la pieza final ha de poder adaptarse perfectamente a las formas del plano de la S.O.G. y para ello es necesario que venga “preparada”. Hay que tener en cuenta que el barco de la S.O.G. tiene 76 pies, en comparación con el de Romero Landa, que tiene 100 pies, lo que implica que es necesario efectuar una serie de ajustes en las piezas, en cuanto a su grosor, en 2 direcciones:

- Los barcos mercantes tienen menor grosor en las cuadernas, ya que no son construidos para soportar colisiones debidas a abordajes, peso de cañones y munición, etc.

- El barco de la S.O.G. es menor en dimensiones, por lo que se hace necesario efectuar un segundo ajuste. Éste tendrá lugar únicamente en el grosor de las piezas, ya que las otras medidas pueden tomarse del plano de la

S.O.G. y se ha podido contrastar la disminución de dichas medidas de acuerdo con el tamaño.

Se puede observar cómo la pieza 10 es sacada del Reglamento y es tratada con algunas correcciones para que se obtenga una pieza geométrica. Después ha sido extruída (se le ha añadido la tercera dimensión), pero a partir de ese momento la carpintería virtual hace el resto: recorta o añade trozos a esa pieza para que su forma encaje en el plano de la S.O.G. Así se puede ver el cambio sufrido por la pieza número 10.

Para llevar a cabo la realización del bergantín, principalmente basado en el plano de la S.O.G., ha sido necesario fijarse con mucha atención en la parte correspondiente al plano de formas. Se mostrará a continuación cómo es el barco en cuanto a sus formas y a los trazados de las curvas de las cuadernas dobles o de armar. En el siguiente gráfico se ve la sección llamada *Plano de formas del bergantín de la S.O.G.*

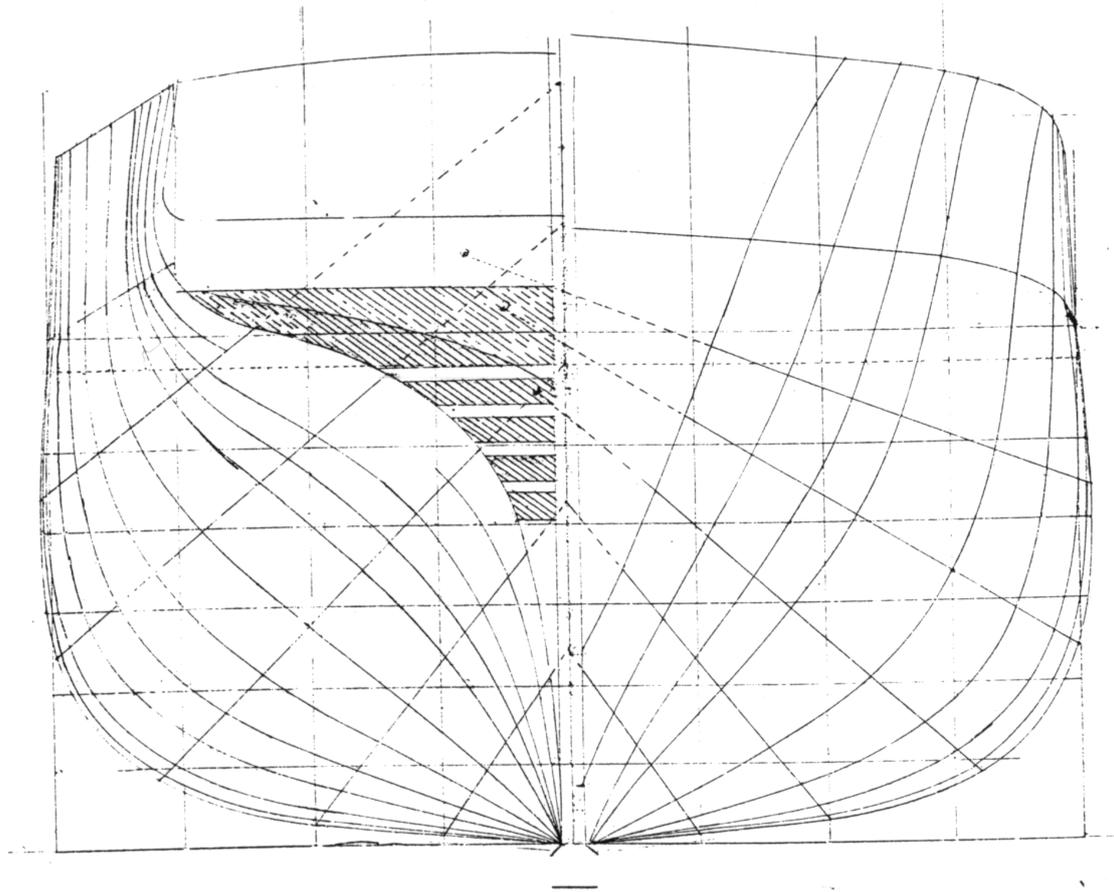


Figura 127. Plano de formas del bergantín de la S.O.G.

La parte de la derecha corresponde a las cuadernas de proa y la de la izquierda a las cuadernas de popa. Éste es el punto de partida para construir el barco, así como cada una de las cuadernas que lo forman. Este es el punto de partida porque los barcos se construyen de acuerdo a las formas de las cuadernas y sólo en esta sección podemos tener tales formas. Existen 2 tipos de cuadernas: las cuadernas de armar (dobles, formadas por la unión varenga-genol) y las cuadernas de relleno (simples, formadas por varenga).

Estas cuadernas irán ensambladas en la quilla a distancias conocidas en la sección correspondiente al alzado de la nave, donde pueden verse las distancias entre las mismas. Se observarán, inicialmente, aquellos datos que se consideren como más destacados:

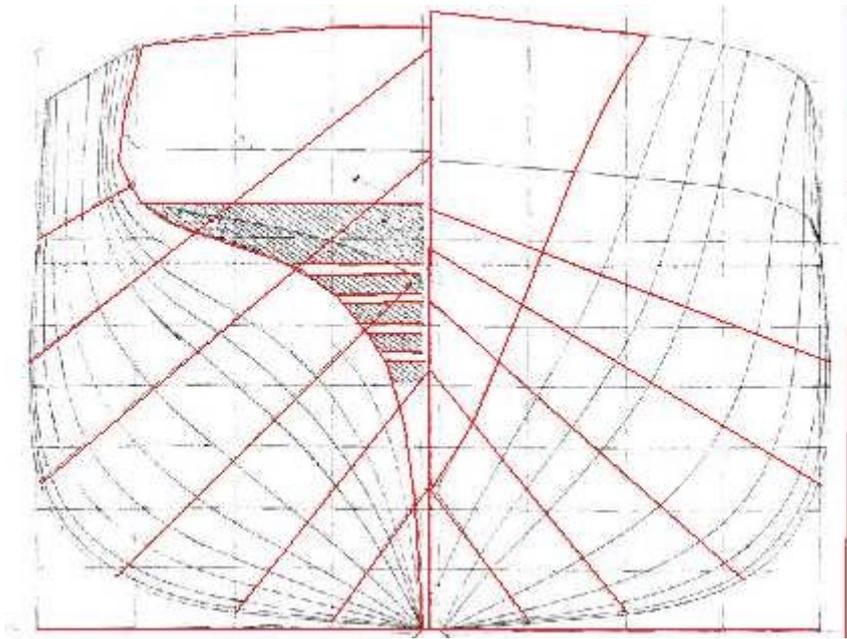


Figura 128. Sección marcada

Conceptos importantes del plano de formas

En primer lugar se pueden ver la forma tanto de la proa (derecha) como de la popa (izquierda), así como la posición de los yugos en la popa. Esto no es habitual en los planos de formas, pero en éste concretamente se ha tenido la suerte de que el autor los dibujara. No hay que olvidarse de que sólo se dibujan las mitades de ambas secciones; y no es necesario un gran esfuerzo para poder imaginarse cómo son completas.

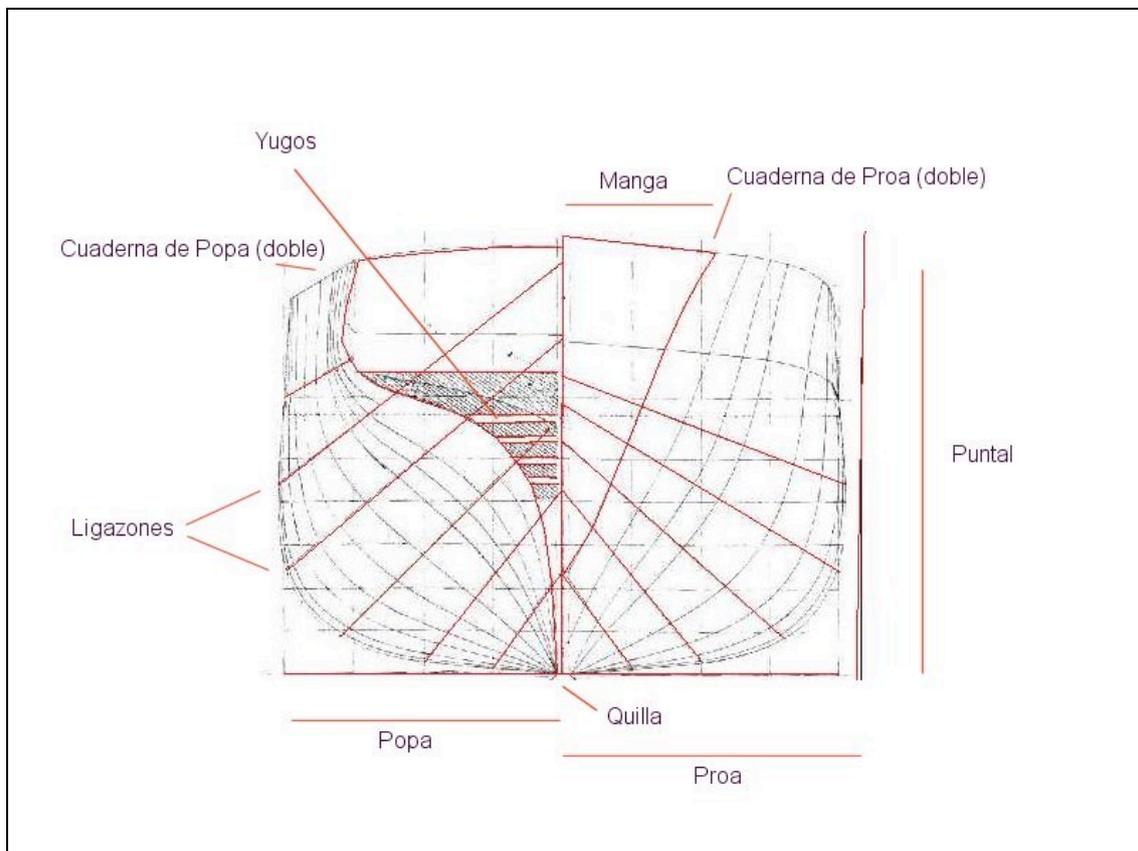


Figura 129. Localización de partes y piezas

Se pueden ver también el puntal y mangas máximos, así como las curvas de las diferentes cuadernas que forman la nave. Por último, entre lo importante, se puede distinguir cómo van distribuidos varengas y genoles, que conforman las cuadernas dobles, con sus diferentes partes o ligazones. Faltan las cuadernas simples (sólo varengas), que son de relleno, y su trazado ha de ser dibujado “mudando” las cuadernas que se sitúan a proa y a popa de las dobles.

Observemos el proceso seguido hasta llegar a obtener las cuadernas dobles.

Lo primero que se hace es “escanear” el plano del que se parte, en este caso el plano de la S.O.G. El escaneado se hace en escala de grises a 8 bits, ya que no es necesario emplear más calidad debido a que el plano no es en color, ni se necesita una alta resolución como en el caso de una fotografía. El resultado de esto es un archivo que tiene como resolución 236 píxeles/cm. y un tamaño de 3.160 píxeles de ancho por 2.728 píxeles de alto, con un tamaño de archivo de

347 Kb en formato JPG. Debido al gran tamaño del dibujo (la mayoría de los usuarios tienen una pantalla de 800 por 600 píxeles), éste se reduce, respetando la proporción, a un tamaño más cómodo para poder trabajar con la pantalla normal; quedará en 699 por 600 píxeles en la misma resolución, pero ahora con un archivo de 46 Kb en formato JPG, un 80% menor en tamaño.

Este archivo se sitúa como imagen enlazada de fondo en el programa CAD para poder así "rasterizar" las curvas del plano. Por el momento no se tienen en cuenta las escalas, ya que lo que interesa es tener un dibujo lo suficientemente grande como para poder seguir las curvas. Posteriormente se ajustará el trazado a escala. Se utiliza la opción "polilínea" para seguir el trazado de las curvas del plano enlazado. Esta operación se efectúa con todas las curvas.

El proceso seguido es el siguiente:

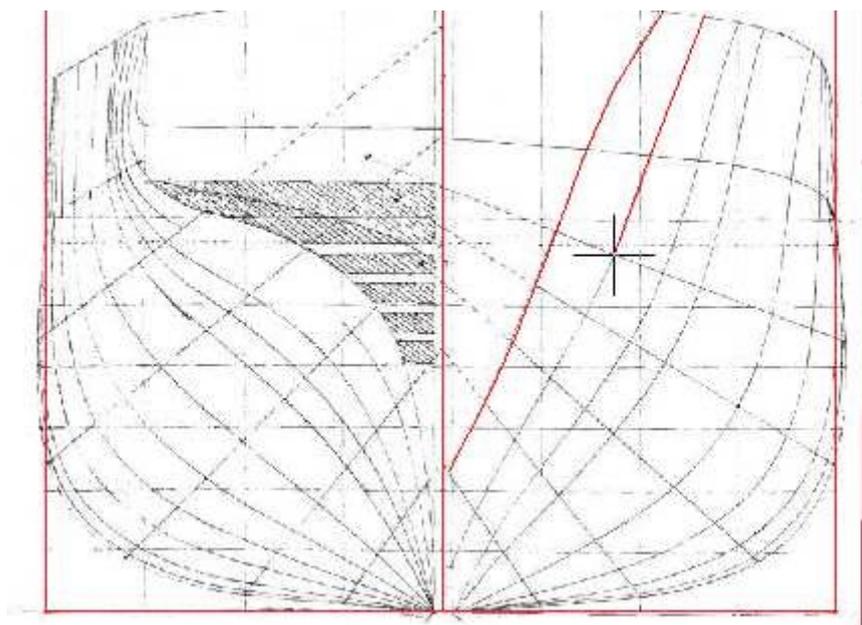


Figura 130. Rasterización de las curvas del plano con polilíneas

Las curvas del plano son "calcadas" con polilíneas. Al final del proceso queda la siguiente imagen:

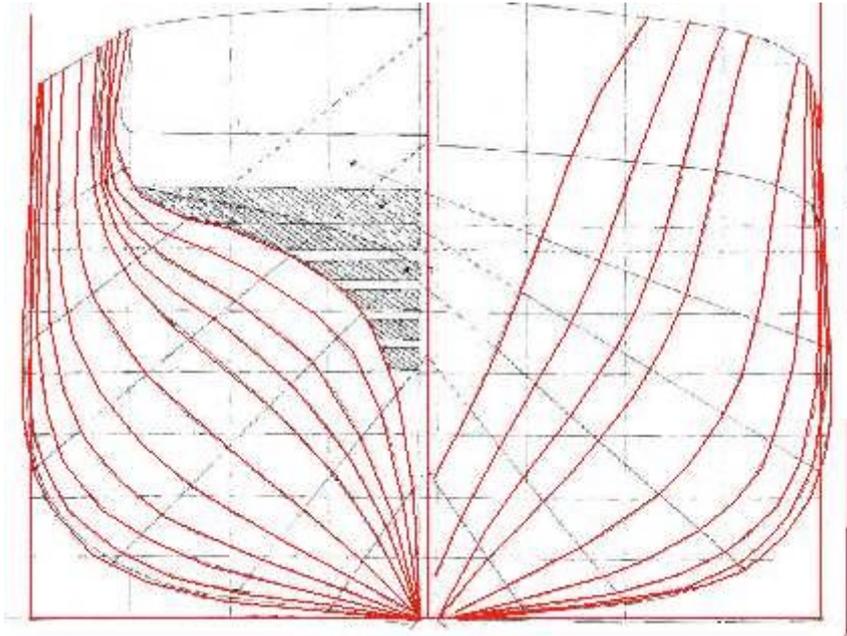


Figura 131. Proceso de rasterización completado

Finalmente se desenlaza la imagen y quedan solamente las curvas, como se puede ver en la imagen:

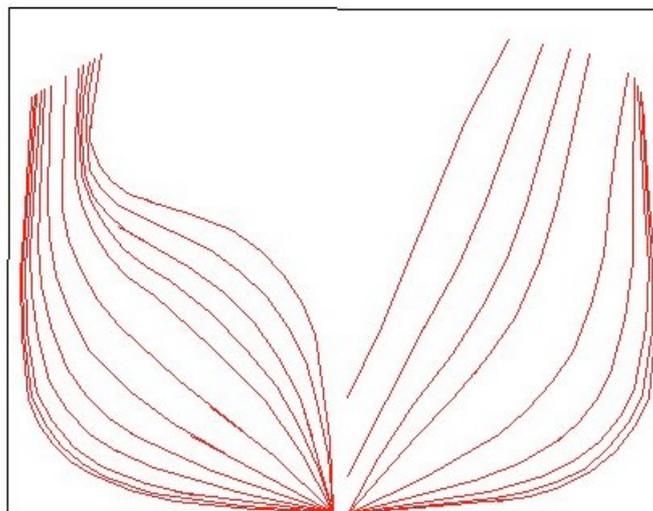


Figura 132. Líneas de las cuerdas sin la imagen guía del plano.

Por ultimo sólo queda ajustar el tamaño de estas líneas a la escala real de las mismas. El proceso es sencillo, ya que al ser proporcionales se puede elegir entre escalar por ancho o por alto. Se decidió hacerlo por ancho porque se ve

más claro en el plano la manga del barco; de ese modo se obtuvo el plano de formas a escala real.

Estas curvas son la parte exterior de las cuadernas, por lo cual se van añadiendo las otras dimensiones hacia el interior del barco. En un primer paso se hace una simetría con todas las cuadernas con el ancho conocido basado en el Reglamento de Romero Landa. El resultado es el siguiente:

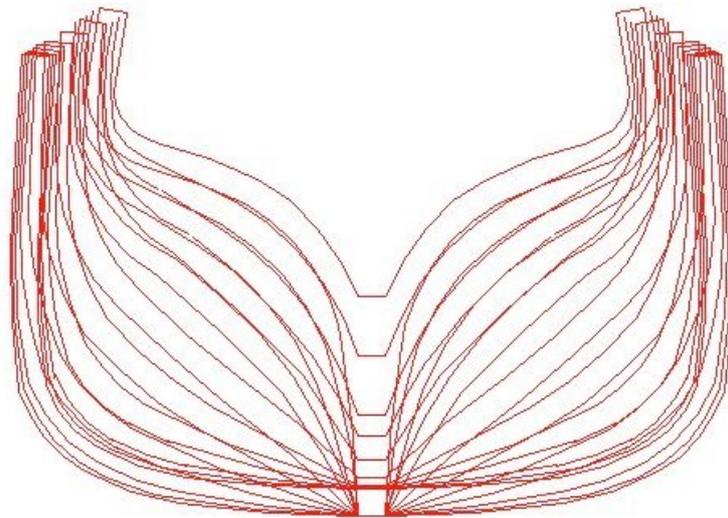


Figura 133. Cuadernas de la popa (genoles)

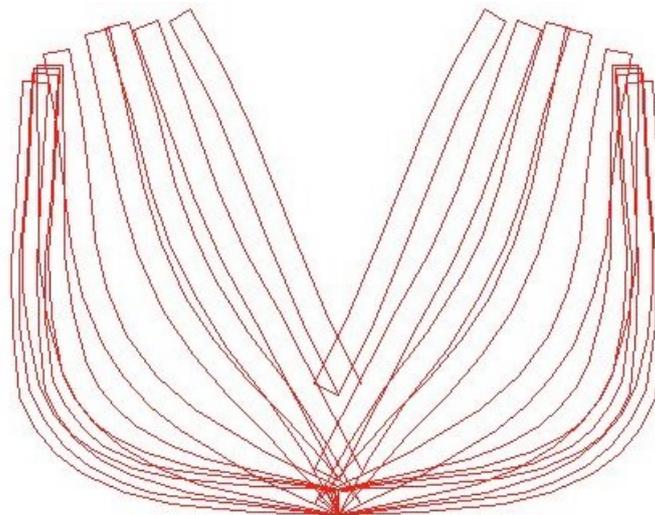


Figura 134. Cuadernas de la proa (genoles)

Como ya se ha señalado, estas cuadernas son de armar o dobles (de tipo varenga-genol) y van encoramentadas¹³⁵, de modo que hay que solapar 2 tipos: genoles y varengas. Para poder observar mejor cómo es el proceso se muestra un ejemplo de una de ellas, desde el principio hasta la obtención completa de la cuaderna final, con todos los elementos que la integran.

Proceso seguido para construir la cuaderna de proa número 9

Primero se "rasteriza" manualmente la imagen que ha sido "escaneada" del plano de la S.O.G., como ya se ha visto. El resultado es una curva a la que se le corrigen las dimensiones para aproximar al máximo el resultado a radios conocidos, puesto que dichas curvas están dibujadas a mano.

Una vez obtenida la curva se le añade una dimensión más, como se ha dicho antes, hacia el interior del barco y se efectúa entonces una simetría para obtener la otra parte; más tarde se le añade la tercera dimensión o grosor. Observemos en los siguientes gráficos la evolución de la pieza desde el inicio hasta la obtención de la pieza final en varias secuencias:

¹³⁵ Encoramentar: es la unión de algunas piezas de la nave que se distingue por ser un tipo de unión en la que las piezas van completamente pegadas la una con la otra y refuerzan esta unión una serie de accesorios metálicos que dan mayor robustez al conjunto.

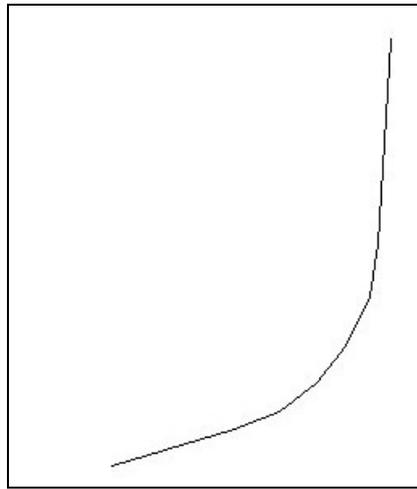


Figura 135. Cuaderna 9 de proa procedente del plano de formas corregido.

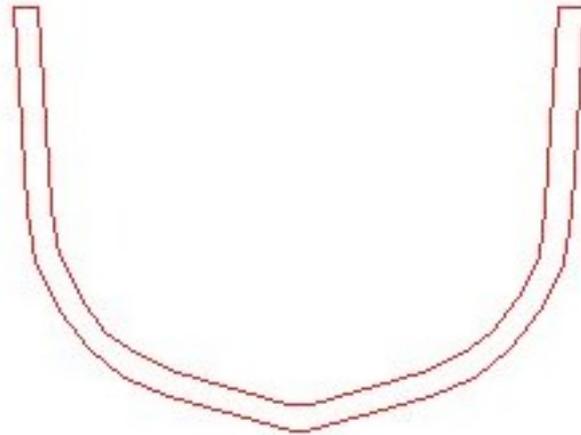


Figura 136. Cuaderna con la simetría (2D)

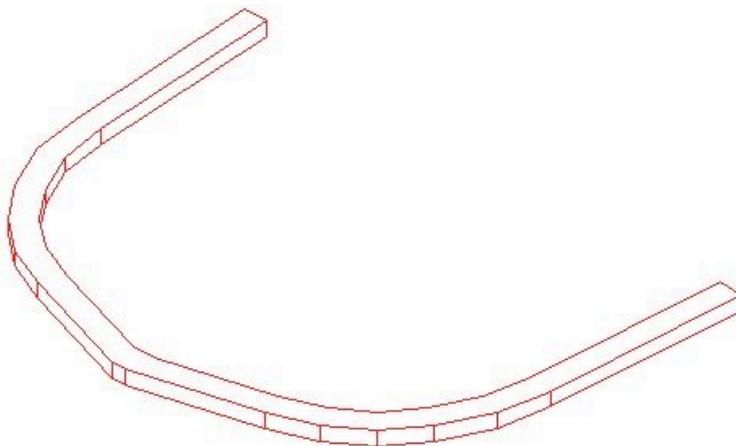


Figura 137. Cuaderna con el grosor añadido (3D)

Esta pieza obtenida no es la definitiva porque faltan aún varias operaciones por realizar:

- Definir cómo van los ensambles a la quilla (sólo en las varengas).
- Crear el genol a partir de la varenga, ya que es cuaderna doble.

En cuanto al ensamble, la cuaderna debería coincidir con la quilla, pero esto no es real ya que la quilla y la varenga tienen anchos diferentes debido a los ajustes necesarios para poder adaptar el forro de la nave de manera correcta; además, es conveniente hacer un escarpe para dar mayor fortaleza a la unión, como haría el carpintero de ribera, por lo que se alarga la cuaderna de modo que vaya a parar al alefriz¹³⁶ de la quilla en su parte superior. Así el forro del casco, que cubre las cuadernas, entra en el alefriz de la quilla y encaja de un modo más duradero. Este alefriz, en la parte de proa y popa, está situado en la parte superior de la quilla, ya que el forro entra en vertical, y en el resto del barco en el tercio superior de la misma, ya que entra el forro casi perpendicular.

¹³⁶ Alefriz: rebaje de la quilla en su parte superior para recibir al forro exterior de la nave.

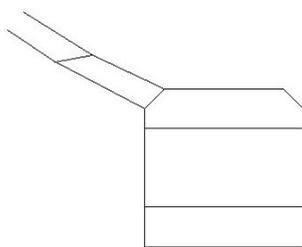


Figura 138. Unión del forro con la quilla en la parte media del bergantín

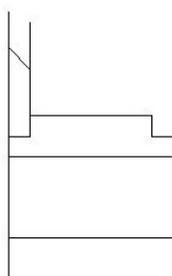


Figura 139. Unión del forro con la quilla en las zonas de proa y popa

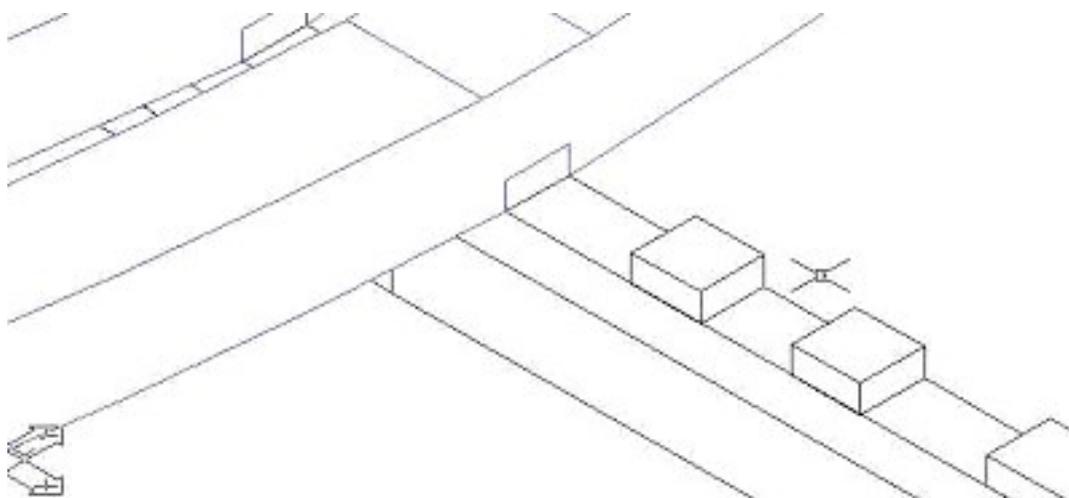


Figura 140. Ensamble de la quilla con la cuaderna en zona media

En este ensamble puede verse el escarpe efectuado en la cuaderna para que encaje de un modo más eficaz con la quilla, que a su vez está preparada para recibir a la cuaderna para dar más solidez a la unión. Por otra parte puede verse cómo el alefriz espera a la entrada del forro casi en perpendicular. En los huecos que quedan irá encajada la sobrequilla, que dará así una mayor solidez a los ensambles. Este tipo de ensamble se da en la zona media de la nave,

puesto que en las zonas de proa y popa el forro cae en vertical. Veamos una muestra de esto:

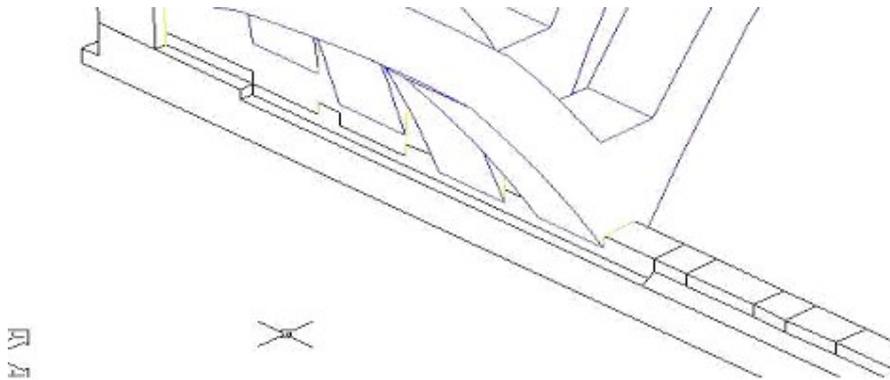


Figura 141. Ensamble de la quilla con cuaderna en zona de popa

Para la creación de los genoles se ha partido de la varenga porque deben ser idénticos en la forma (excepto que no llevan escarpe para unirse con la quilla). Los genoles no se ensamblan con la quilla, sino con las varengas. Son éstas las que se ensamblan con la quilla, tanto en las cuadernas dobles como en las simples. Las varengas siempre son las cuadernas que “miran” hacia la cuaderna maestra, es decir, la disposición de las cuadernas tipo varenga-genol se establece de modo que la varenga sea la que más cerca de la cuaderna maestra esté situada de ambas.

En resumen, tenemos:

a) Cuadernas dobles o de armar:

- Las varengas se dividen en: varenga, 1ª ligazón y 3ª ligazón, es decir, los impares.
- Los genoles se dividen en: genol, 2ª ligazón y 4ª ligazón, es decir, los pares.

b) Cuadernas simples o de relleno:

- Las varengas se dividen en: varenga, 1ª ligazón y 3ª ligazón.

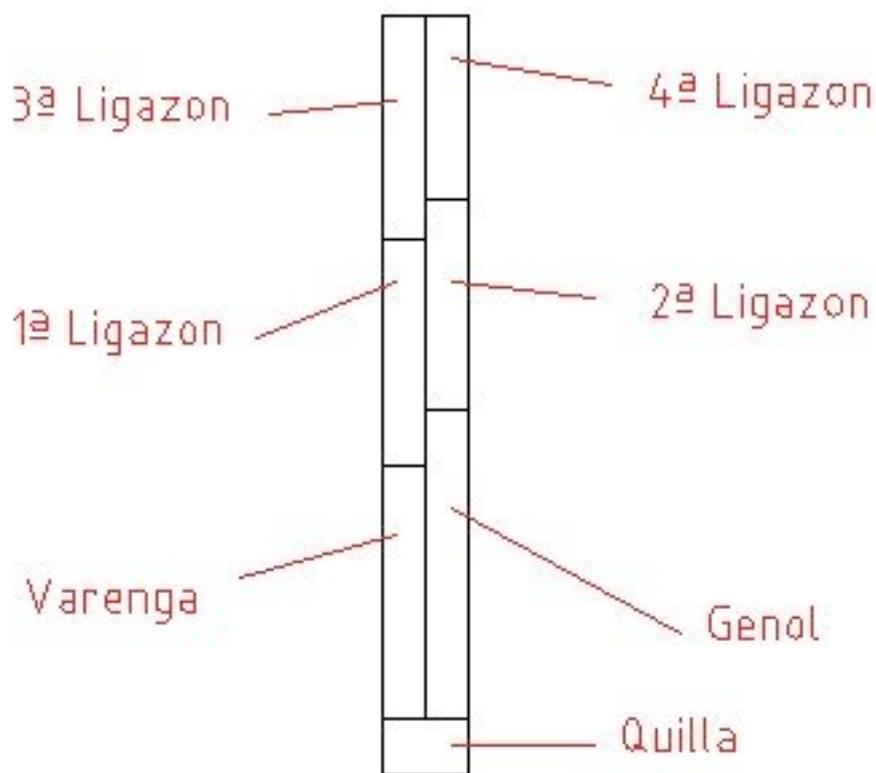


Figura 142. Genoles y Varengas con ligazones en cuadernas dobles

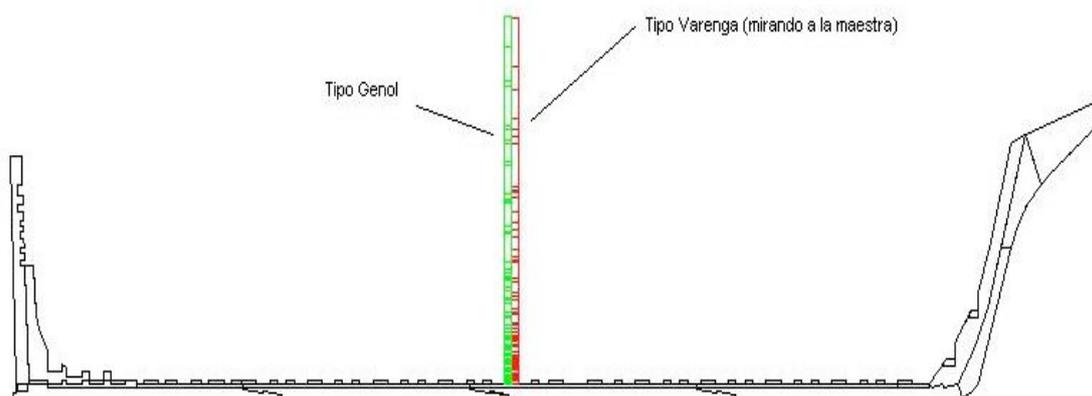


Figura 143. Varenga (rojo) y Genol (verde) en cuaderna.

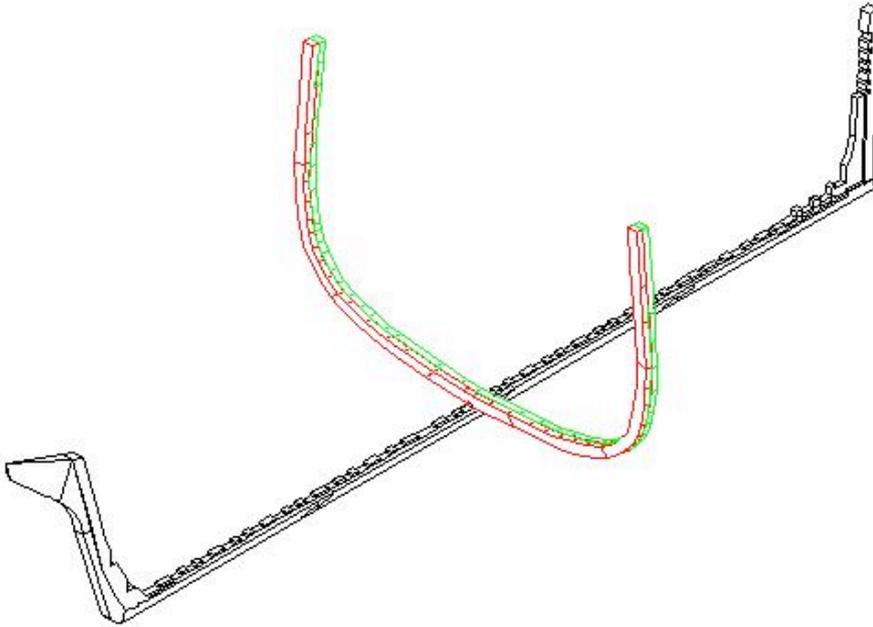


Figura 144. Varenga y Genol.

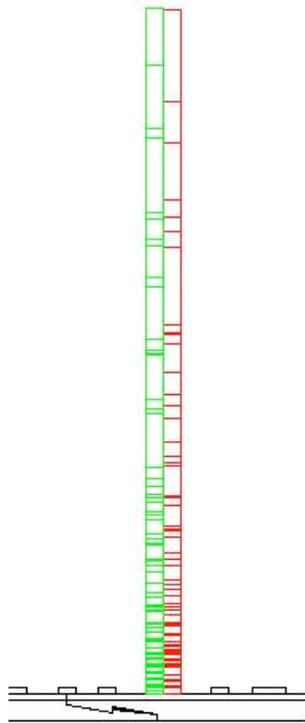


Figura 145. Detalle de cuaderna doble con su varenga y genol

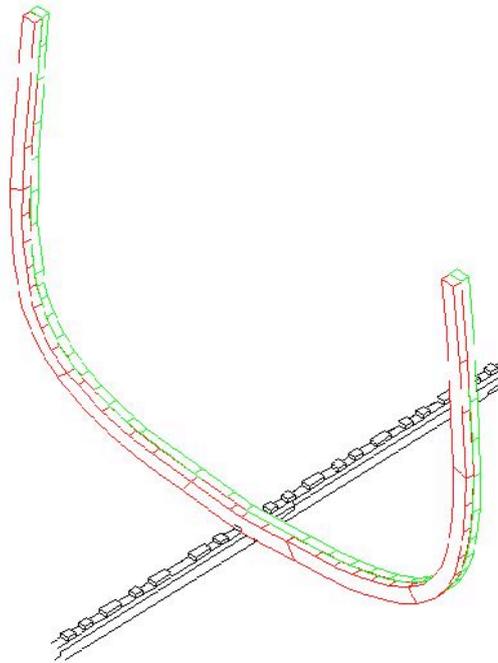


Figura 146. El detalle anterior en perspectiva

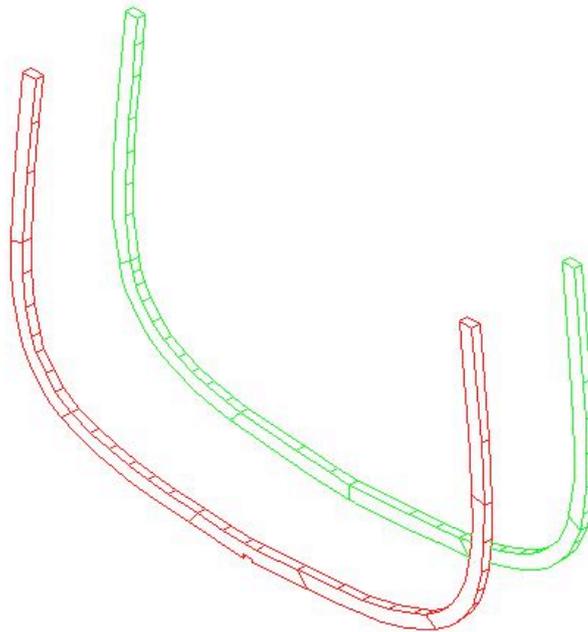


Figura 147. Se pueden ver ambas partes separadas

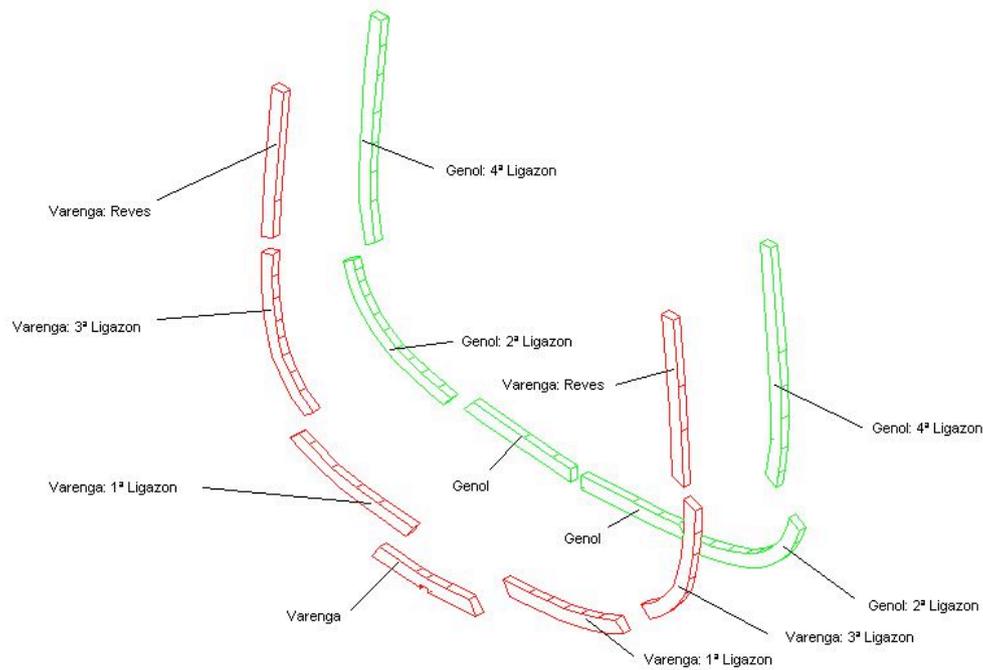


Figura 148. Nombres de las diferentes piezas que componen las cuadernas dobles. Estas partes van ensambladas entre sí. El método es el siguiente: partiendo de la forma de la cuaderna procedente del plano de formas, se genera una pieza única de la que deberán salir las diferentes piezas unidas (varengas, genoles y ligazones) y que se mantendrá en grosor o ancho a la grúa (véase la figura).

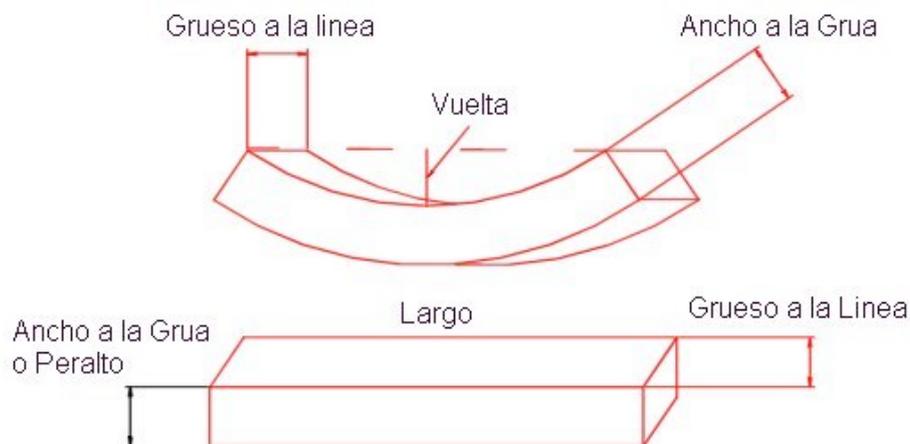


Figura 149. Medidas principales utilizadas

Las partes más cercanas a la cubierta tienen un menor ancho a la grúa ya que tienen que soportar esfuerzos menores.

Todas las medidas de las piezas han sido basadas en el Reglamento de Romero Landa excepto el grosor, que ha sido sacado de la documentación procedente del Archivo de Simancas en la que se describen las dimensiones de 2 barcos de Romero Landa tipo bergantín, construidos por el mismo autor, llamados *El Cazador* y *El Gargo*¹³⁷.

El siguiente gráfico ilustra las zonas donde irán las diferentes partes que forman la cuaderna maestra. Están marcadas todas las partes, tanto lo correspondiente a varengas como a genoles.

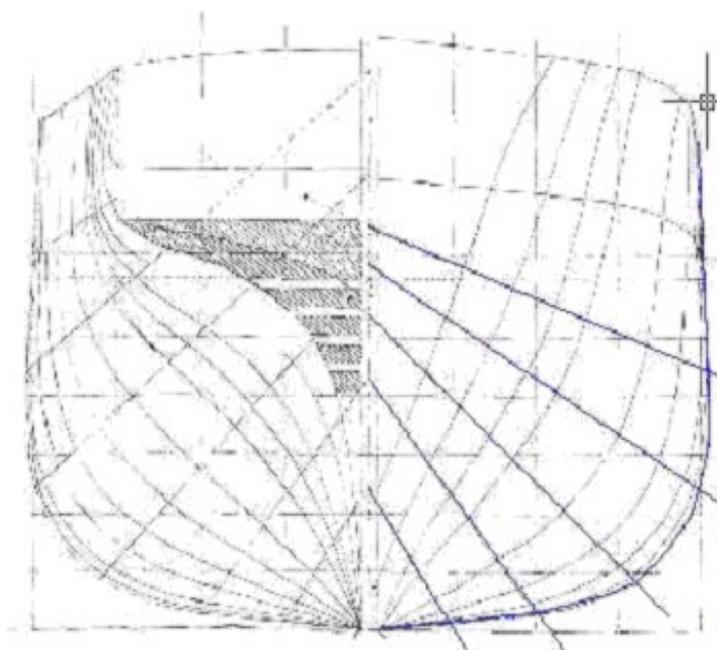


Figura 150. Estructura de las partes de la cuaderna maestra.

Empezando por la parte inferior o la quilla se puede ver que hay un primer tramo que corresponde a la varenga. Si se hace una simetría a ésta, quedaría así:

¹³⁷ Durante la fase de investigación se encontró en el Archivo de Simancas planos y dimensiones referentes a un bergantín construido por Romero Landa en el que se especifican longitudes, anchos y grosores de las piezas principales como la quilla y cuadernas, entre otras. Este plano pertenece al bergantín *La Ardilla* y se encuentran en dicho archivo, en la sección de Secretaría de Marina, con fecha del 15 de septiembre de 1779. (Ver en Capítulo 3.3):

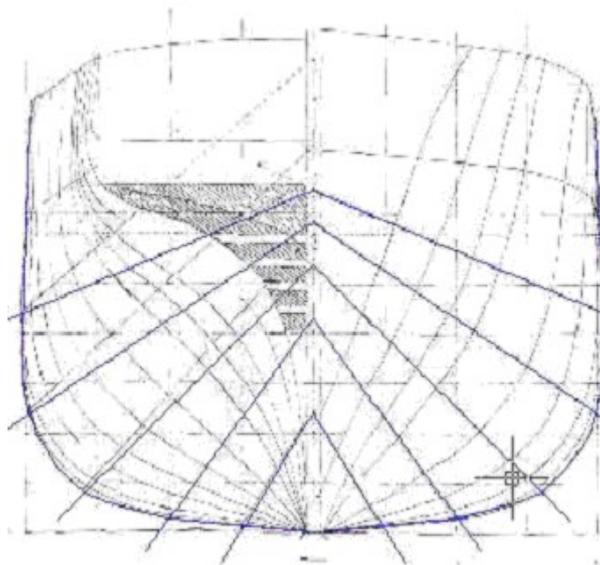


Figura 151. Cuaderna maestra final con las marcas en las que se divide

Se procede a darle el ancho y se quita el plano de formas de fondo para verse mejor:

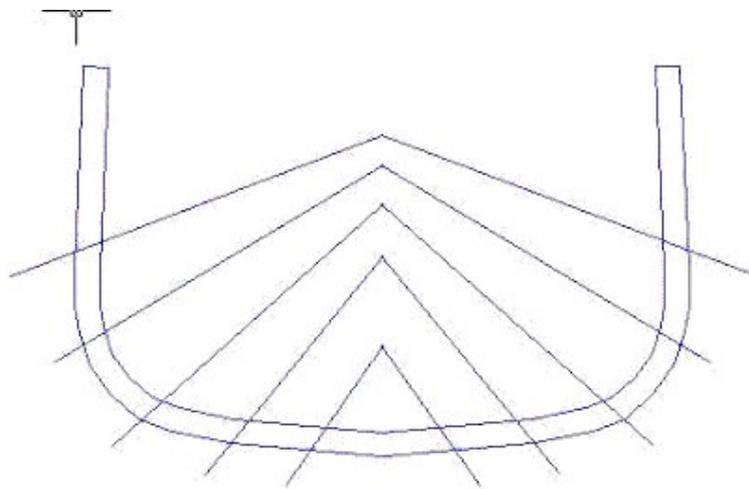


Figura 152. Cuaderna maestra con el ancho y divisiones marcadas

El bergantín objeto de esta Tesis es un modelo en madera basado principalmente en el despiece de Romero Landa en cuanto a su Reglamento de Paquebotes y naves de tamaño similar. Esta información ha sido completada con los datos obtenidos al comparar los diversos bergantines que construyó este ingeniero y siempre teniendo en cuenta las variaciones al tratarse de una nave mercante frente a una nave de la Armada que propone Romero Landa. No

se ha encontrado ningún plano ni despiece para construir algo similar. Estos bergantines son *El Gargo*, obtenido en el Museo Naval y *La Ardilla*, obtenido en el Archivo de Simancas.

Dado que el despiece de Romero Landa es incompleto, es decir, que le faltan piezas, ha sido necesario buscar estas piezas en tratados similares, así como en bibliografía de la época y anteriores, para poder resolver de este modo la construcción de la nave.

La colocación de la quilla

Este proceso es el más significativo de todos por lo que representa. La colocación de la quilla en la bancada es el nacimiento de una nave, de un proyecto en ejecución, de unas ideas y unos conocimientos traídos a la realidad.

A continuación se mostrará, pieza a pieza, la construcción del bergantín, igual que si se estuviera en un astillero y siguiendo las técnicas que entonces se aplicaban.

Las piezas van a ser descritas siguiendo el siguiente esquema:

- Se va a dar el origen de la pieza, es decir, se dirá de dónde proviene, bien de Romero Landa o bien del propio autor.
- Se va a dar la definición de dicha pieza, la que Romero Landa muestra en su Reglamento o la que exista, así como un gráfico.
- Se mostrarán las diferencias halladas entre la pieza original y la del plano de la S.O.G.
- Se describirán las modificaciones necesarias para adaptar dicha pieza al plano de la S.O.G.

- Se mostrará un gráfico en 3D de la pieza.
- En el Anexo 1 se mostrarán fichas resumen de las piezas.

El número único de la pieza sigue el formato siguiente:

- Es un número de 3 dígitos. El primero describe el tipo de pieza que es y el segundo y el tercero son correlativos dependiendo del número de piezas que existan de la misma clase.
- En aquellas piezas en las que pueda haber algunas en la banda de estribor y otras en la banda de babor, los números impares son de piezas de estribor y los pares de piezas de babor.
- En las piezas que son de proa a popa, el contador comienza en aquéllas que están en la proa.
- Las piezas que sólo están localizadas en la proa comienzan por 8 y las piezas que sólo están localizadas en la popa comienzan por 9.

A continuación se muestra un resumen de las numeraciones:

- Quilla: piezas con numeración 1xx.
- Cuadernas: piezas del 20x y 21x en proa y 22x, 23x y 24x a popa.
- Sobrequilla: piezas con numeración 3xx.
- Puntales: piezas con numeración 4xx.
- Baos: piezas con numeración 5xx.
- Durmientes: piezas con numeración 6xx.
- Curvas Alto- Abajo: piezas con numeración 70x, 71x, 72x y 73x.
- Curvas Valonas: piezas con numeración 75x, 76x, 77x y 78x.
- Roda: piezas con numeración 80x.
- Contrarroda: piezas con numeración 81x.
- Tajamar: piezas con numeración 82x.

- Buzardas: piezas con numeración 83x.
- Serviolas: piezas con numeración 84x.
- Curvas Banda: piezas con numeración 85x.
- Curvas Serviolas: piezas con numeración 86x.
- Codaste: piezas con numeración 90x.
- Curva Codaste: piezas con numeración 91x.
- Yugos: piezas con numeración 92x.
- Gambotas: piezas con numeración 93x.
- Aletas: piezas con numeración 94x.

En cuanto a la orientación de las piezas es necesario aclarar lo siguiente:

- El número será siempre de 3 cifras que indican la orientación espacial de la pieza en los ejes X, Y y Z.
- El número tendrá el dígito "1" para indicar si la pieza está orientada en el eje o un "0" si no está orientada en ese eje.
- El eje X es la línea formada por la unión de la proa con la popa.
- El eje Y es la línea formada por la unión de la banda de estribor con la de babor.
- El eje Z es el puntal o la referencia vertical del barco.

Se puede entonces, como ejemplo, decir:

- Eje X: (100) Quilla.
- Eje Y: (010) Yugos.
- Eje Z: (001) Puntales.
- Combinación de ejes: Curva de Codaste (101).

Quilla

Origen: Romero Landa.

Descripción de Romero Landa: "4 Piezas para Quillas de 25 a 28 pies de largo, 13 pulgadas de grueso á la línea, y 15 de ancho a la grúa en línea recta, y á esquina viva".

Se destaca la diferencia que hay en la eslora del buque. El barco de Romero Landa tiene unos 100 pies y el de la S.O.G. tiene 76 pies, es decir, viene a ser $\frac{3}{4}$ partes de aquel. El primero es de la Armada y el segundo es mercante. Si se divide 76 pies en 4 partes da como resultado 19 pies, lo que corresponde a 5'30 metros cada pieza. Se ha podido comparar varios bergantines construidos por Romero Landa, como *El Gargo* y *El Cazador*, con sus planos originales y las medidas de la quilla no coinciden con las del Reglamento, sino que hay alguna diferencia. Por ejemplo, en el plano de *El Cazador* coinciden las medidas de la quilla (ancho y alto) con las del plano de *El Gargo*, pero hay diferencia con el Reglamento.

Diferencias.-

Romero Landa. Reglamento:

- Peralto o ancho a la grúa (alto): 15 pulgadas.
- Grueso a la línea (ancho): 13 pulgadas.

Romero Landa. Bergantines El Cazador y El Gargo:

- Peralto o ancho a la grúa (alto): 14 pulgadas.
- Grueso a la línea (ancho): 9 pulgadas.

Plano de la S.O.G.. Bergantín:

- Peralto o ancho a la grúa (alto): 8'64 pulgadas.
- Grueso a la línea (ancho): 8'64 pulgadas.

Como se puede comprobar, existen diferencias. Esto no impide ver que el Reglamento es un "guión" para la construcción naval y que éste es modificable por parte de los carpinteros de ribera bajo su criterio.

En cuanto al plano de la S.O.G., es necesario recordar que la construcción del bergantín está basada en el plano en cuanto a formas y basada en el Reglamento de Romero Landa en cuanto a metodología, de modo que se han respetado las dimensiones del plano y de ese modo las 4 piezas de longitud 5'30 metros serán de 8'64 pulgadas x 8'64 pulgadas, es decir, 24 cms x 24 cms. A esta medida se le efectuarán principalmente 3 acciones: el ensamble, el alefriz y las modificaciones necesarias para recibir en proa y popa la contrarroda y el codaste.

Modificaciones:

Romero Landa no dibuja esta pieza, puesto que su trazado es sencillo. Divide en 4 piezas la eslora de la nave y hace así una eslora de entre 100 y 112 pies, a lo que hay que añadir lo que se solapan entre sí las piezas al unirse. El escarpe viene a ser la sexta parte de la longitud de cada pieza¹³⁸. A la eslora que sale de la suma del total de la longitud de las piezas de quilla hay que añadir 9 pies, que son lo que se pierde en las uniones de las piezas. Las uniones, conocidas como unión en Rayo de Júpiter, tienen esa forma para evitar el desplazamiento de las piezas de proa a popa. Este tipo de ensamble es muy sólido y fue muy empleado al menos desde el siglo XVI, aunque tiene un precedente en las galeras griegas clásicas.

¹³⁸ *Después de observar varios bergantines y naves similares.*

Otra modificación que se efectúa a la pieza es el tallado de un alefriz a 45° , para que la quilla esté preparada de modo que las maderas del forro que vienen a parar a esa zona encajen perfectamente y así se asegure la estanqueidad de la nave. En la zona de más a proa y más a popa se recibe al forro con 90° de alefriz, dado que los tablonos caen en vertical.

Existen en cada ensamble con las cuadernas unos tacos, llamados *dormidos*, para que encajen en la quilla las varengas, ya que estas son la parte de la cuaderna que se acopla a la quilla y deben encajar perfectamente sin permitir movimientos que originen esfuerzos grandes.

Ya que hay 2 tipos de cuadernas, las de armar y las de relleno, y siendo las primeras el doble de gruesas que las segundas, se deduce que hay 2 medidas de dormidos, una medida para cada tipo de cuaderna.

La modificación de la pieza de quilla que está más a popa se debe a que debe recibir el codaste y tiene por lo tanto un hueco o hembra para que encaje el codaste. Esta pieza de la quilla es especial, como la proa, en cuanto a que solamente tiene el ensamble de Rayo de Júpiter en su parte de unión con la pieza que se encuentra más a proa y después debe recibir al codaste en una unión de tipo caja y espiga. Lleva un alefriz a 45° en la zona más a proa donde aún recibe a las cuadernas con cierto ángulo y, como en el caso de la de proa, tiene un alefriz a 90° para recibir a las cuadernas finales que le llegan casi en vertical debido a los finos de popa. Existen dormidos en algunas cuadernas para su ensamble. En la parte situada más a popa de esta pieza debe dejarse un saliente para apoyar el timón.

Por último, la modificación hecha en la parte de más a proa se debe a que la contrarroda viene dentada y encaja mejor así. La roda encaja a esquina viva, es decir, sin modificaciones.

Gráficos:

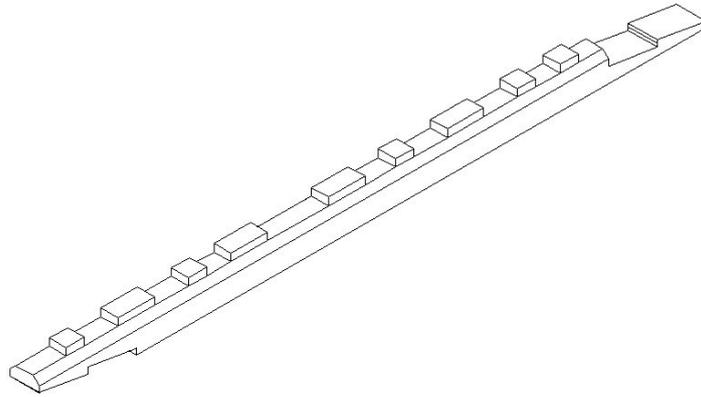


Figura 153. Quilla (101)

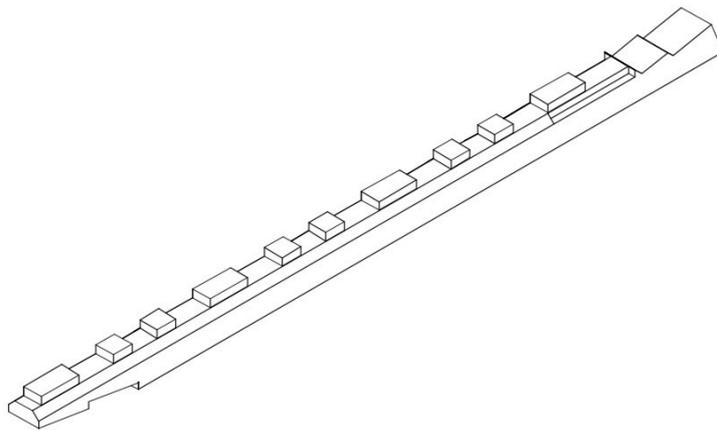


Figura 154. Quilla (102)

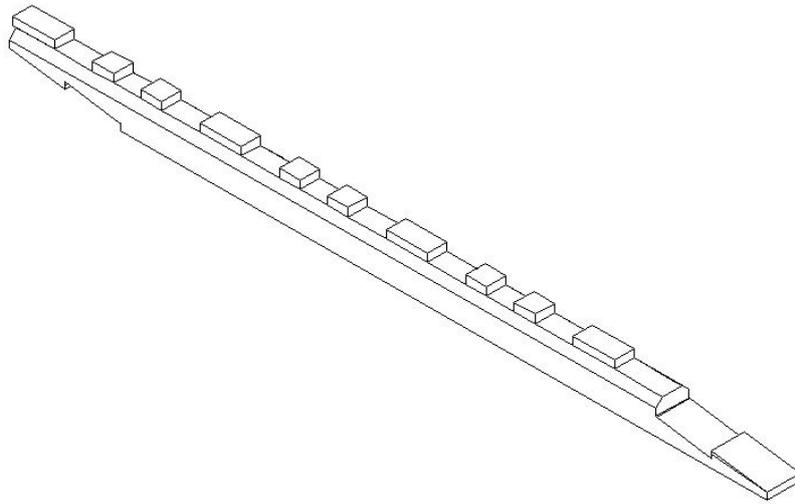


Figura 155. Quilla (103)

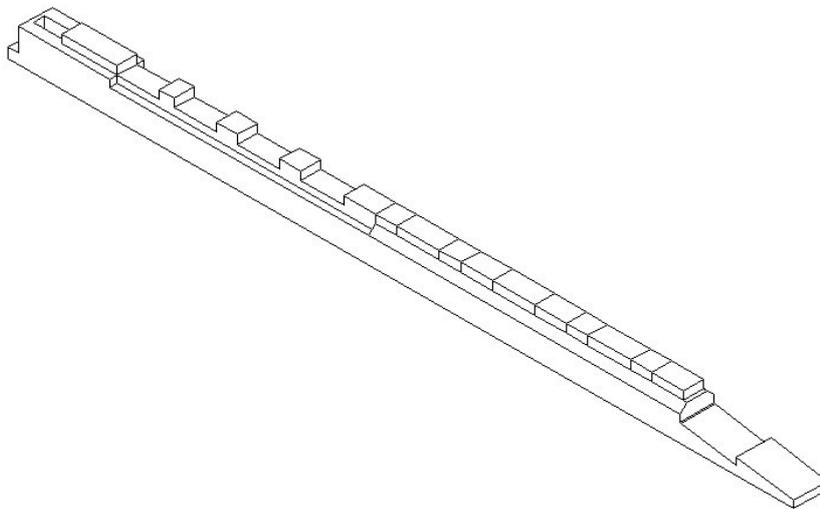


Figura 156. Quilla (104)

La colocación de los elementos clave de proa y popa

SECCION DE PROA

Las secciones de proa y de popa son las más interesantes debido a la cantidad de refuerzos existentes para cerrar el casco y ofrecer más resistencia estructural. Las formas en estas zonas de la nave son más finas y la disposición de las maderas y sus remates estructurales dan a ambas secciones un gran valor. Otro dato de interés se refiere a la configuración de las diferentes piezas respecto al plano de la S.O.G. ya que en éste se han podido encontrar las formas de las cuadernas. Este problema es común a la mayoría de los planos de formas puesto que no contienen detalles constructivos ni despieces y dejan a la libre interpretación del carpintero de ribera el desarrollo de esta incógnita.

Esta sección también es muy interesante debido a que tiene refuerzos en las cuadernas para tener la nave preparada por si hubiera cualquier tipo de colisión. En las zonas de proa y de popa se puede ver que no existen cuadernas de relleno, sino que son todas de armar (dobles) para conseguir así esa robustez buscada.

En los bergantines de la Armada esta sección es la más cuidada, en lo que se refiere al embellecimiento, con líneas muy finas y elaboradas. Podemos encontrar mascarones de proa y otro tipo de adornos que dan una presencia de grandeza al mismo. En los bergantines mercantes la sección de proa es más práctica y busca mayor espacio para la carga y las maniobras, sin que existan, en la mayoría de los casos, adornos de importancia.

Roda

Origen: Romero Landa.

Descripción de Romero Landa: "1 Pie de Roda de 8 a 11 pies de largo, desde el codillo en línea recta y de 8 ½ en la rama, 13 pulgadas de grueso a la línea, y 15 de ancho a la grúa, como la figura núm. 1.

I Pieza de Branque de 15 pies de largo, 13 pulgadas de grueso a la línea, y 15 de ancho a la grúa, como la figura núm. 2.

I Pieza, o Cabeza de Branque de 15 Pies de largo, 13 pulgadas de grueso a la línea, y 15 de ancho a la grúa, como la figura núm. 3".

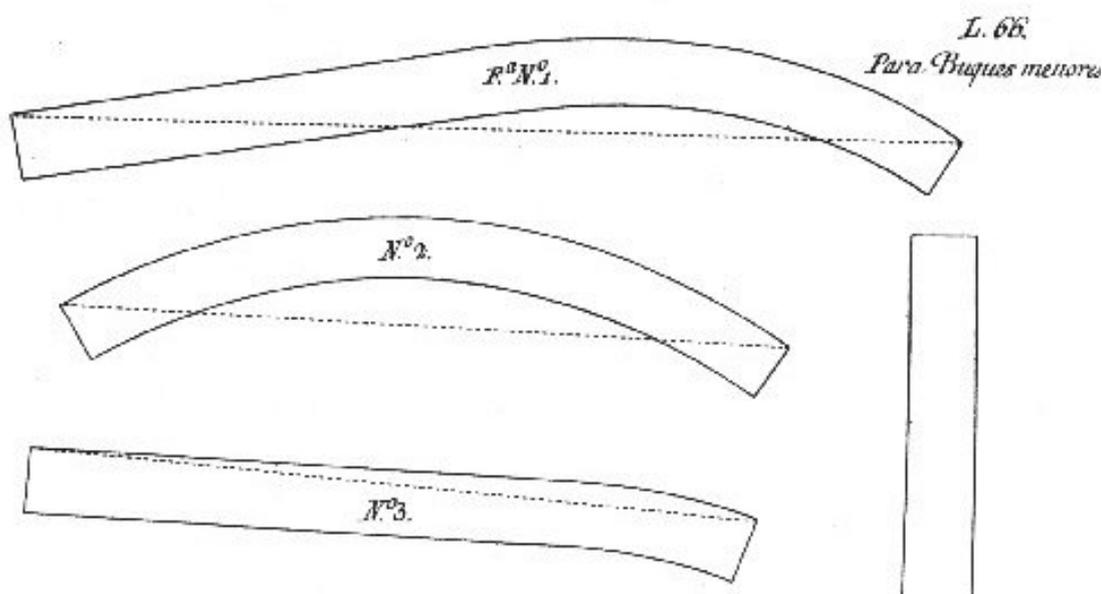


Figura 157. Roda de Romero Landa en 3 piezas

Este tipo de definición es la más común en el Reglamento, es decir, el autor muestra la figura de la pieza a escala de modo que quien vaya a trazarla tenga la idea de cómo debe hacer las plantillas que luego serán la guía de corte de la madera. Se recuerda que no es la pieza final, sino que hay que efectuar aún una serie de modificaciones para que ensamble correctamente. En este caso,

además, Romero Landa despieza la roda en 3 partes que han de unirse para formar la pieza final.

Modificaciones:

Romero Landa respeta la misma robustez en esta pieza que en la quilla, por lo que se mantendrá esa opción en cuanto a sus dimensiones de alto y ancho. Según el plano de la S.O.G., la roda o branque viene por detrás de un adorno que está en la misma proa para embellecer la nave. Se puede ver la roda a continuación de la quilla en su parte inferior, subiendo hasta topar con el bauprés, algo más allá de la cubierta, aproximadamente a unos 4 metros, por lo que se puede hacer con un solo madero. La contrarroda viene por detrás de la roda (véase el apartado siguiente sobre la contrarroda). En la parte superior se une al tajamar para dar mejor avance a la nave.

Las medidas se hacen en el mismo plano para poder obtener la mayor similitud con la roda real, es decir, escala del plano y se traza. Esto implicará que la pieza final sea algo diferente a la planteada por Romero Landa dado que la robustez necesaria para construir un bergantín mercante no exige tantas piezas para la roda, sino que basta con colocar simplemente roda y contrarroda. Los mercantes son buques que no se preparan para hacer abordajes, sino para que soporte con éxito impactos ocasionales.

Gráfico:

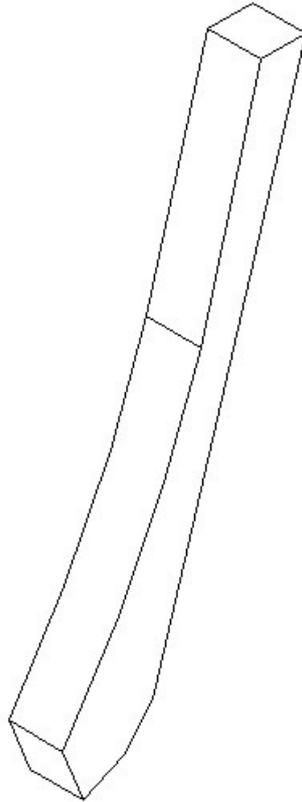


Figura 158. Roda (401)

Contrarroda

Origen: Romero Landa.

Descripción de Romero Landa: "*I Pieza de Contra- Branque de 14 pies de largo, 13 pulgadas de grueso a la línea, y 8 de ancho a la grúa, como la figura núm.*

4.

I Idem de 18 pies de largo, 13 pulgadas de grueso a la línea, y 8 de ancho a la grúa, como la figura núm. 5".

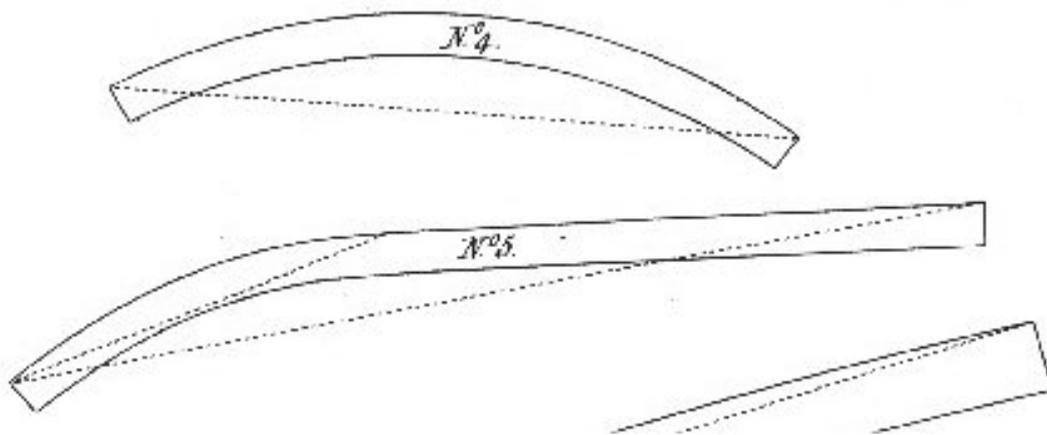


Figura 159. Contrarroda de Romero Landa

La roda y el branque son lo mismo. En este caso ocurre algo similar a lo de la roda. Romero Landa propone 2 piezas de contrarroda y en nuestro caso este refuerzo existe como una unión de la quilla con el tajamar.

Modificaciones:

Situada a popa de la roda, va hasta el tajamar y está unida con la quilla y preparada para recibir 2 cuadernas, la número 216 y la número 217, por lo que hay que modificarla, es decir, endentarla en 2 lugares. La unión con la quilla está compuesta por una serie de dientes para un mejor acople.

Gráfico:

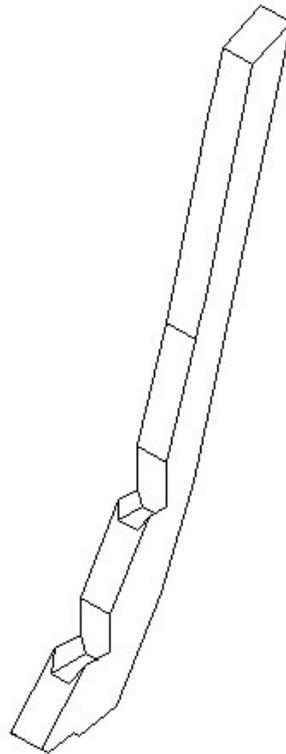


Figura 160. Contrarroda

Tajamar

Origen: Romero Landa.

Descripción de Romero Landa: "I Pieza para Tajamar como la figura núm. 267, que tenga de grueso a la línea 13 pulgadas."

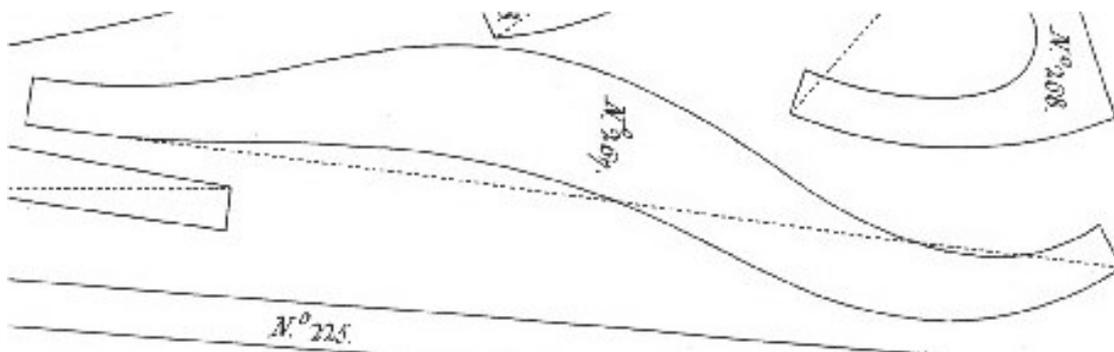


Figura 161 Tajamar de Romero Landa

El Tajamar es otra pieza que define la forma de la proa, de modo que cada barco tiene, según su constructor, una forma u otra. En los barcos de la Armada es normal hacer esta zona de la nave muy recargada de adornos y figuras, como mascarones, de modo que le den un aire más noble, lo cual no ocurre en la mayoría de los mercantes, que son barcos más discretos en ese sentido y tienen una filosofía de ahorro ya que sus navieros piensan en el negocio. El tajamar es una prolongación de la roda adaptada a cortar la mar.

Modificaciones:

Es el plano el que marca la forma de esta pieza. Se trata de hacer una pieza de acabado fino, ya que corta el agua.

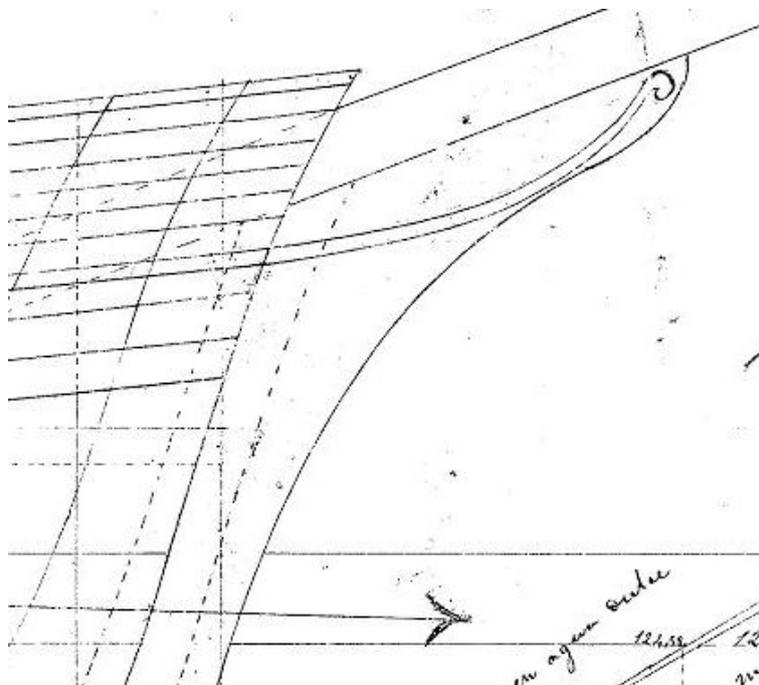


Figura 162. Tajamar en el plano de la S.O.G

Gráfico:

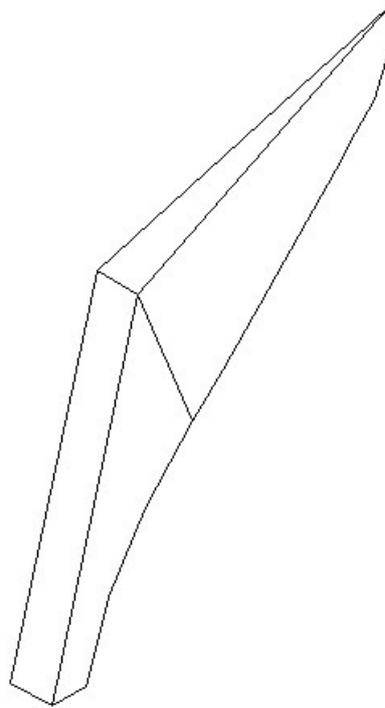


Figura 163. Tajamar

SECCION DE POPA

La sección de popa es muy interesante, ya que debe de cumplir varias misiones de gran importancia. Además de cumplir su misión estructural en cuanto a dar la fortaleza necesaria a la nave, debe albergar a la tripulación y tener unas formas correctas para su correcto gobierno. Esto califica a esta sección como una parte con multitud de tareas si la comparamos con el resto de las secciones, lo que le da aún más valor añadido.

La popa es, quizás, la parte más interesante. Esta es una opinión personal basada en la admiración hacia los acabados en la popa de las naves, así como la resolución de las mismas. En esta sección podemos ver cantidad de detalles en las piezas en cuanto a las modificaciones para buscar la pieza final que son muy interesantes, ya que esta parte de la nave debe recibir de la mejor manera

el agua hacia la pala del timón para obtener así un mejor gobierno de la misma, además de ofrecer formas acordes en la parte que cierra la zona donde pasaban los marinos la mayor parte del tiempo.

En los bergantines de la Armada esta zona era más cuidada que ninguna: mientras en la proa se solía poner un mascarón, en la popa se pueden encontrar diversos tipos de cierres con ornamentaciones de todo tipo, así como magníficos acabados. Esto no se encuentra en los bergantines mercantes debido a que no tenían que mostrar la grandeza del Ejército y además suponía un coste añadido muy alto para el armador.

Codaste

Origen: Romero Landa.

Descripción de Romero Landa: *"I Pieza para Codaste de 26 pies de largo, 13 pulgadas de grueso a la línea, 20 pulgadas de ancho a la grúa en el pie, y 16 en la cabeza, como la figura núm. 6".*

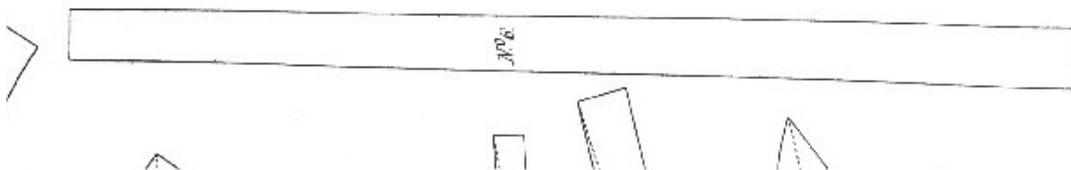


Figura 164. Codaste de Romero Landa

Esta pieza es muy importante porque es la unión con la quilla de la mayoría de los esfuerzos que se producen en la popa y transmite las fuerzas de los yugos, aletas y gambotas hasta la quilla.

Se puede comprobar, según la descripción de Romero Landa, es diferente grosor que tiene el codaste en la parte inferior y en la parte superior (pie y cabeza), de

modo que queda inclinado hacia la popa. Esto mismo se puede comprobar en el plano de la S.O.G., tal y como se ve en la siguiente figura:

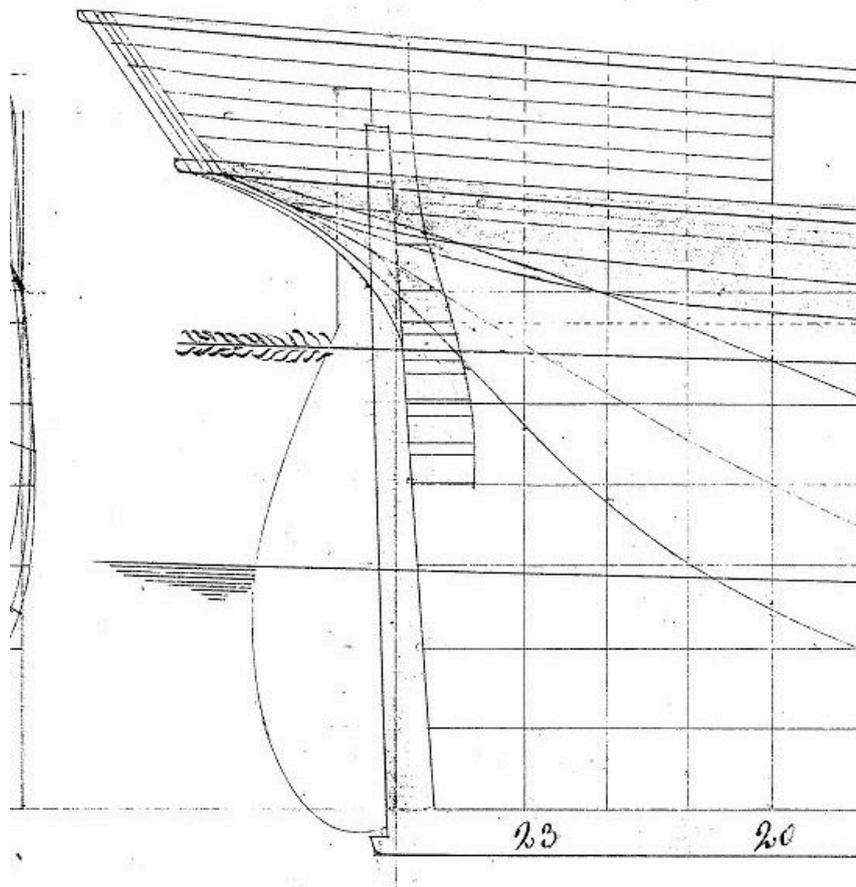


Figura 165. Sección de popa en el plano de la S.O.G. Inclinación del codaste

Modificaciones:

Es necesario efectuar una serie de modificaciones importantes en esta pieza, que harán de la misma una pieza final solamente parecida a la que nos propone Romero Landa.

Está unido a la quilla con una unión tipo caja y espiga. La caja irá en la quilla y la espiga en el codaste, para que de este modo ensamblen de forma robusta.

Tiene endentados para poder recibir a los yugos, además del yugo principal, situado el primero en la parte superior y que será el encargado en recibir a las gambotas.

Para reforzar la unión con la quilla se colocará la curva del codaste.

Gráfico:

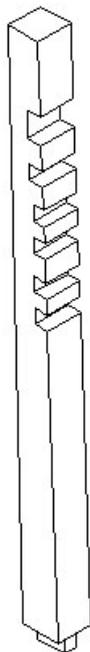


Figura 166. Codaste

Curva para el codaste o Curva Coral

Origen: Romero Landa.

Descripción de Romero Landa: "*I Curva para el Codaste de 13 pulgadas de grueso a la línea, y a la grúa como la figura núm. 21*".

Esta pieza es clave para dar la robustez necesaria a la unión entre la quilla y el codaste. Algunas cuadernas vienen a partir de esta pieza en vez de la quilla, por lo que debe ajustarse a estos ensambles. La altura de esta curva es hasta el primer yugo y su ancho debe de ajustarse al ancho del codaste, el cual varía en altura, como ya se sabe.

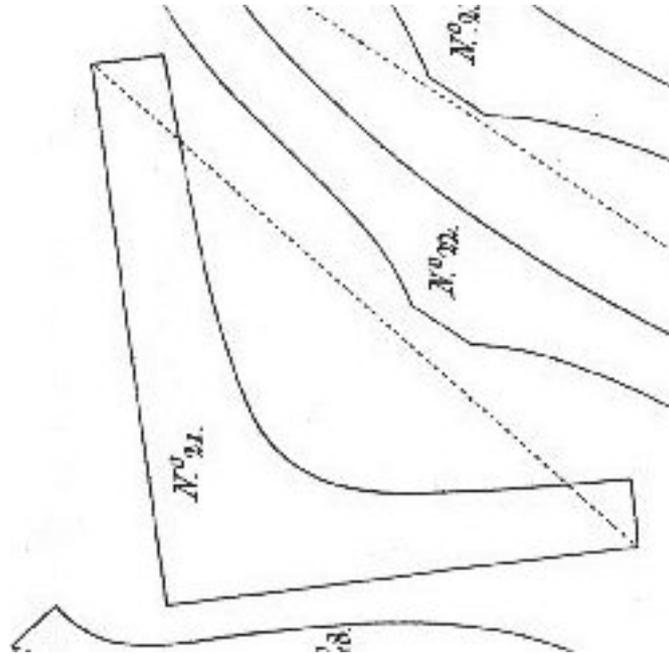


Figura 167. Curva para el codaste de Romero Landa

Modificaciones:

Las modificaciones están basadas en efectuar los rebajes necesarios para recibir a las cuadernas más a popa, así como variar su ancho para ajustarse perfectamente al codaste y la unión endentada con la quilla.

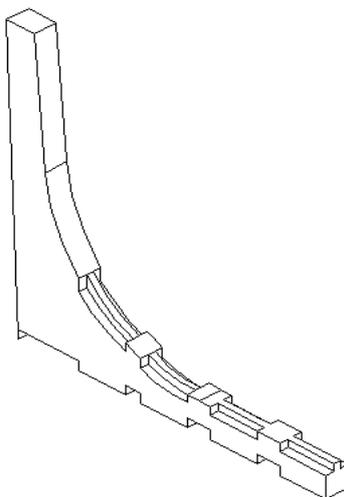
Gráfico:

Figura 168. Curva del codaste

Yugos

Origen: Romero Landa.

Descripción de Romero Landa: *"I Pieza para Yugo principal de 19 ½ pies de largo, 14 pulgadas de grueso a la línea, y 16 de ancho a la grúa, con 4 pulgadas de vuelta a las dos caras, desando en la Bragada 4 pulgadas más, como la figura núm. 7.*

4 Yugos para formar la Popa de 8 pulgadas de grueso a la línea, y a la grúa como las figuras núm.9 hasta el 12".

Como se puede ver, se tiene un yugo (principal) y el resto de yugos que forman la popa (yugos secundarios). Se ha deducido que todos los yugos tienen su cometido y se distinguirá cuál es el principal del resto, pero se tratará a todos como yugos de importancia. La tarea de los yugos es la de hacer fina y redondeada la popa.

Romero Landa ofrece datos de gran valor para la formación de la popa pero deja, como ha hecho en los casos anteriores, al criterio del carpintero de ribera las modificaciones en cuanto a ensambles y demás tratamientos hasta llegar a la pieza final.

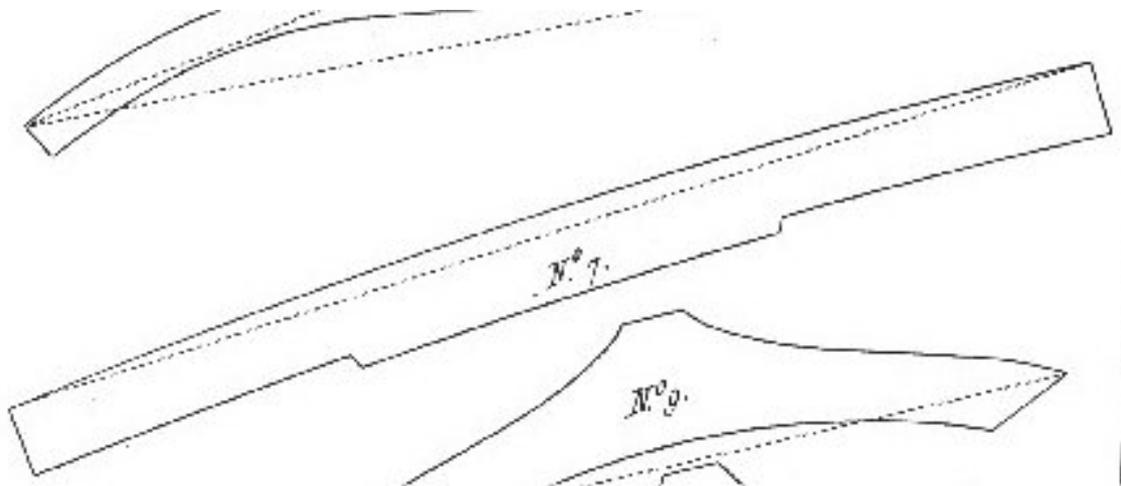


Figura 169. Yugo principal de Romero Landa

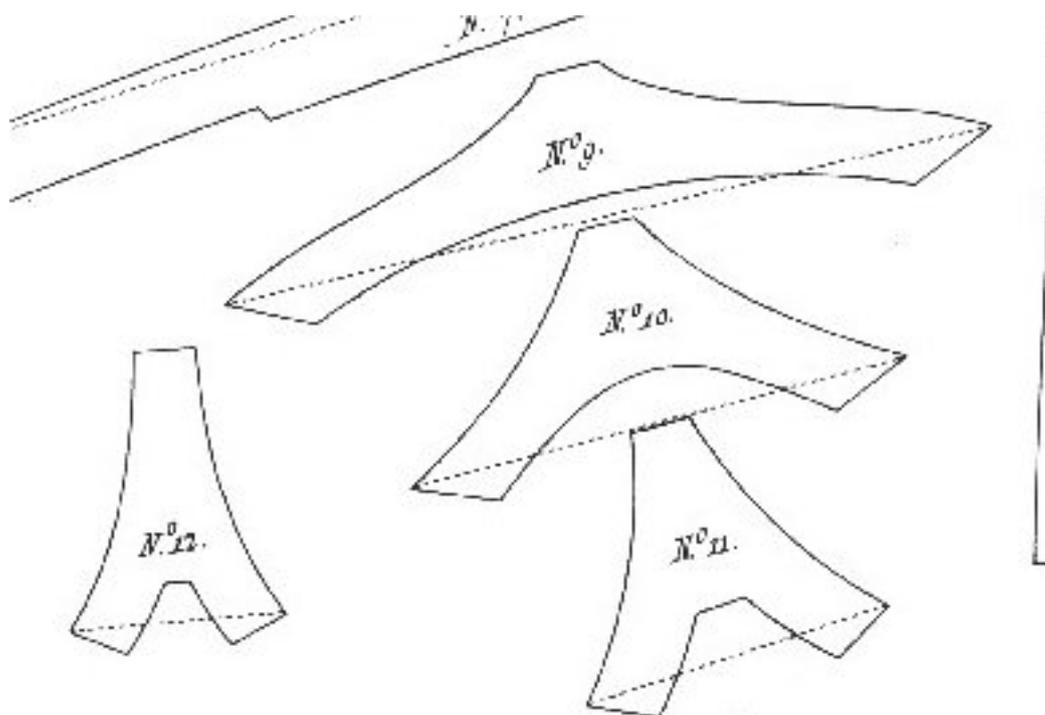


Figura 170. Yugos secundarios de Romero Landa

Modificaciones:

Se pueden distinguir hasta 4 yugos en el plano de la S.O.G., además del principal. Si se empieza desde arriba, el primer yugo va insertado como el resto en el codaste y es de donde arranca la cubierta principal, además de ser el punto donde arrancan las gambotas para cerrar la popa en la parte de cubierta. Desde este punto salen los tablonces que forman la cubierta principal.

El yugo principal tiene 2 curvaturas que lo modifican de un modo importante: una curvatura en vertical para que la cubierta tenga flecha (brusca de la manga: 1/48), es decir, evacua el agua hacia las bandas; y otra curvatura en horizontal para dar forma al cierre de la popa. De este yugo parten las gambotas, que le dan la forma a los jardines de popa. En esta época debía de ser 1/48, ya que se usaba el módulo 12 para las pulgadas.

En el caso del bergantín que incumbe apenas existe curvatura horizontal para formar una popa más redondeada, de modo que se respetará y sólo se tendrá en consideración la curvatura de la brusca. Otra función que tiene el yugo principal es la de soportar las aletas.

El resto de los yugos se utilizan para formar el cierre de la popa y dar resistencia a esta zona de la nave.

Gráficos:

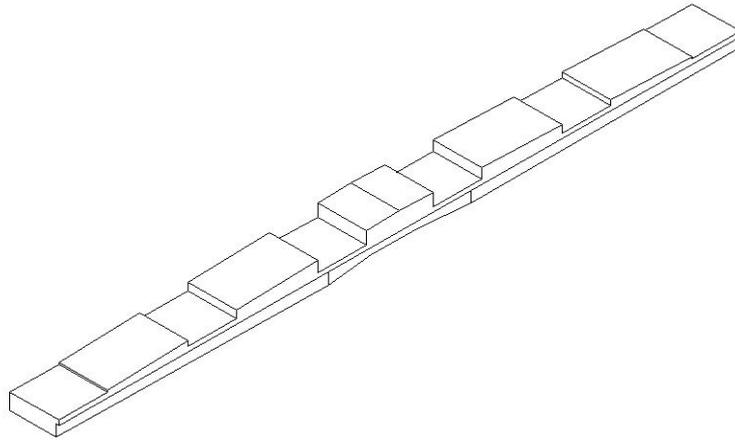


Figura 171. Yugo (principal)

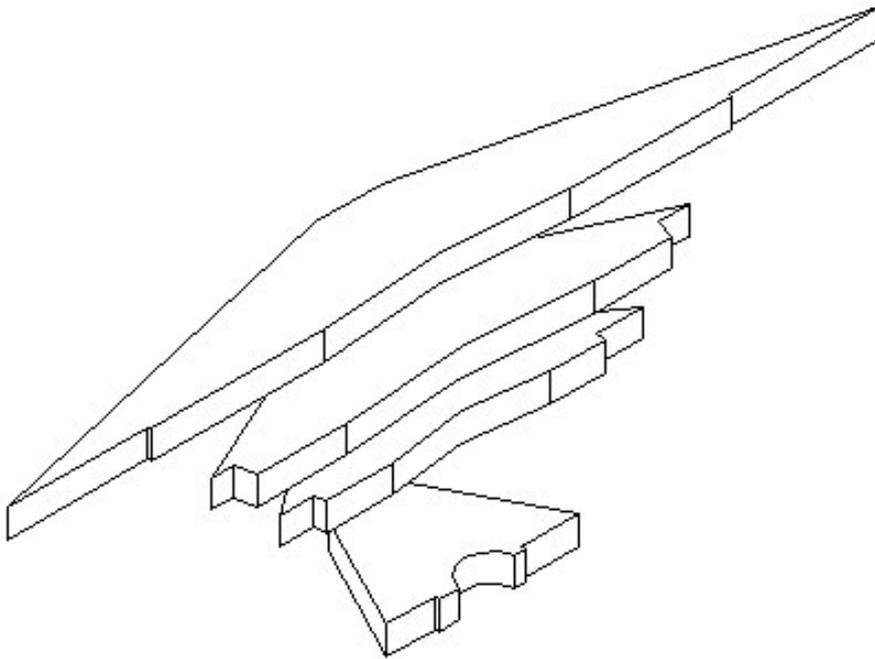


Figura 172. Yugos secundarios

Cuadernas

Origen: Romero Landa.

Probablemente estas piezas son las que mayor complejidad tienen en la construcción de cualquier nave, ya que están compuestas de diferentes piezas que son las encargadas de darles mayor solidez. Primeramente se verá cómo están hechas las cuadernas para luego entender mejor cómo es la evolución de estas piezas desde su trazado original hasta la pieza final.

Los grosores de las cuadernas han sido sacados, por analogía, de planos similares. Es el caso de los planos de *El Cazador* de Romero Landa, en los que se indican las medidas de las cuadernas. Se comparó estas dimensiones con las del plano de la S.O.G. para establecer la correspondencia existente entre ellas, pero se tuvo especial cuidado en respetar el método constructivo de Romero Landa. Midiendo las piezas del plano de la S.O.G. y aplicando después la relación existente entre las piezas descritas por Romero Landa se pudo obtener las medidas de las piezas de las que no se tenían datos.

CUADERNAS DE ARMAR

Son aquéllas que forman la estructura principal del buque y son las que soportan principalmente los esfuerzos estructurales del mismo. Por este motivo son dobles, es decir, están compuestas por 2 tipos de maderas llamados varengas y genoles que se encoramentan o unen de la forma que se verá a continuación. Normalmente son las cuadernas que se trazan en el plano de formas y de éste pueden ser sacadas para obtener una primera forma de la nave de una manera rápida.

Van unidas a la quilla utilizando los dormidos antes mencionados, en las zonas donde su conexión con la quilla es casi perpendicular, y utilizando los huecos preparados a tal efecto en la quilla donde su conexión es casi vertical. En el caso de que utilicen los dormidos, las cuadernas conservan un corte o endentado para recibir al dormido y en el caso de que vayan apoyadas en el hueco de la quilla tienen su forma original.

Se recuerda que la sobrequilla une todas las cuadernas.

El método de trazado de cuadernas desde el plano hasta la pieza final puede verse en este mismo capítulo en la Fase 4.

La estructura de una cuaderna de armar o doble es la siguiente: sobre la quilla van apoyados una varenga y un genol y a continuación las ligazones correspondientes, cuya presencia dependerá del tipo de barco del que se trate. En este caso se incluyen varengas, genoles, primeras ligazones, segundas ligazones y reverses (cuarta ligazón, ya que la cuaderna quedaría simple en este último tramo). En el caso del bergantín que se está tratando se incluirá la tercera ligazón para poder así obtener cuadernas dobles en toda su extensión.

La varenga, en las de armar, siempre "mira" a la cuaderna maestra.

Como se puede ver en el gráfico siguiente, las uniones son alternas y hay 2 genoles por cada varenga, de modo que su número es doble en cuadernas de armar.

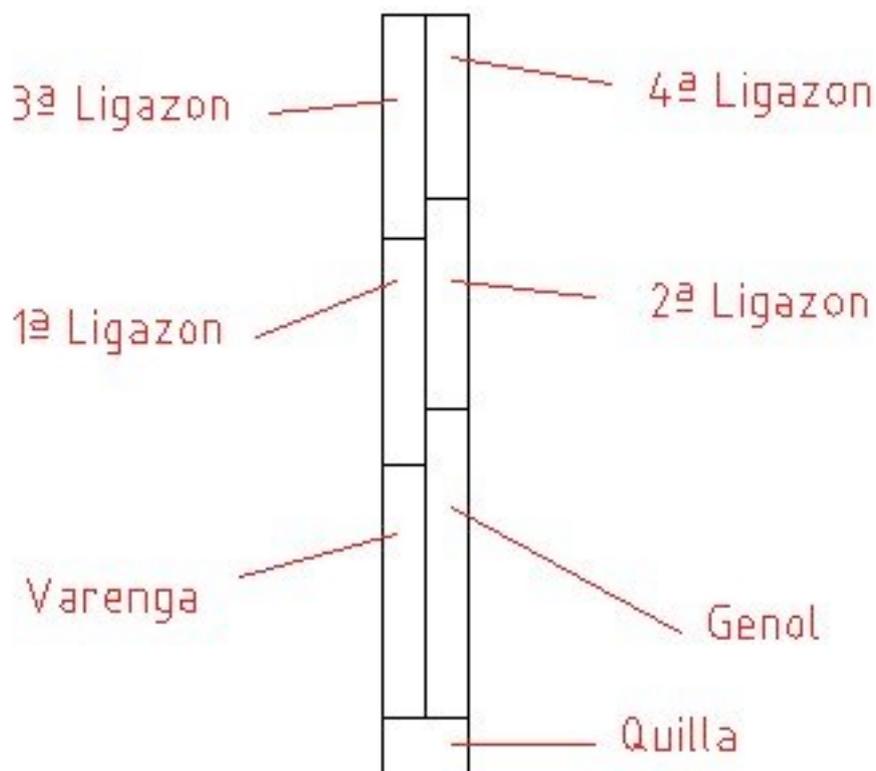


Figura 173. Formación de cuadernas dobles

El escarpe se efectúa en los 2 tipos (varenga y genol), tanto en las cuadernas de armar como en las de relleno. El escarpe ha de alargarse hasta tocar la parte superior del alefriz de la quilla, de modo que las tablas del forro vayan a encajar en dicho alefriz de la quilla. Esto es cierto en la mayoría de las cuadernas, ya que su ángulo de conexión con la quilla es casi perpendicular a la misma, mientras que existen una serie de cuadernas en los finos de proa y popa que caen casi en vertical y no tienen hendidura, de manera que el forro cae sobre la quilla en vertical.

Quilla con alefriz recibe forro normal, es decir, la mayoría del forro de la nave:

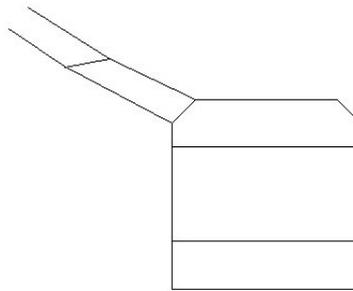


Figura 174. Quilla con alefriz recibiendo forro en partes anchas de la nave

Quilla con alefriz recibe en finos de proa y popa:

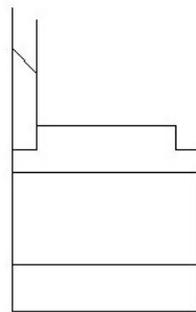


Figura 175. Quilla con alefriz en finos de proa y popa

Otro dato a tener en cuenta es que a medida que la cuaderna va hacia arriba su grosor o ancho a la grúa va disminuyendo; esto es lógico porque las cargas soportadas cada vez son menores a medida que nos acercamos a cubierta.

En resumen, desde Romero Landa:

Cuaderna Maestra:

- Varengas: "4 Varengas llanas como la figura núm. 22, que tengan de grueso a la línea 8 pulgadas a esquina viva".

- Genoles: "8 Genoles de fondo como la figura núm. 38, que tengan de grueso a la línea 8 pulgadas a esquina viva".

- 1ª Ligazón: "8 Primeras Ligazones como la figura núm. 54, de grueso a la línea 8 pulgadas a esquina viva".

- 2º Ligazón: "8 Segundas Ligazones como la figura núm. 70, que tengan de grueso a la línea 8 pulgadas a esquina viva".

- Revés: "8 Reveses como la figura núm. 118, que tengan de grueso a la línea 8 pulgadas a esquina viva".

Se ha de tener en cuenta que las 4 varengas corresponden a 4 cuadernas distintas del barco, que con la misma forma van a ser las primeras 4 cuadernas que se van a construir. Se puede ver su forma:

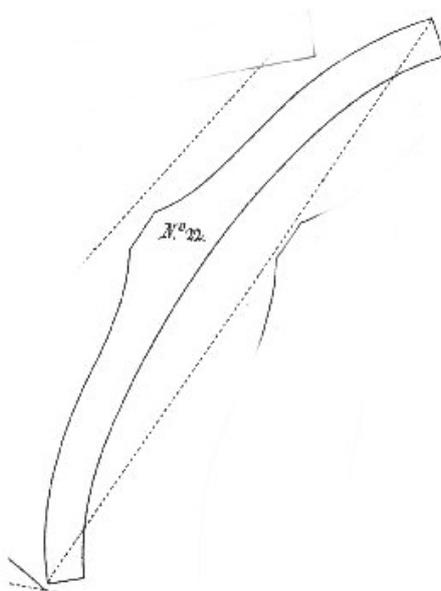


Figura 176. Varenga número 22 de Romero Landa

A ésta le corresponden 2 genoles:

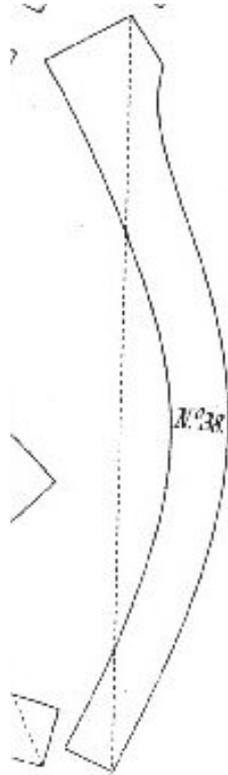


Figura 177. Genol número 38 de Romero Landa

Además, 2 primeras ligazones y 2 segundas ligazones:



Figura 178. 1ª Ligazón número 54 de Romero Landa

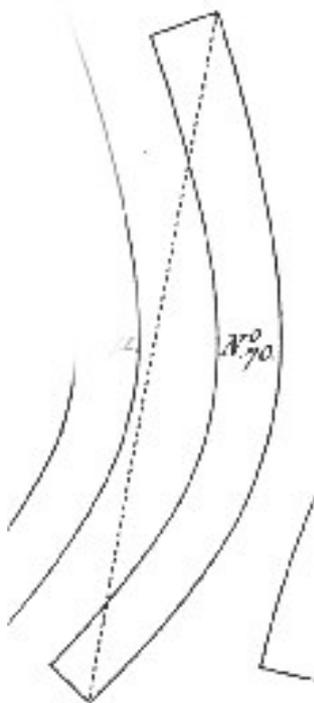


Figura 179. 2ª Ligazón número 70 de Romero Landa

Y por último, los reveses:

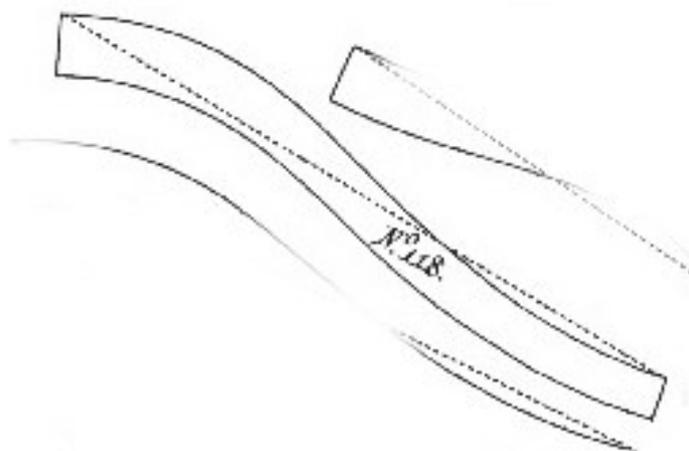


Figura 180. Revés número 118 de Romero Landa

Se puede formar la cuaderna maestra según Romero Landa. Hay que repetir esta operación tantas veces como cuadernas se tienen, tanto de armar como de relleno. Las de relleno, como se ha dicho con anterioridad, son simples y no

llevan ni genoles ni 2ª ligazones, pero sí el resto, que hay que localizar y ensamblar. No olvidarse, además, que hay que inventar las cuadernas de relleno mudando las de armar para calcular cómo son las intermedias. Véase la información correspondiente a continuación. A continuación se muestra una tabla con los números de las piezas que Romero Landa dispone para la construcción de las cuadernas de armar:

Nombre	Varenga	Genol x2	1 Ligz.x2	2 Ligz.x2	Reveses
Maestra	22	38	54	70	118
1 Popa	22	38	55	71	119
2 Popa	23	39	56	72	120
3 Popa	24	40	57	73	121
4 Popa	25	41	58	74	122
5 Popa	26	42	59	75	123
6 Popa	27	43	60	76	124
7 Popa	28	44	61	77	125
8 Popa	29	45	61	77	125
Nombre	Varenga	Genol x2	1 Ligz.x2	2 Ligz.x2	Reveses
1 Proa	22	38	62	78	126
2 Proa	31	47	63	79	127
3 Proa	32	48	64	80	128
4 Proa	33	49	65	81	129
5 Proa	34	50	66	82	130
6 Proa	35	51	67	83	131
7 Proa	36	52	67	83	131

Tabla 4. Cuadernas de Armar según Romero Landa.

CUADERNAS DE RELLENO

Estas cuadernas tienen como objetivo dar la robustez añadida que se necesita a la nave. Su situación es de 2 entre cada 2 cuadernas de armar, con la forma mudada entre las 2 cuadernas de armar, son simples y su origen son las varengas. Esto se cumple en toda la eslora del barco excepto en las zonas de proa y popa, donde todas las cuadernas son de armar debido a que se necesita en estas zonas una estructura más fuerte para proteger a la nave.

En el bergantín de la S.O.G. se puede ver que hay 2 cuadernas maestras y ambas de armar, es decir, dobles, y que no hay cuadernas de relleno entre ambas.

En cuanto a la conexión con la quilla, les ocurre lo mismo que a las cuadernas de armar, es decir, utilizan o no los dormidos de la quilla dependiendo de su ángulo de conexión con la misma, por lo que su proximidad a los finos del barco hará que entren de un modo o de otro.

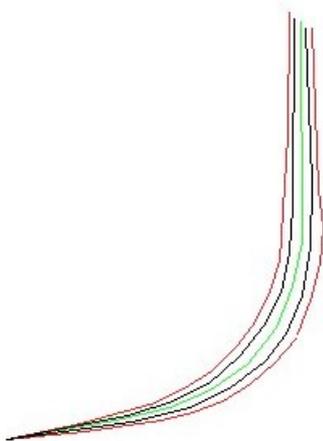


Figura 181. Cuadernas de relleno "mudando"

Modificaciones:

Como puede deducirse, las modificaciones son amplias en las cuadernas para que ensamblen de forma correcta entre las diferentes piezas que las forman así como con las piezas que unen a estas con el resto.

Como base la metodología de Romero Landa adaptaríamos tales principios hasta conseguir obtener las piezas definitivas. Está claro que las cuadernas son la clave de las formas de un barco, así como las piezas fundamentales que lo forman, de modo que su correcta construcción es de gran importancia.

Ya se ha explicado en el capítulo correspondiente cómo construir las cuadernas desde el plano de formas, pero quizás haya una serie de conceptos que han podido no quedar suficientemente claros debido a que aún no se había entrado en materia en cuanto a las cuadernas en sí.

El primer problema a resolver es dónde empiezan las cuadernas. Esta respuesta es sencilla y por todos conocida: en la quilla. Si ahora preguntamos dónde acaban las varengas y los genoles, o dónde empiezan y acaban las ligazones, la respuesta ya no es tan simple. Para responder a esta pregunta se hace uso del plano de formas en su trazado transversal (la caja de cuadernas). En este plano observamos y medimos la longitud de cada tramo de la cuaderna.

Distribución de las cuadernas:

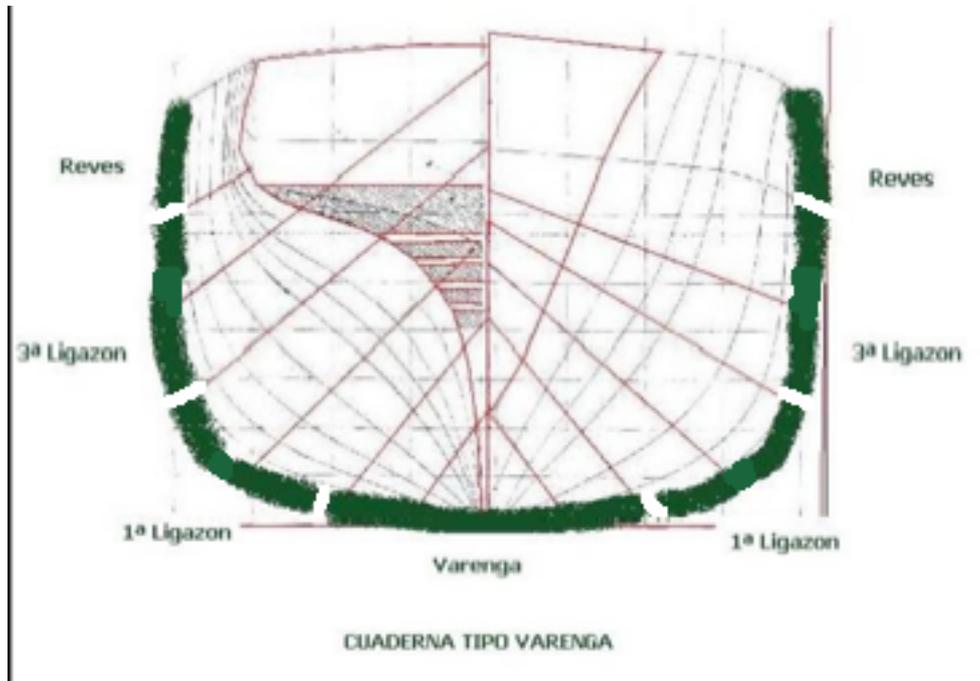


Figura 182. Cuaderna tipo Varenga

De este modo se miden y se sacan las diferentes piezas que componen cada cuaderna, de armar y de relleno.

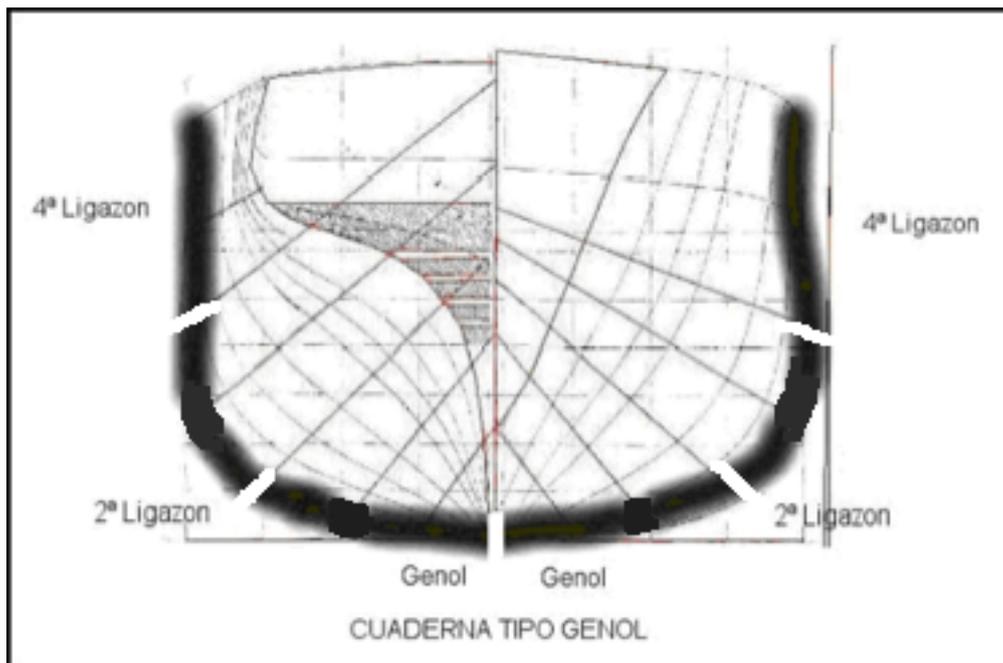


Figura 183. Cuaderna tipo Genol

Las cuadernas en la zona de la cuaderna maestra son, en cuanto a la forma de construirlas, idénticas a las anteriores, sobre todo aquellas que están situadas más cerca de la cuaderna maestra. Eso se debe a que en esa eslora ya está la

manga de la nave lo suficientemente ancha como para que tenga la forma esperada por el constructor para poder cargar las mercancías.

Gráficos:

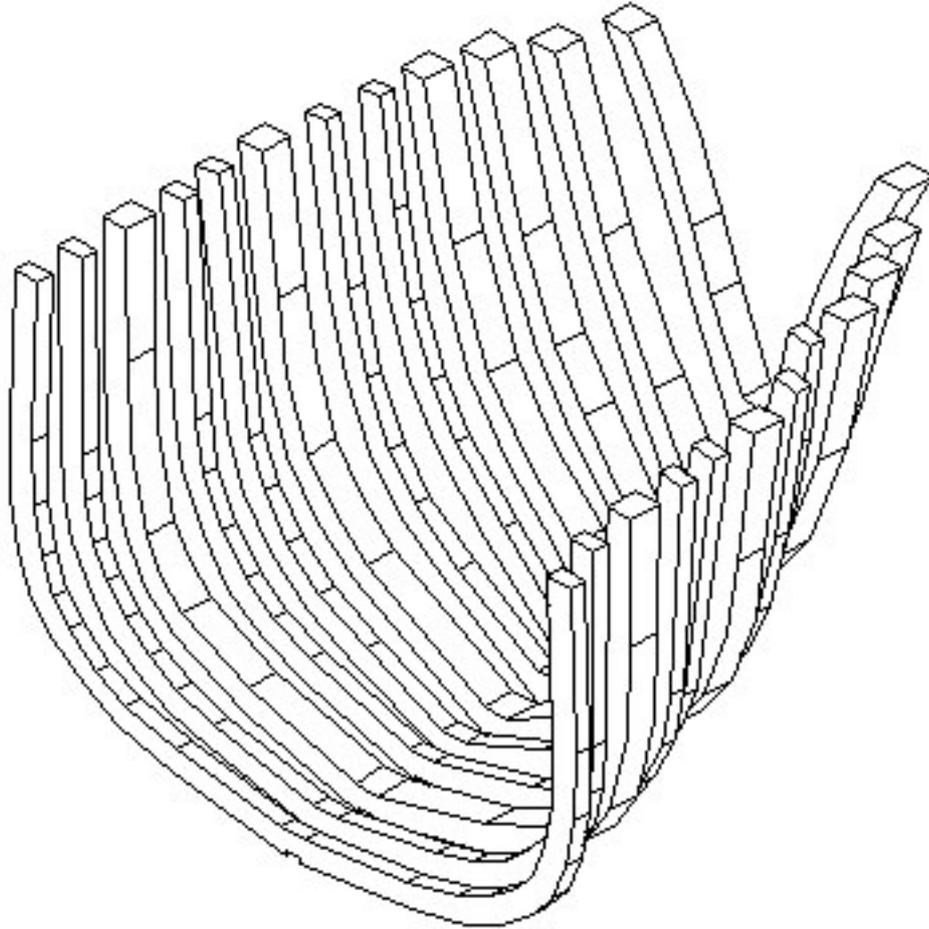


Figura 184. Cuadernas de la proa del bergantín de la S.O.G.

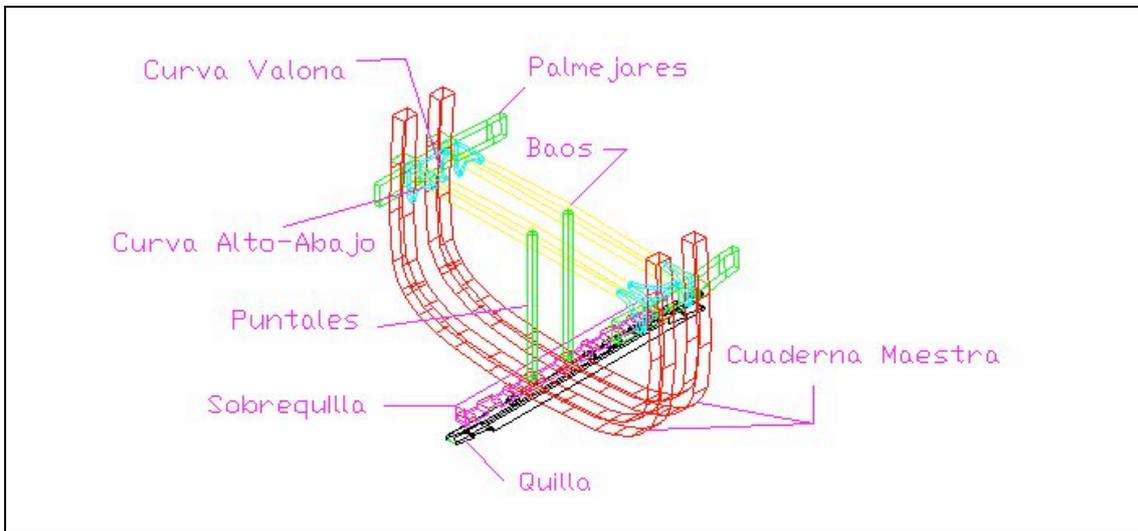


Figura 185. Sección explicativa

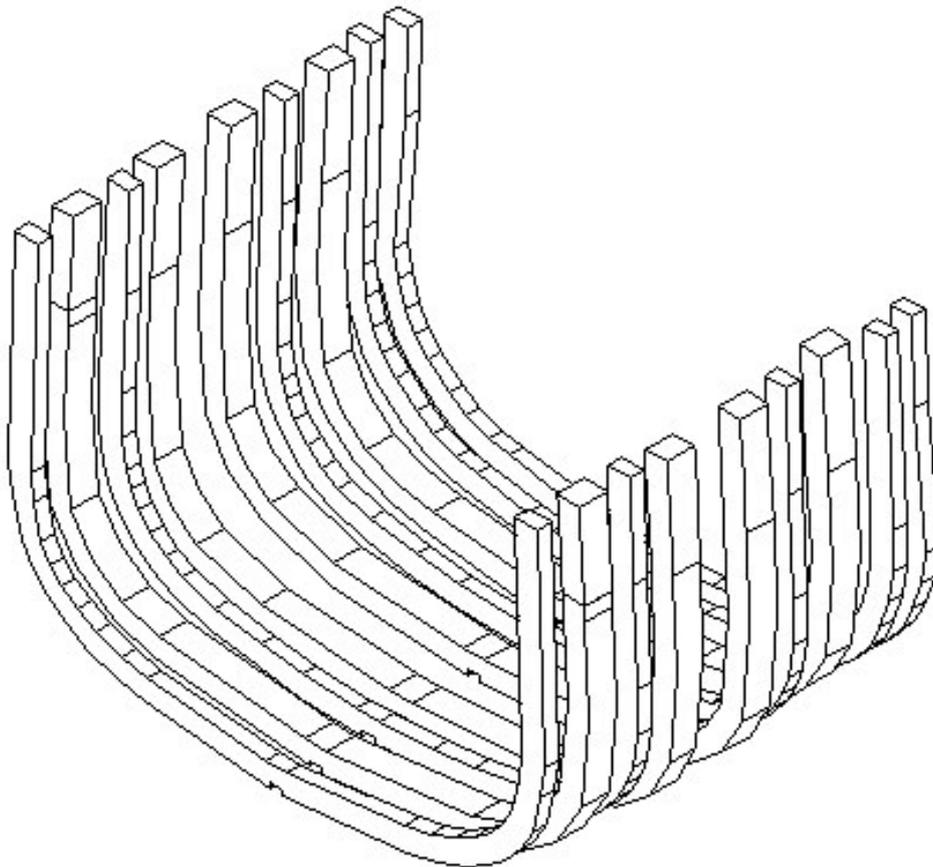


Figura 186. Cuadernas de la sección Rasel de Proa-Cuaderna Maestra

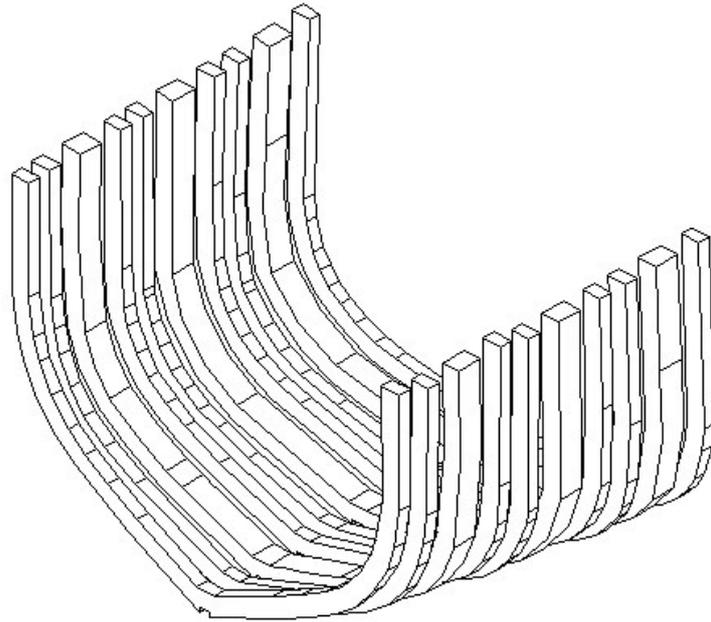


Figura 187. Cuadernas de la sección Rasel de Popa–Cuaderna Maestra

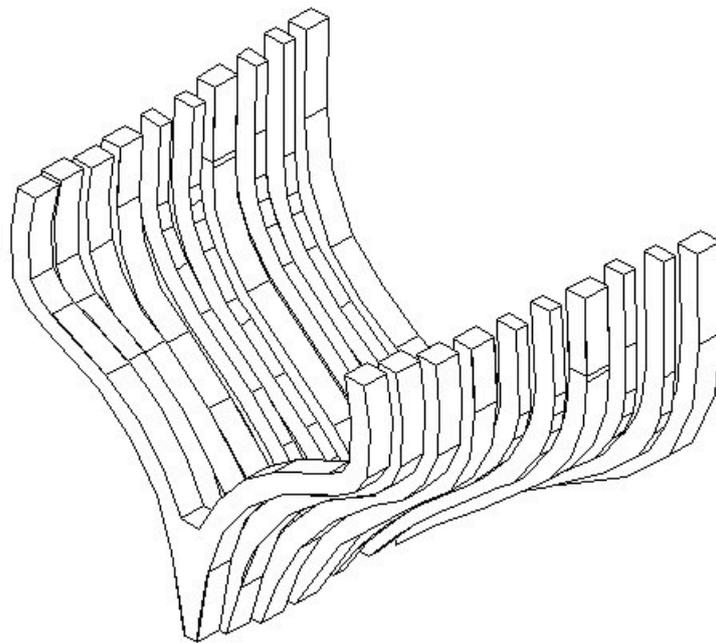


Figura 188. Cuadernas de la popa

Sobrequilla

Origen: Romero Landa.

Descripción de Romero Landa: *"4 Piezas derechas de Sobre-Quilla de 25 hasta 28 pies de largo, 13 pulgadas de grueso a la línea, y 9 de peralto a la grúa, las dos de ellas con 12 pulgadas de vuelta".*

Romero Landa proporciona los datos de la construcción de la sobrequilla como hizo para la quilla: tampoco ofrece un dibujo de esta pieza. El autor no considera necesario dibujarla ya que sus dimensiones son rectas y con la descripción basta. Son 4 piezas de sobrequilla que deberán ensamblar las cuadernas con la quilla, pero esto lo deja a interpretación del carpintero de ribera.

Modificaciones:

La sobrequilla ha de ser endentada para que reciba a todas las cuadernas, ya que va a ser la pieza que dé solidez a la estructura del barco uniendo la quilla con las cuadernas de modo que estas transmitan todos los esfuerzos estructurales a la quilla y que sea el conjunto quilla-cuadernas-sobrequilla el soporte estructural de la nave. La sobrequilla va adaptándose a la altura que necesite para efectuar dicha operación, desde su menor altura en la cuaderna maestra hasta sus mayores alturas en proa y popa, donde las cuadernas parten desde la contrarroda o el codaste, sin sobrepasar el yugo inferior.

Según Boudriot, el hueco que ha de dejarse en la sobrequilla para recibir a las cuadernas es de la mitad del grosor de la quilla.

Se tiene en cuenta que las cuadernas de armar tienen doble grosor que las de relleno, de modo que el hueco es doble también.

El ajuste de la sobrequilla con las cuadernas se efectúa mediante tacos¹³⁹. En los lugares donde hay mucha diferencia de altura entre la sobrequilla y la zona donde ensambla con la cuaderna se colocan los tacos mayores de sobrequilla para que el ajuste sea perfecto.

Gráfico:

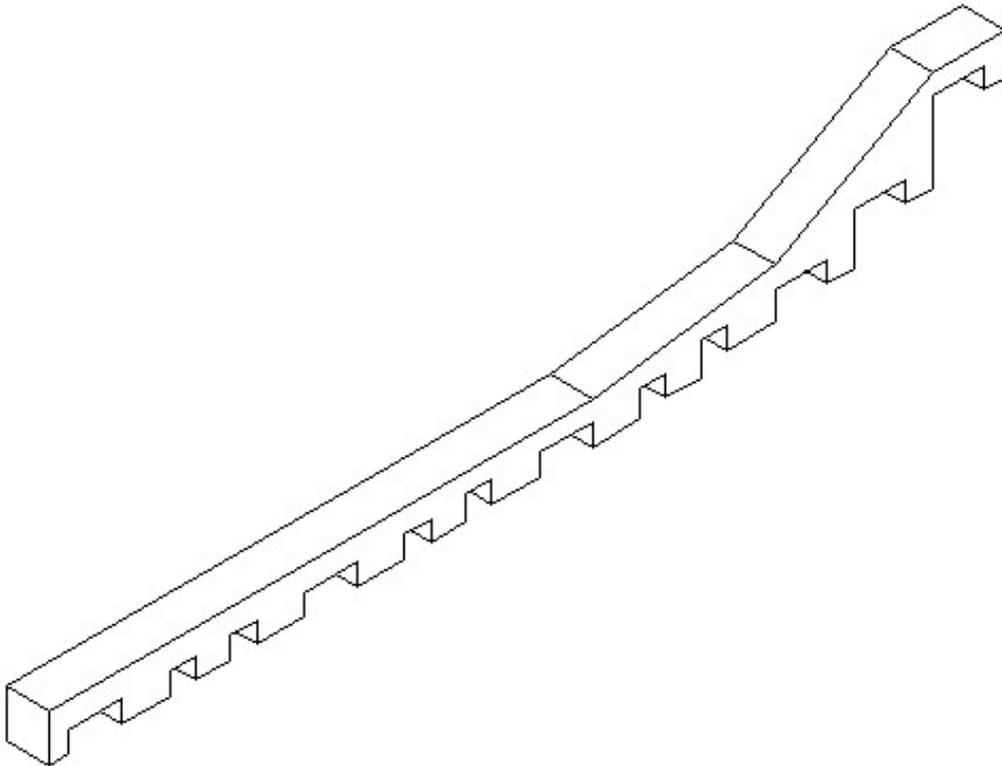


Figura 189. Sobrequilla de proa

¹³⁹ *Tacos o rellenos que hacen de la unión mas sólida*

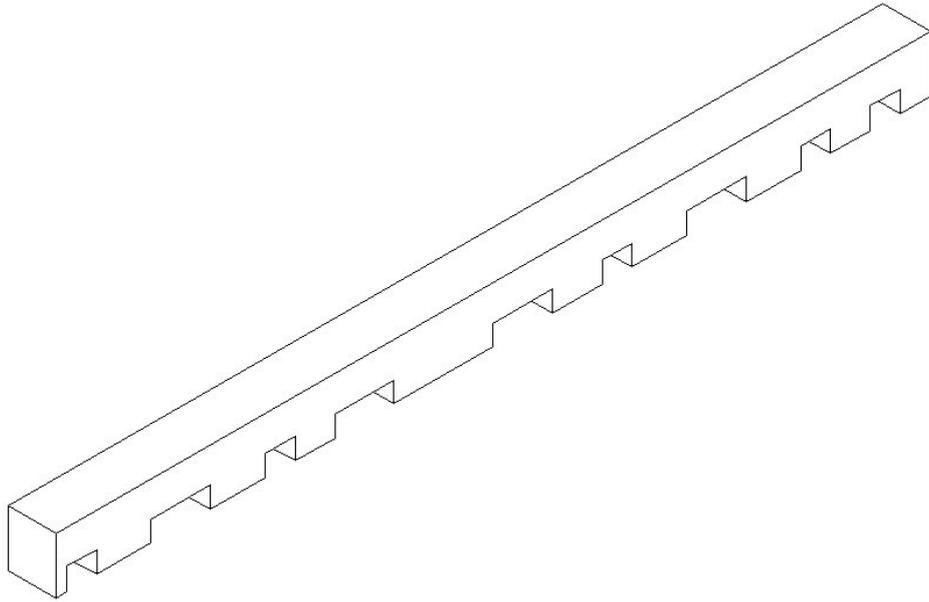


Figura 190. Sobrequilla de la sección medio-proa

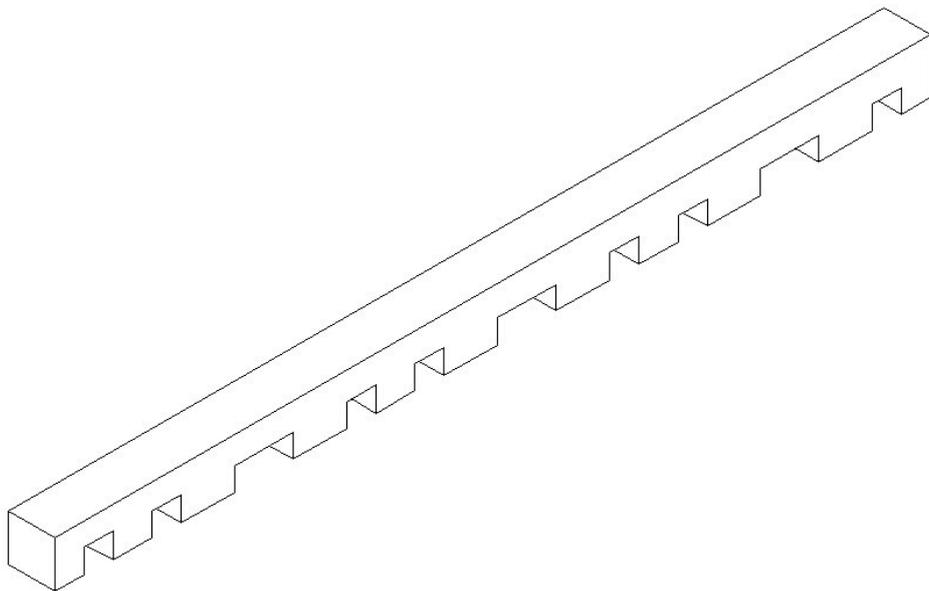


Figura 191. Sobrequilla de la sección medio-popa

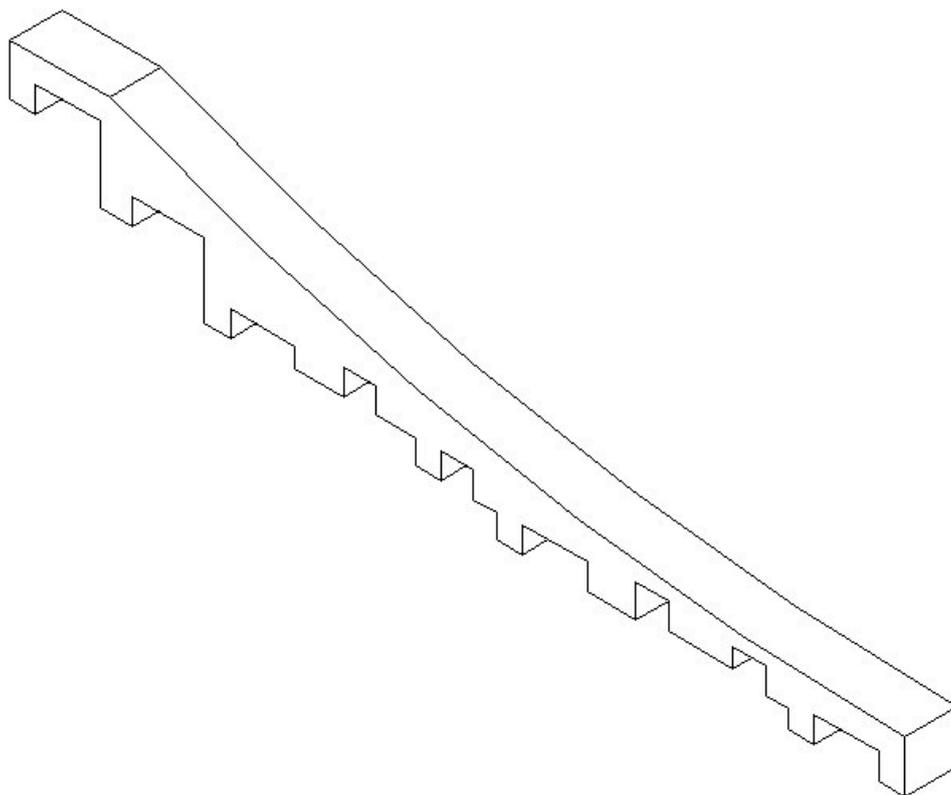


Figura 192. Sobrequilla de popa

LA COLOCACIÓN DE ELEMENTOS DE REFUERZO

Puntales

Origen: el autor, basándose en diversas fuentes.

Modificaciones:

No existen al no tener pieza original. Estas piezas van desde la mitad de los baos hasta apoyarse en la sobrequilla y sirven para dar consistencia a los baos, que soportan a su vez la carga de la cubierta principal.

Las dimensiones de estas piezas cambian dependiendo de la distancia que se ha mencionado. Se ponen en cada bao, es decir, en las cuadernas de armar, y su unión es de espiga con el bao y con la sobrequilla.

Gráfico:

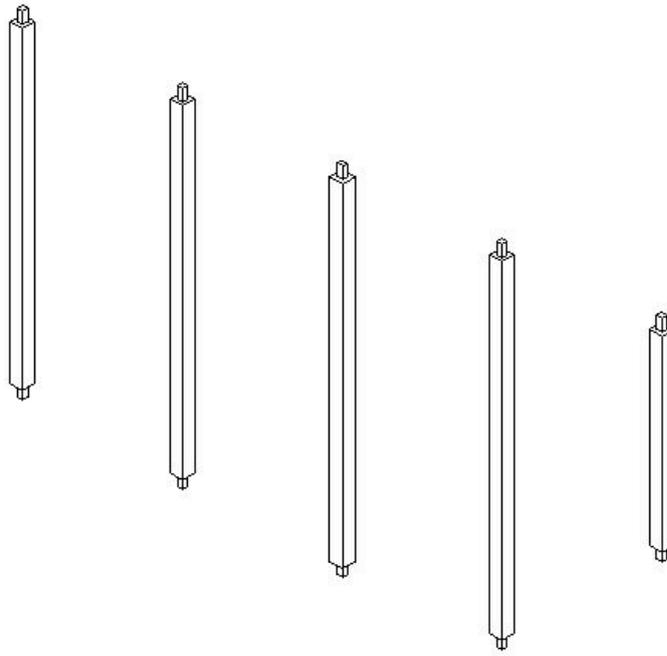


Figura 193. Puntales de la sección de proa

Baos

Origen: Romero Landa.

Descripción de Romero Landa: *"25 Baos enteros para esta Cubierta de 22 a 30 pies de largo, 7 pulgadas de grueso en quadro, con 5 pulgadas de vuelta, como las figuras núm. 203 y 204"*.

Romero Landa nos muestra un ejemplo de las vigas que dan la fortaleza a la cubierta, las cuales deberán ser adaptadas para que se ajusten a la manga del barco, que como ya se sabe es diferente en cada zona del mismo.

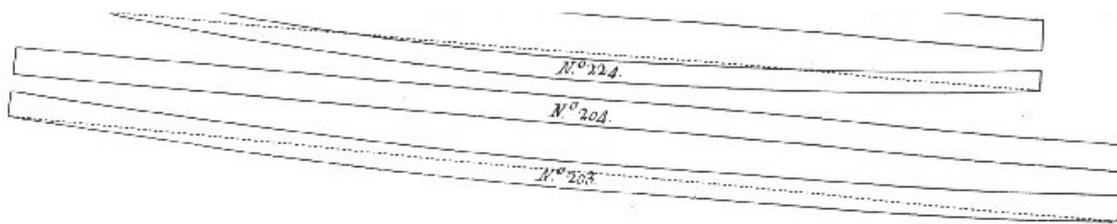


Figura 194. Baos de Romero Landa

Modificaciones:

Como ya se ha comentado no son necesarias muchas modificaciones, pero sí hay que tener en cuenta una curvatura necesaria para que el agua de la mar caiga por gravedad hacia las bandas. Esta elevación en crujía es de un $1/48$ de la manga y esa curvatura será reflejada en la pieza final.

Se ponen baos en cada cuaderna de armar con sus respectivas curvas alto-abajo en cada bao para reforzar dicha unión con las cuadernas y además las curvas valonas para reforzar la unión con los durmientes.

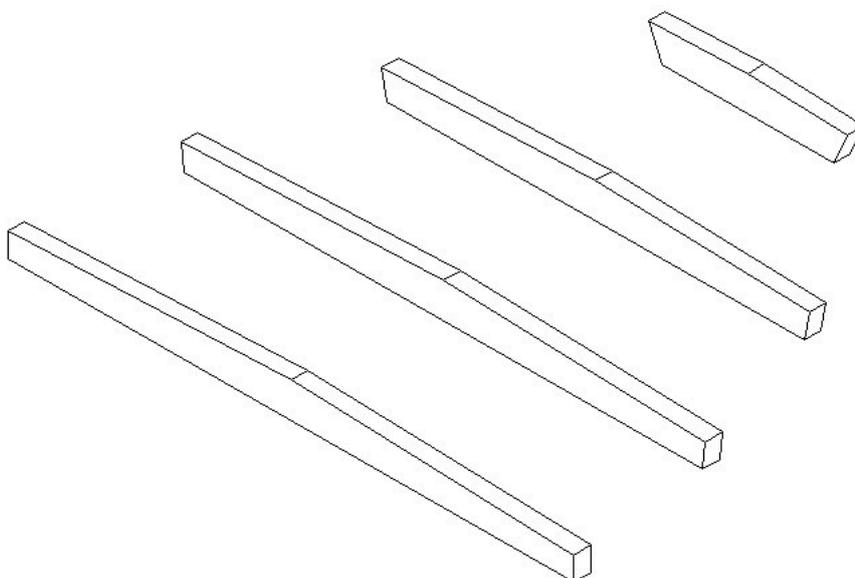
Gráfico:

Figura 195. Baos de la proa

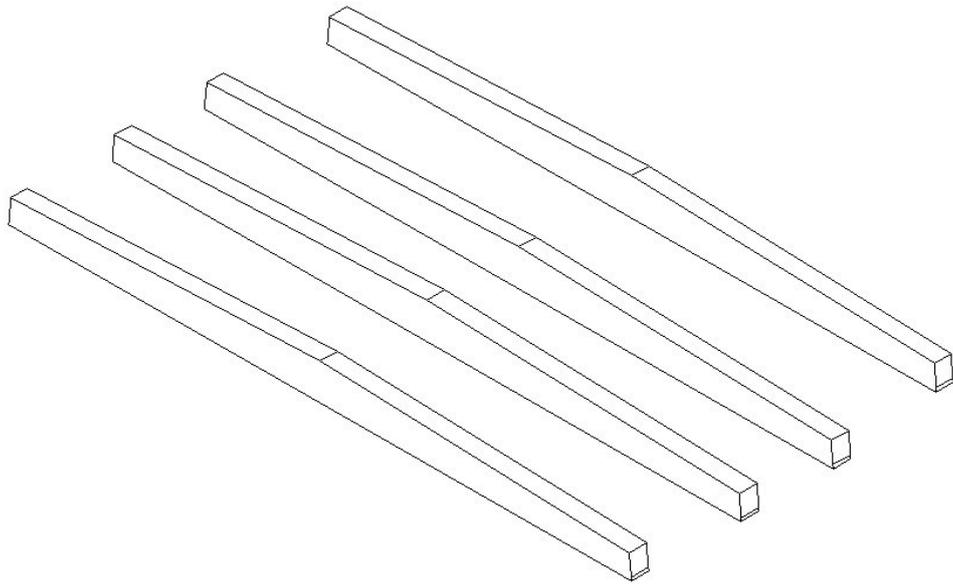


Figura 196. Baos de la sección medio-proa

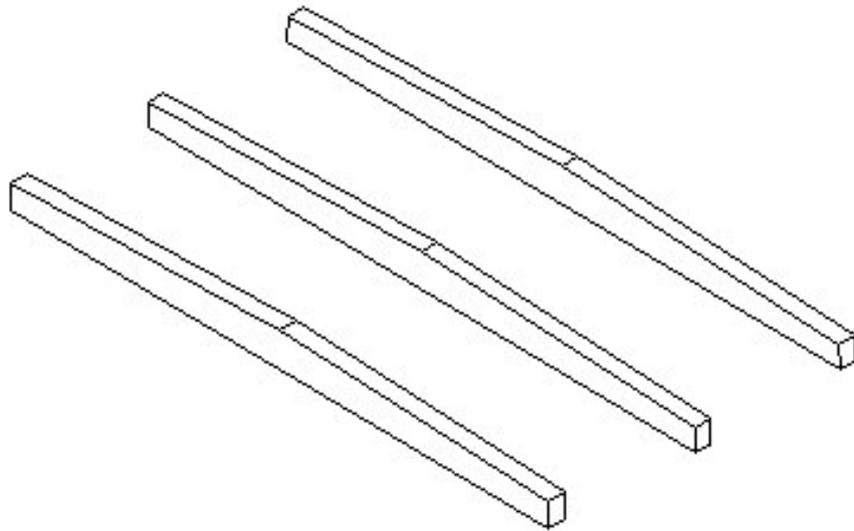


Figura 197. Baos de la sección medio-popa

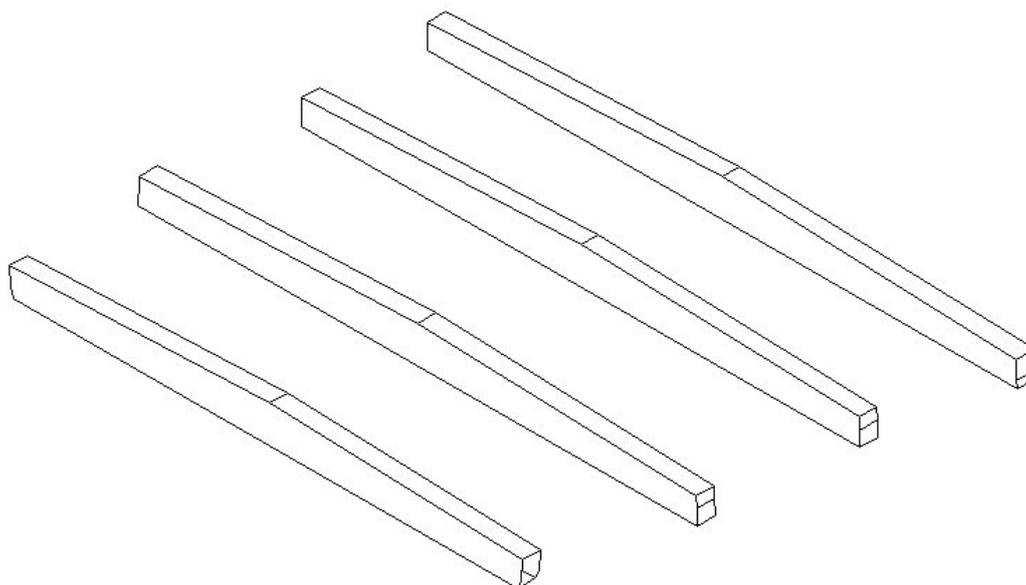


Figura 198. Baos de popa

Baos para alcázar y castillo

Origen: Romero Landa.

Estas piezas vienen en el Reglamento, pero no se ha considerado necesario incluirlas puesto que son piezas cuya presencia depende de que, por la forma del bergantín, el barco lleve o no esta estructura y en el caso del bergantín de la S.O.G. no ha comprobado su presencia.

Durmientes o Entremiches

Origen: el autor basándose en diversas fuentes.

Romero Landa no consideró añadir este concepto en su Reglamento. Tanto los durmientes como los palmejares son importantes para la resistencia estructural de la nave y por ese motivo los tendremos en cuenta. Ambos dan una robustez añadida al casco que no es despreciable. Los palmejares se utilizan en barcos de mayor tamaño, ya que estaban indicados cuando había que reforzar las uniones de ligazones que no estaban soportadas por los baos, que es lo que nos concierne, de modo que no serán utilizados, en cambio sí los durmientes.

Modificaciones:

Se sitúan entre cada 2 cuadernas de armar y en proa y popa se alternan, ya que se tienen sólo cuadernas de armar.

Soportan a los baos en unión de cola de milano¹⁴⁰ y llevan curvas valonas "mirando" a la cuaderna maestra, así como curvas alto-abajo.

Gráfico:

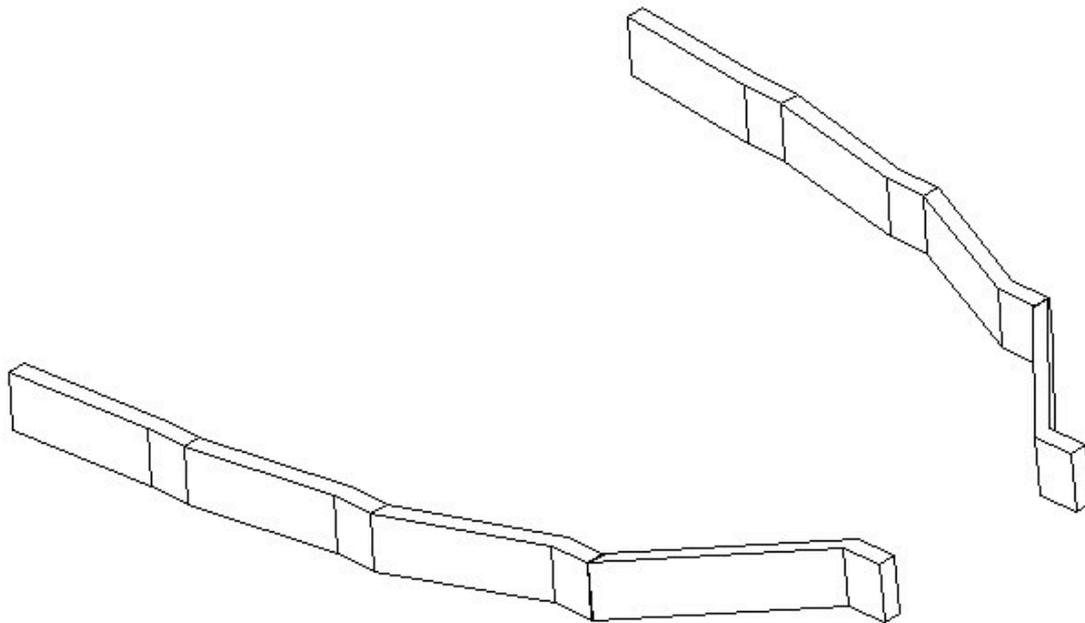


Figura 199. Durmientes de proa

¹⁴⁰ Cola de Milano: unión que lleva este nombre porque se efectúa un corte en las piezas que van a unirse, con esa forma.

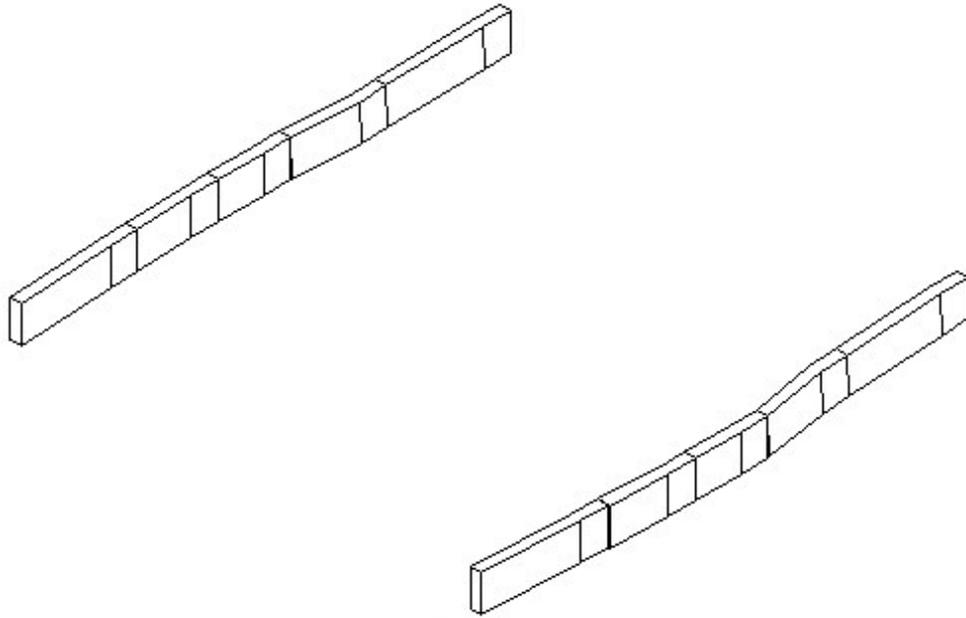


Figura 200. Durmientes de la sección medio-proa

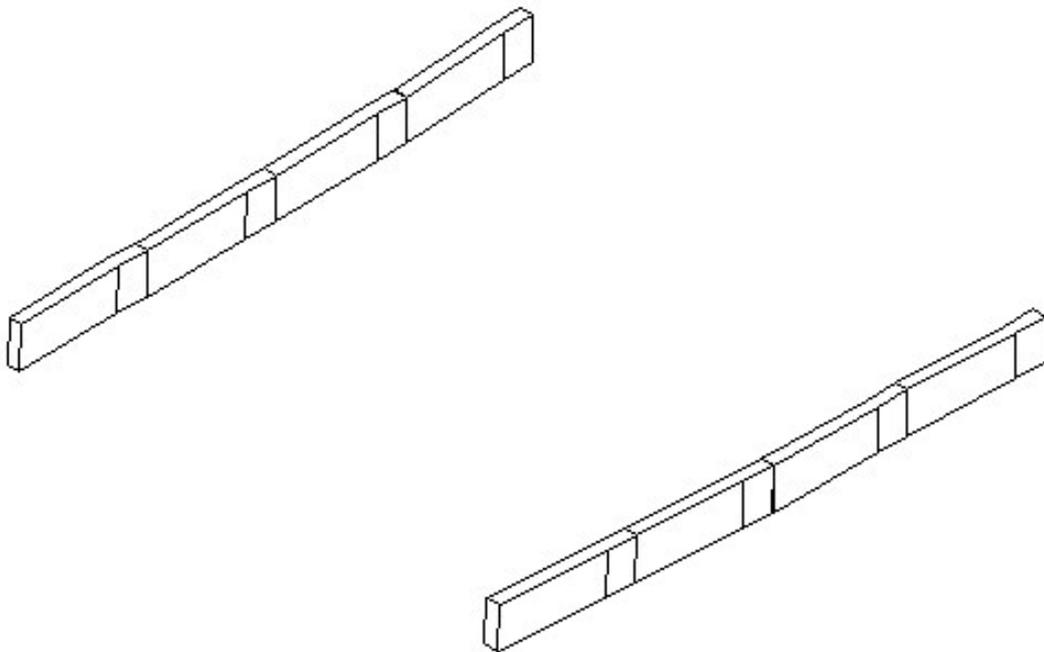


Figura 201. Durmientes de la sección medio-popa

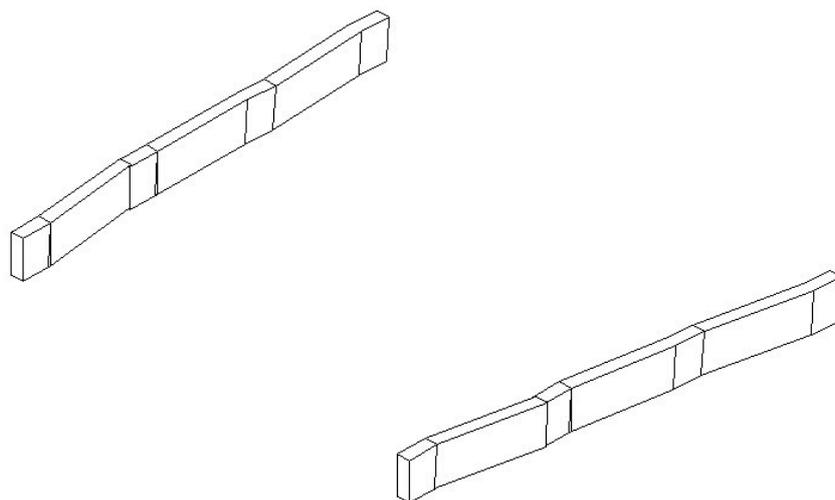


Figura 202. Durmientes de popa

Escobenes

Origen: Romero Landa.

En el Reglamento habla de 10 piezas, 5 a estribor y 5 a babor, que van desde la cuaderna más a proa hasta la roda para añadir un refuerzo a la zona de la proa. En el barco que nos concierne, éste tiene la última cuaderna tan cerca de la roda que se ve innecesario la colocación de estas piezas por su poco interés estructural, ya que la proximidad de los refuerzos hace imposible la colocación de las mismas.

Serviolas

Origen: Romero Landa.

Descripción de Romero Landa: "2 *Serviolas*, que serán de alto abaxo como la figura núm. 271, y de Popa a Proa como la figura núm. 272, que será de peralto 14 pulgadas, y 16 de grueso".

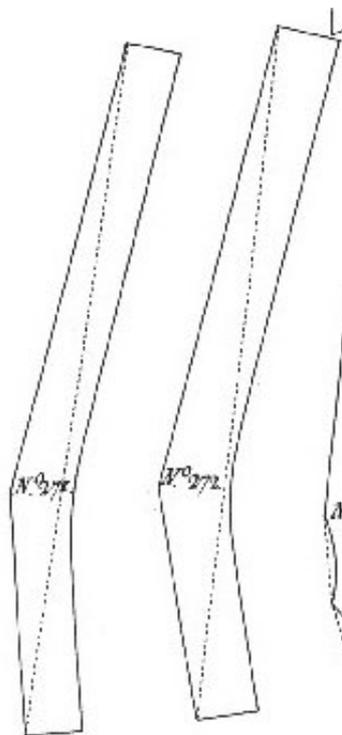


Figura 203. Serviolas de Romero Landa

Estas piezas facilitan la maniobra en la proa. Tienen salida en la primera cuaderna de proa y su ángulo respecto al través es de unos 20-30°.

Modificaciones:

Es una de las piezas menos modificadas respecto a la original debido a su escaso número de ensambles y a que no tiene mucho interés estructural. En el Reglamento de Romero Landa, que se refiere a naves mayores, se describen unas piezas que refuerzan los serviolas y que se ha creído necesario incluir; estas piezas son las curvas de los serviolas. Son piezas que no se ven en el plano de la S.O.G. porque parece que su autor no consideró importante dibujarlas, pero se cree que son imprescindibles para las maniobras. Estas piezas salen a la altura del bauprés, justo por encima, tal y como podemos ver en *El Gargo*. Se les añade un taco de encaje para que se introduzcan con fortaleza en la cuaderna 217 (unión a espiga).

Gráfico:

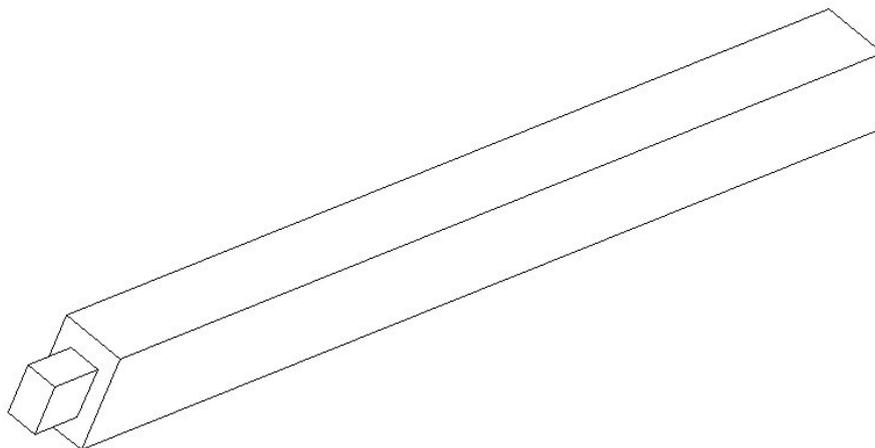


Figura 204. Serviolas

Curva de Serviola

Origen: Romero Landa. (Navíos de 100, 74, 64 cañones y fragatas).

Descripción de Romero Landa: "2 curvas de alto abaxo para ellas, como la figura núm. 273, que tengan de grueso a la línea 17 pulgadas, con un pie de vuelta".

Esta definición pertenece al navío¹⁴¹ de 74 cañones. En la definición correspondiente a nuestro tipo de nave no se encuentra pero, como ya se ha comentado antes, se ha creído conveniente colocarlas por la longitud de los serviolas para dar mayor robustez a la unión. Es una pieza que puede verse en barcos similares al que se está tratando.

Modificaciones:

¹⁴¹ El Reglamento de Romero Landa se compone de varios tipos de barcos y el navío de 74 cañones es el siguiente que trata, después del navío de 100 cañones.

Es de imaginar que esta pieza apenas necesita de modificaciones para poder ser la definitiva, dado que va a reforzar la unión del serviola con la cuaderna de más a proa únicamente.

Gráfico:

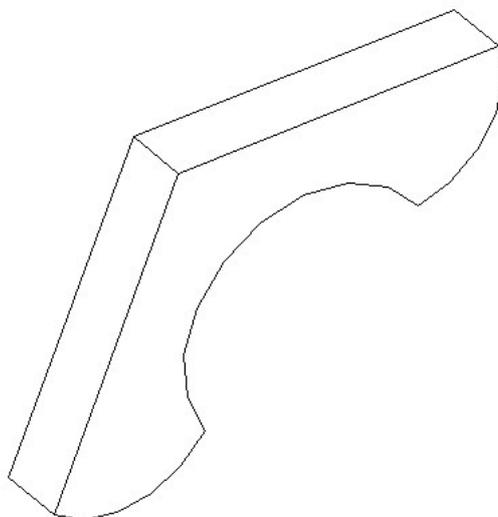


Figura 205. Curva de Serviola

Busarda

Origen: Romero Landa. (Navíos de 100, 74, 64 cañones y fragatas).

Descripción de Romero Landa: "*1 Busarda, que tenga de grueso a la línea de 12 pulgadas, y a la grúa como la figura núm. 199*".

Este caso es similar al de la curva de serviolas, ya que Romero Landa no lo incluye en el correspondiente a la sección de Paquebotes pero sí lo hace en barcos de mayor tamaño. La definición pertenece a la de fragatas. Se ha creído conveniente añadir esta pieza para dar robustez a la proa y porque se ha visto¹⁴² en barcos de tamaño similar al bergantín.

¹⁴² Se ha podido comprobar la existencia de estas piezas en bergantines en tratados como los de Boudriot.
Arquitectura y Tecnología en el diseño del estandar mercante bergantín

Modificaciones:

La pieza final es muy similar a la original debido a que une pocas piezas. Solamente entra 1 que va situada a la altura de la cubierta y no caben más, ya que la proa está muy cerrada.

Gráfico:

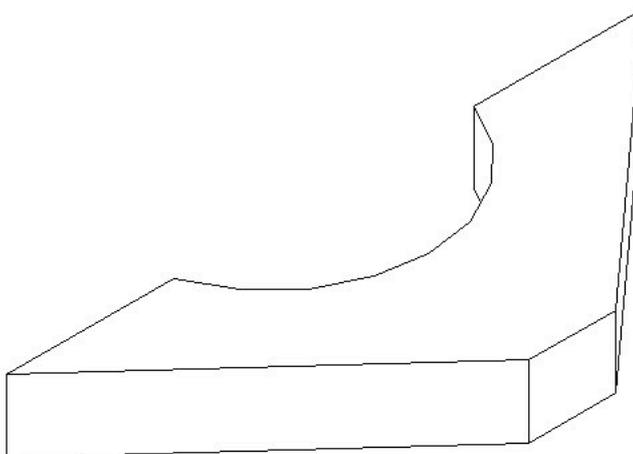


Figura 206. Buzarda

Curvas Banda

Origen: Romero Landa.

Descripción de Romero Landa: "4 Curvas Bandas como la figura núm. 269, que tengan de grueso a la línea 10 pulgadas, con 8 de vuelta".

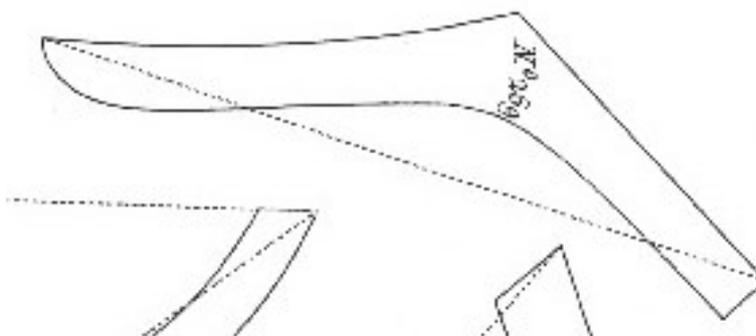


Figura 207. Curva Banda de Romero Landa

El objetivo de esta pieza es la de afianzar el tajamar. Su forma definitiva es casi idéntica a la que nos muestra Romero Landa.

Modificaciones:

Sin apenas modificaciones. Nada que salga de un ajuste con las piezas a las que une. Su parte más a proa parece ornamental.

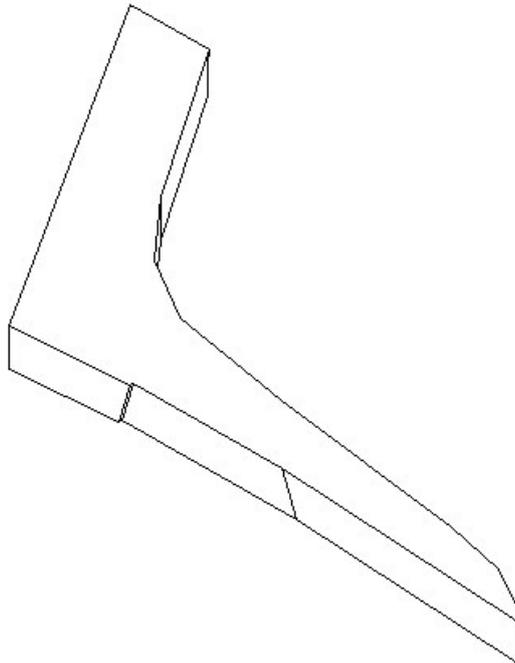
Gráfico:

Figura 208. Curva Banda

Curvas Alto-Abajo

Origen: Romero Landa. (Navíos de 100, 74, 64 cañones y fragatas).

Romero Landa cita estas curvas para otras naves de mayor tamaño. Se ha considerado incluirlas en el bergantín dada su necesidad estructural y porque se ha podido encontrar en barcos de similar tamaño de otros autores¹⁴³ que se han consultado.

¹⁴³ Autores como Boudriot, Marqués de La Victoria, Duhamel de Monceau, Sauvage y otros.

Modificaciones:

Su forma coincide con la curvatura de las cuadernas de armar, donde se sitúan. Van al lateral de cada bao, y refuerzan la unión de los baos lateralmente con los durmientes.

Gráfico:

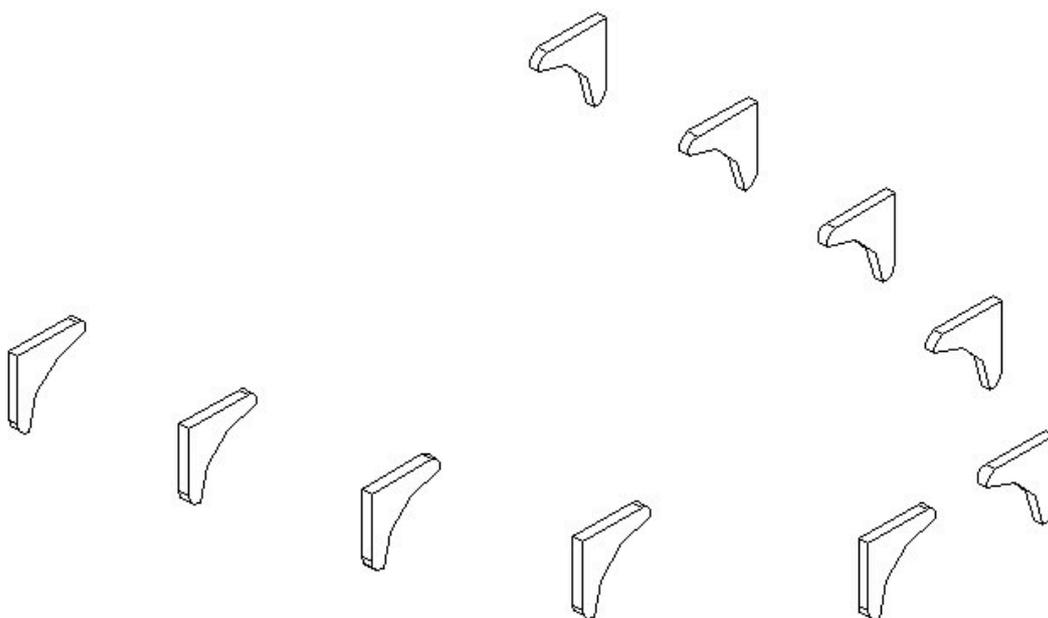


Figura 209. Curvas alto-abajo

Curvas Valonas

Origen: Romero Landa.

Ocurre lo mismo que en el caso anterior, en cuanto a que Romero Landa no las describe en el Reglamento para buques menores.

Modificaciones:

Van a lo largo de la eslora y miran hacia la cuaderna maestra y se sitúan en cada durmiente o bao.

Gráfico:

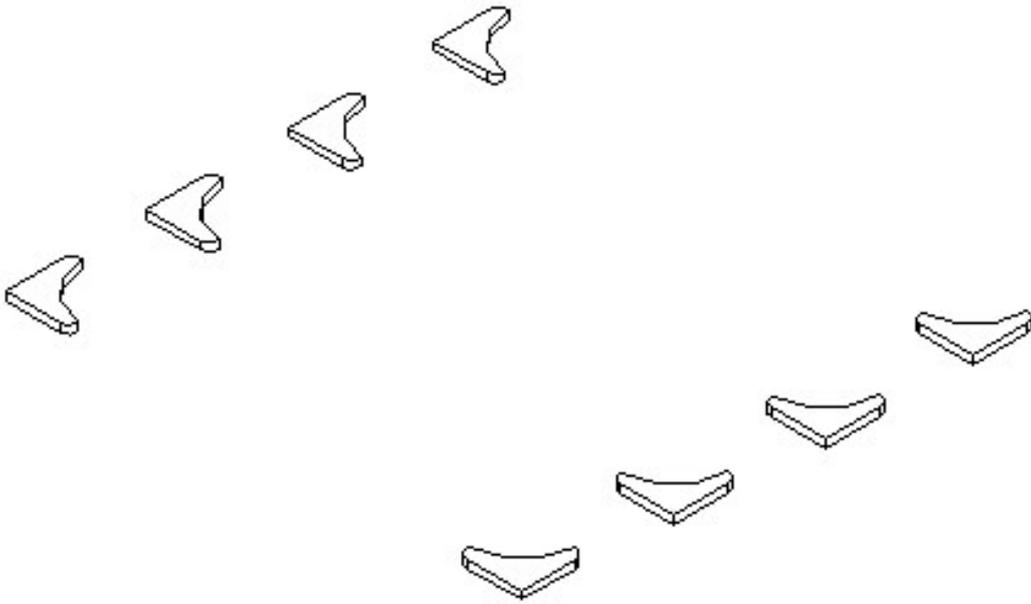


Figura 210. Curvas valonas

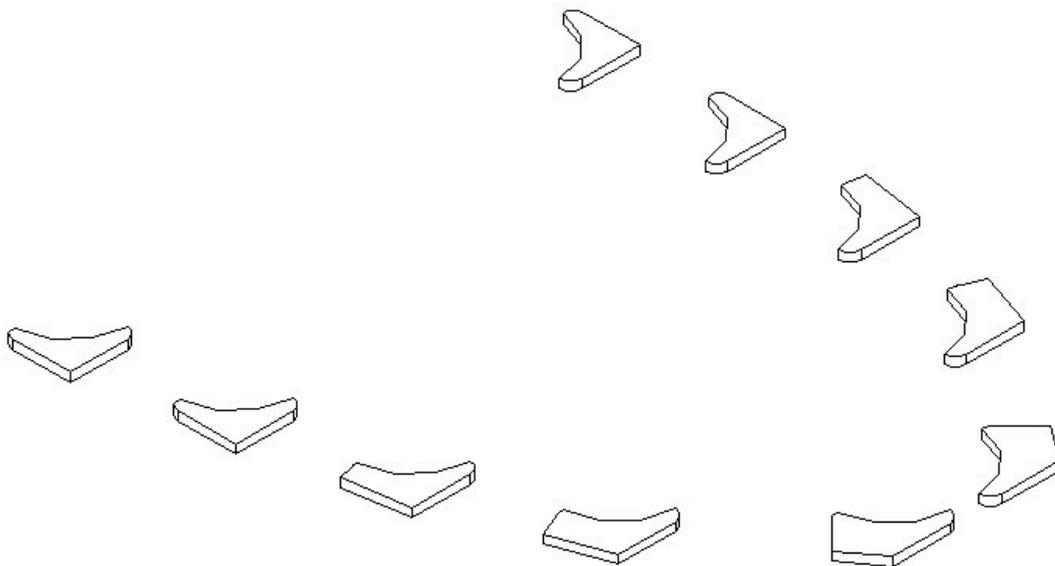


Figura 211. Curvas Valonas de proa

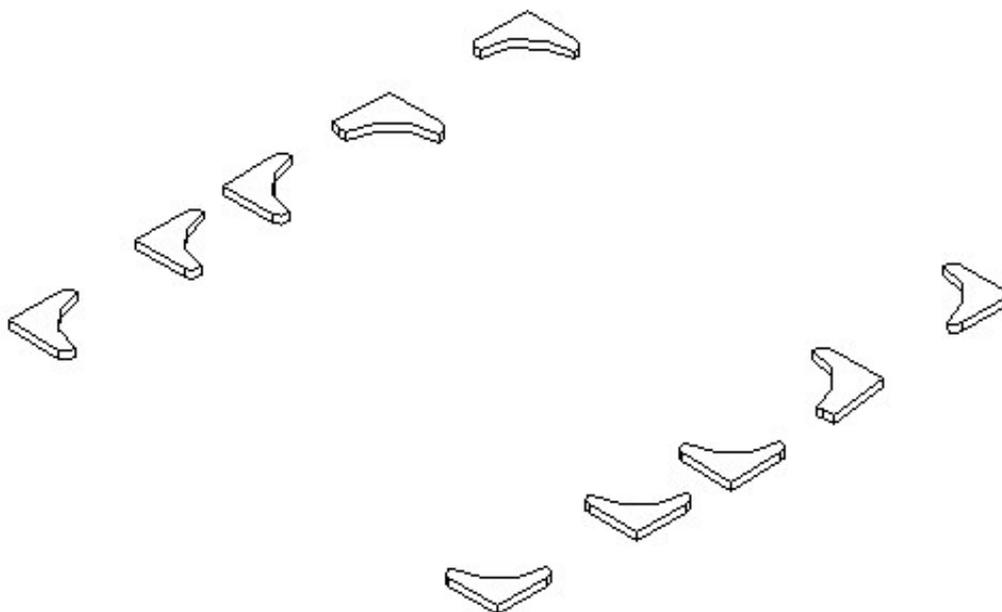


Figura 212. Curvas Valonas de la sección medio-proa

Curva Capuchina

Origen: Romero Landa.

Esta pieza viene en el Reglamento, pero no se ha considerado necesario incluirla dado que no he visto su presencia en los buques mercantes consultados.

Aletas

Origen: Romero Landa.

Descripción de Romero Landa: "2 Aletas de 9 pulgadas de grueso a la línea, y a la grúa como la figura núm. 18".

Las aletas son un tipo especial de cuaderna de popa. Podrían incluirse perfectamente en el apartado de cuadernas, pero se ha pensado que es interesante separarlas de estas a pesar de que se forman de la misma manera (son dobles). No parten de la quilla, sino que se unen a los yugos verticalmente

y tienen una inclinación (10°) hacia popa que puede apreciarse en el plano de la S.O.G. Hay una a cada banda y la unión de los yugos es por la parte de proa.

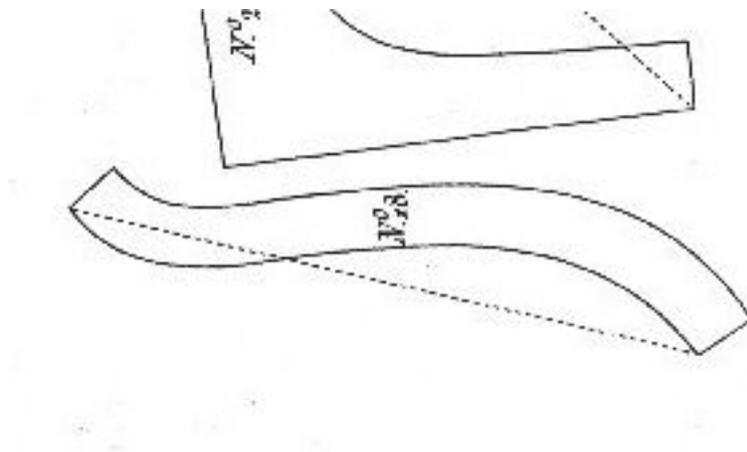


Figura 213. Aleta de Romero Landa

Modificaciones:

Las modificaciones son muy escasas, dado que no tiene ensamble con la quilla, y su unión con los yugos es una especie de apoyo sin tener en cuenta ningún tipo de rebaje. La formación de las aletas es como la de las cuadernas y en este caso, al ser dobles son como las de armar, la forma nos la dan tanto Romero Landa como el plano de la S.O.G.

Gráfico:

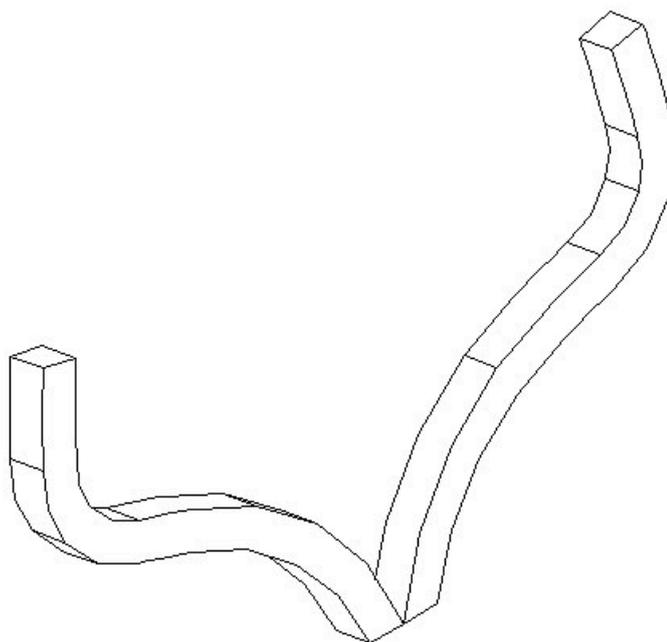


Figura 214. Aletas

Gambotas

Origen: Romero Landa.

Descripción de Romero Landa: "2 *Gambotas*, que serán a la grúa como la figura núm. 196, y a la línea como la figura núm. 197.

5 *Idem*, que serán a la grúa como la figura núm. 198, y tendrán de canto a la línea 9 pulgadas a la línea derecha".

Las gambotas parten del yugo principal para formar estructuralmente un voladizo o lanzamiento de popa y configuran, entre otras atribuciones, la parte habitable de la popa. Son, entonces, las responsables de dar una u otra forma de acabado a esta parte tan importante de la nave, de modo que se pueden encontrar popas más o menos lanzadas dependiendo de la forma de las gambotas.

En el caso que nos concierne podemos ver su forma en el plano de la S.O.G., ya que existe una vista muy clara de la forma de la popa.

Se apoyan en el yugo principal para poder dar consistencia a la popa y la cubierta principal parte de las mismas desde la parte superior.

Modificaciones:

Son pocas las modificaciones de estas piezas. Es necesario, principalmente, tener en cuenta el ensamble con el yugo principal.

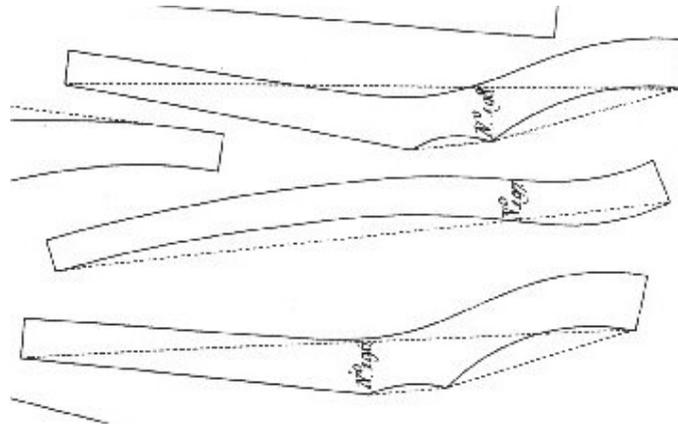


Figura 215. Gambotas de Romero Landa

Gráfico:

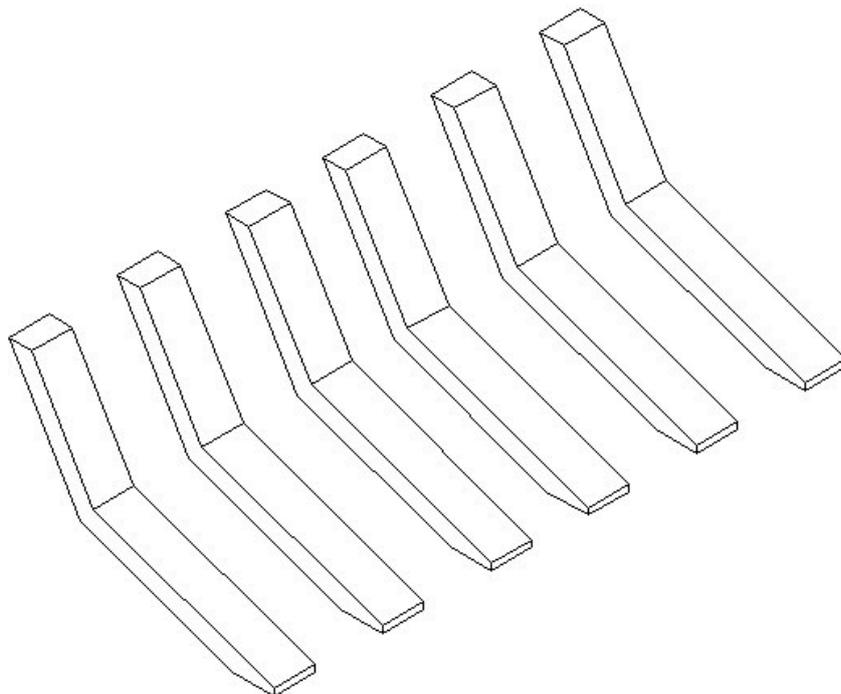


Figura 216. Gambotas

UNIÓN DE LAS PIEZAS PARA FORMAR LA ESTRUCTURA DEL CASCO

La construcción del bergantín ha de ser lo más similar posible a la construcción de esta nave en un astillero, de modo que las secuencias seguidas para dicha construcción queda así marcada.

Primeramente se ha de situar la quilla con todas sus partes (en este caso tenemos 4) en la bancada del astillero y añadir las partes tanto de proa como de popa que marcan las formas de la nave en cuanto a su puntal y a los acabados de dichas zonas. En la figura de la parte inferior se pueden ver las 4 secciones de la quilla unidas para formar la quilla entera. En la figura siguiente podemos ver que se han añadido tanto la roda y el tajamar en la zona de proa como el codaste en la zona de popa.



Figura 217. Quilla en sus 4 secciones



Figura 218. Añadimos estructuras principales de proa y popa

En la siguiente imagen puede verse ya una formación conocida en la construcción de barcos de madera durante varios siglos. Existen referencias bibliográficas, como las láminas del Marqués de la Victoria, Boudriot y Gaztañeta, entre otros, donde puede verse la construcción de barcos y cuya primera imagen o dibujo están formados por las mismas piezas que pueden verse en la siguiente imagen.



Figura 219. Elementos principales de construcción de naves

El siguiente paso consiste en situar la cuaderna maestra en su lugar, lo que nos va a dar una referencia aproximada de la manga del barco. En el caso del bergantín de la S.O.G., nos encontramos con un barco de cuaderna maestra doble.

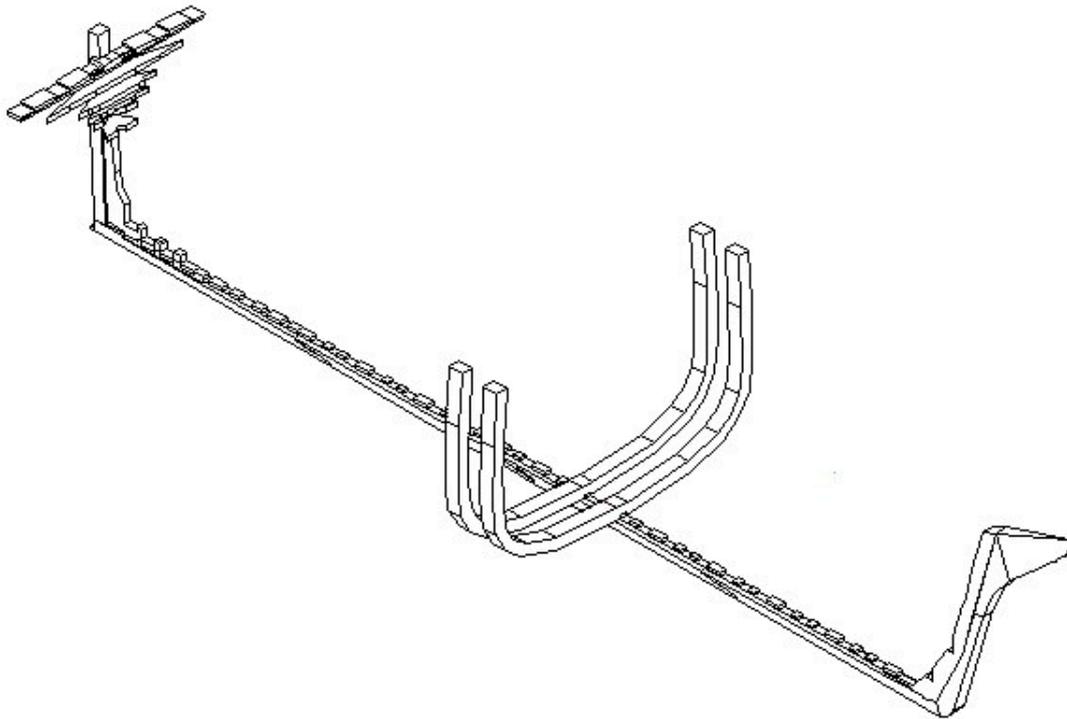


Figura 220. Colocación de las cuadernas maestras

El paso siguiente es el que nos lleva a situar dónde van las cuadernas que forman los raseles tanto de proa como de popa. Esta referencia es muy interesante dado que quedarán marcadas las zonas en las que comienzan tanto los finos del barco como las zonas que han de ser reforzadas.

En la figura que sigue podemos ver colocados los raseles de proa y popa, así como las cuadernas maestras. Ya se puede tener una idea más clara de cómo va a ser el barco.

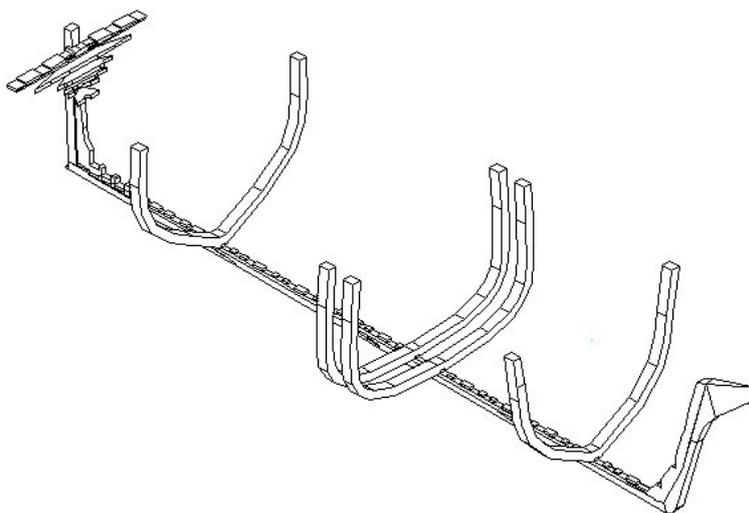


Figura 221. Colocación de los raseles de proa y popa

A continuación serán el resto de cuadernas de armar las que completen la estructura principal del bergantín. Puede verse cómo en las zonas de proa y popa existen sólo cuadernas de armar, ya que han de estar reforzadas. Se pueden ver también las aletas, que si bien no son cuadernas como tal, forman la estructura de la popa y se ha creído conveniente situarlas en esta figura.

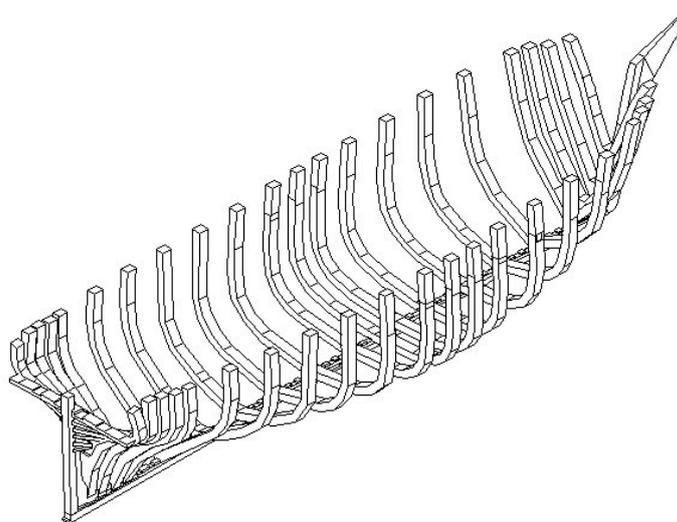


Figura 222. Colocación de las cuadernas de armar

Antes de colocar las cuadernas de relleno se hace necesario "marcar" la manga de las cuadernas intermedias por medio de las bagaras que, además, definen el rebaje del canto de dichas cuadernas según su ángulo de escantillón.

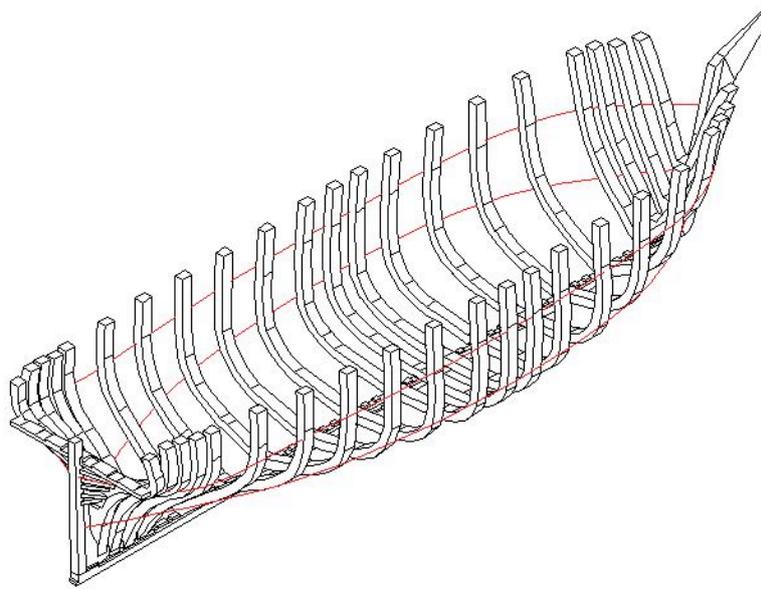


Figura 223. Colocación de las bagaras

Si se colocan ahora las cuadernas de relleno, se obtiene la forma definitiva del casco con todos sus componentes principales.

Podemos observar cómo van colocadas 2 cuadernas de relleno por cada hueco existente entre cada cuaderna de armar en las zonas donde son necesarias.

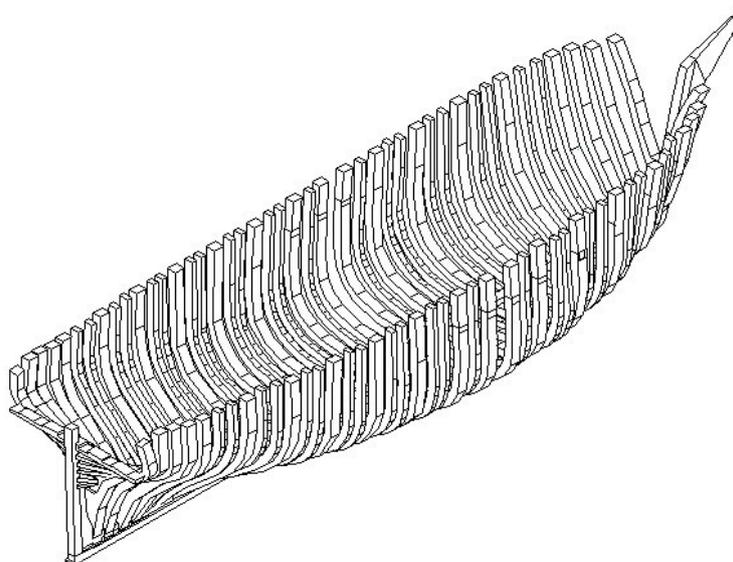


Figura 224. Colocación de las cuadernas de relleno

Para poder dar consistencia a este casco es necesario añadir una serie de elementos que lo refuerzan tanto en sentido longitudinal como en sentido

transversal. Para ello se coloca la sobrequilla (que une a todas las cuadernas con la quilla), los durmientes, baos y puntales, que le dan consistencia en la zona cercana a la cubierta y de ese modo se tienen los refuerzos necesarios para dar dicha consistencia al bergantín.

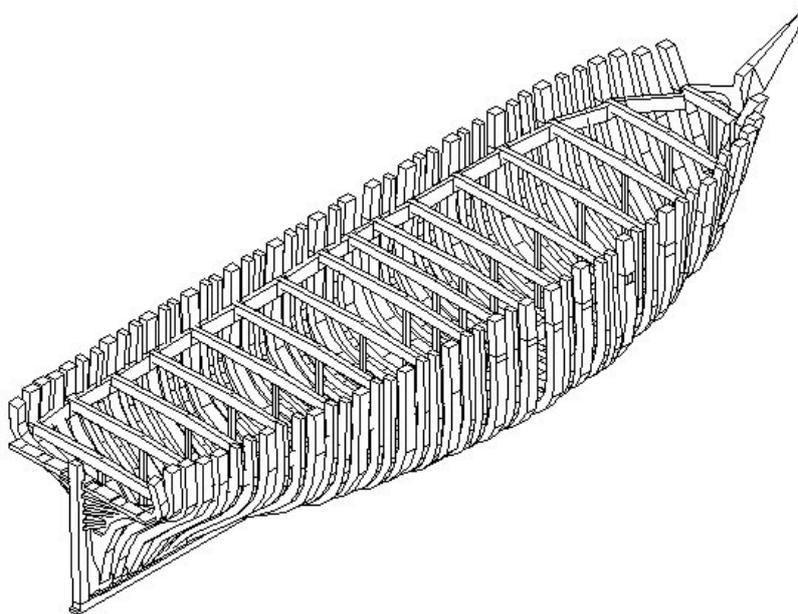


Figura 225. Baos, puntales y durmientes

Además de estos refuerzos se añaden, en las zonas de proa y popa, los elementos necesarios para maniobras y la zona de descanso de la tripulación.

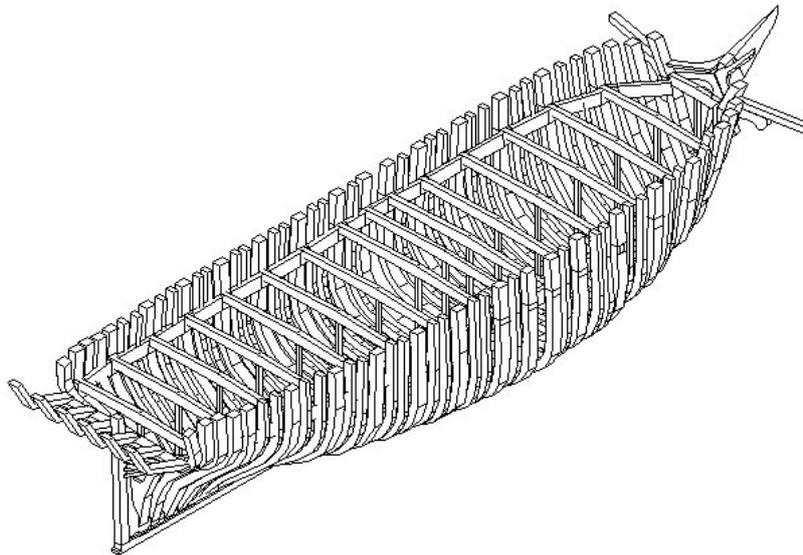


Figura 226. Elementos de maniobra y tripulación en zonas de proa y popa

En la siguiente fase se completan los refuerzos instalando las curvas alto-abajo y las curvas valonas que añaden consistencia al conjunto baos-durmientes, de modo que ofrecen una unión más sólida.

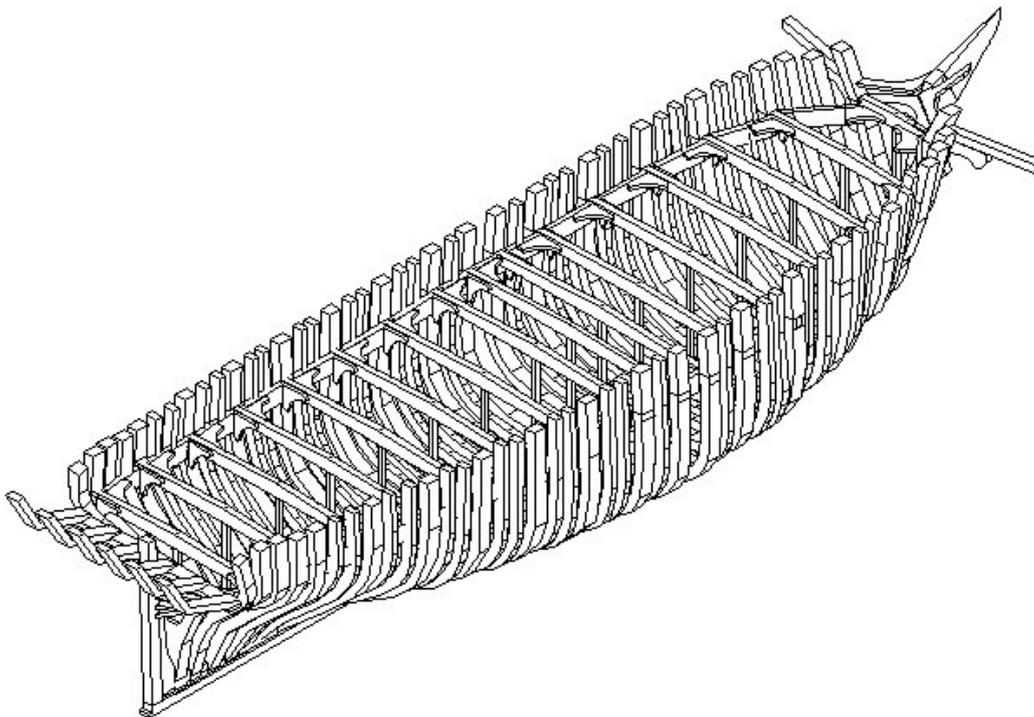


Figura 227. Curvas de refuerzo

Con esto se puede dar por finalizada la construcción del bergantín en lo referente a su estructura principal. A continuación se muestra una serie de imágenes de varias vistas del barco acabado.

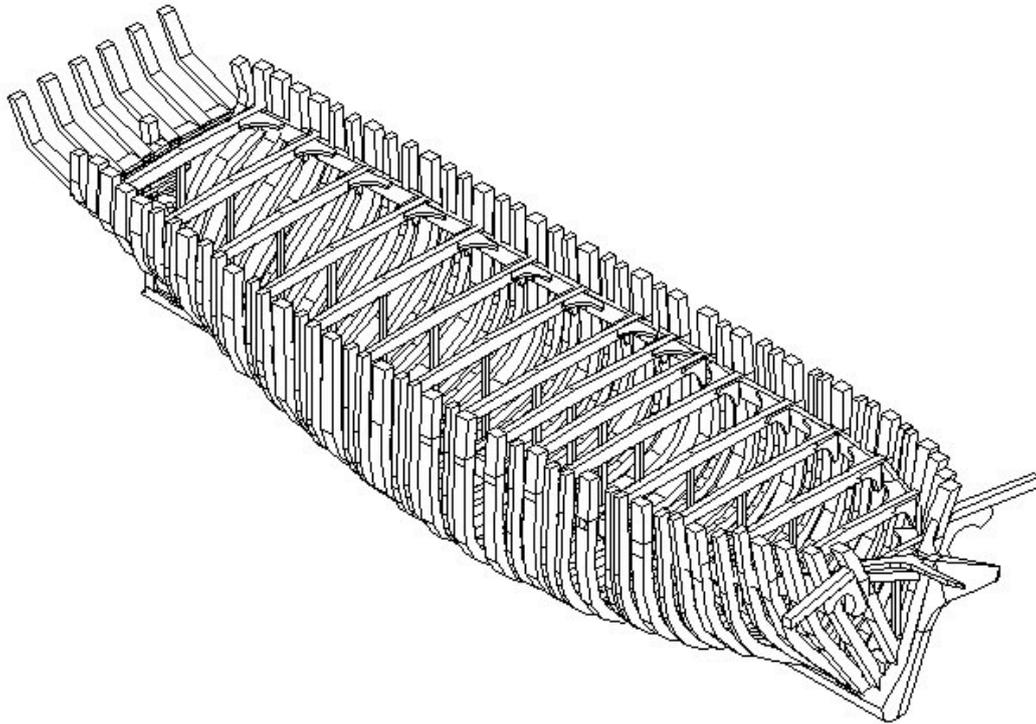


Figura 228. Bergantín acabado

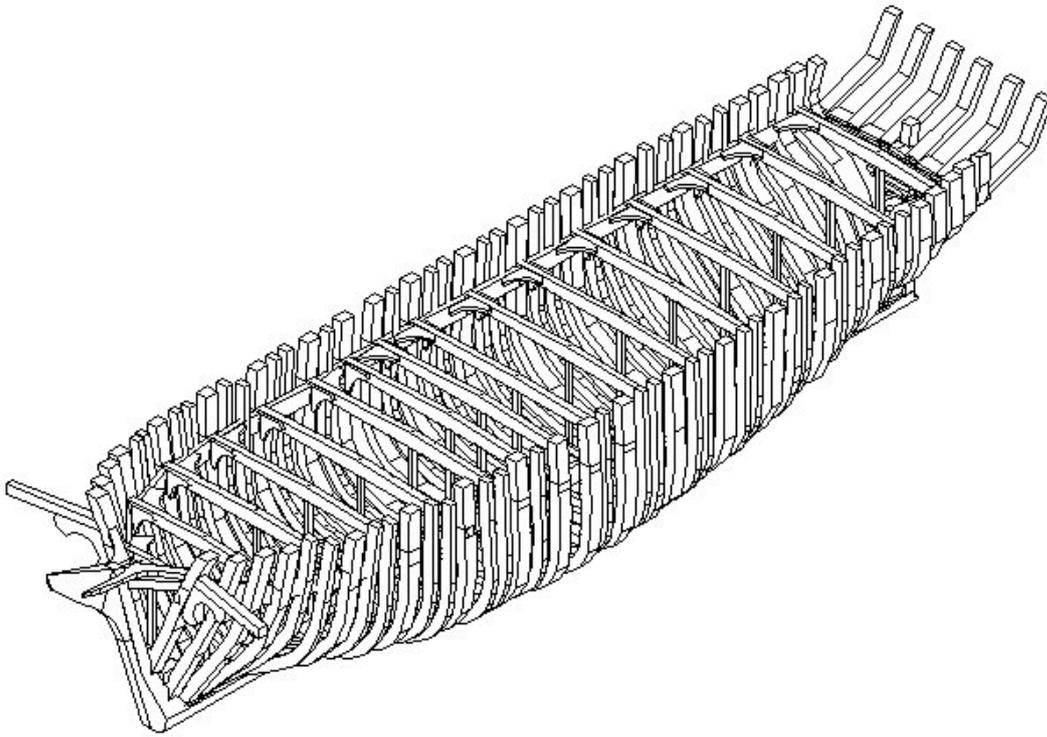


Figura 229. Otra vista del bergantín acabado

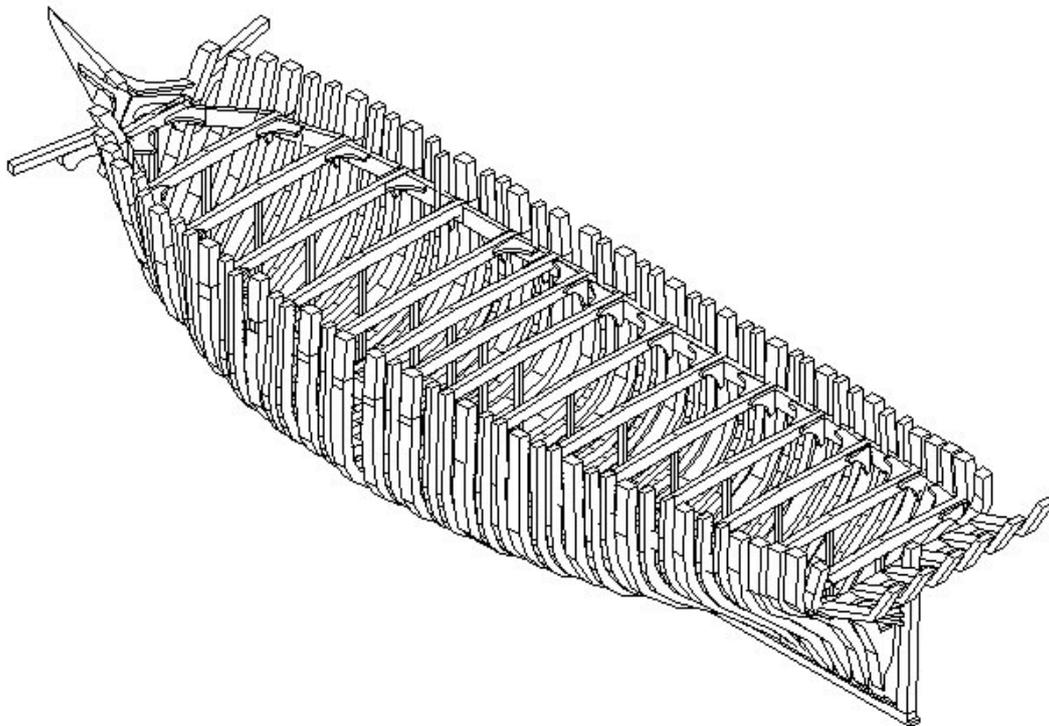


Figura 230. Otra vista

4.6. FASE 6: Calcular la estabilidad estática y dinámica del bergantín

El bergantín de la S.O.G. contiene en su plano unos datos referentes a la estabilidad que vamos a comparar con los datos obtenidos con el tipo de cálculo que se utilizaba durante el siglo XVIII: el de los trapecios.

Podemos ver dichos datos en la parte inferior derecha del plano:



Figura 231 Detalles de la estabilidad

En dichos detalles podemos ver un apartado de Estabilidad-Metacentros y un apartado de Estabilidad-Centros de gravedad.

En el apartado de *Metacentros* podemos ver:

- Altura del metacentro longitudinal encima del centro de gravedad: 1'35 m.
- Altura longitudinal encima del centro de gravedad: 9'79 m.

Y en el apartado de *Centros de gravedad*:

- La distancia de la perpendicular de popa al centro de gravedad: 11'14 m.
- Distancia de la perpendicular de popa al centro de gravedad de la superficie de flotación: 10'97 m.
- Distancia del centro de gravedad a la superficie de flotación: 0'95 m.

La posición del metacentro inicial se encuentra actualmente en las tablas hidrostáticas, pero este dato es relativamente moderno. Para determinar su

valor es necesario conocer el valor de la altura del centro de gravedad sobre la quilla y la altura del metacentro transversal sobre la quilla, KM, que es una característica geométrica de la carena:

$$GM = KM - KG$$

$$KM = KB + BM$$

KB es la distancia desde la base al centro de la carena y BM la distancia desde el centro de la carena hasta el metacentro, lo que también se conoce como radio metacéntrico transversal.

En el caso del bergantín de la S.O.G. se contemplará el cálculo del KG de la embarcación en rosca, es decir, solamente el peso de la estructura principal de la nave.

Cuando se tiene el valor de GM o altura metacéntrica se puede decir que el equilibrio será:

Estable si $\overline{KM} > \overline{KG}$.

- Inestable si $\overline{KM} < \overline{KG}$.
- Indiferente si $\overline{KM} = \overline{KG}$.

Según sea la altura metacéntrica positiva, negativa o nula.

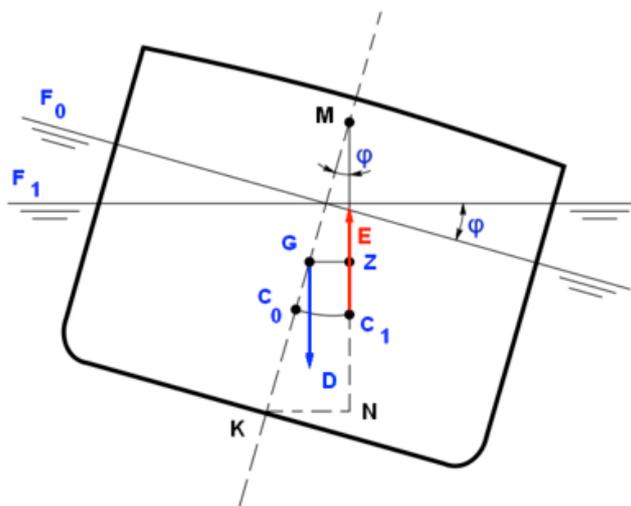


Figura 232 Gráfico de la altura metacéntrica (GM)

A lo largo del siglo XVIII no se calculaba el valor de KG porque su cálculo, aunque sencillo, era un poco engorroso y se calculaba solamente el valor de KM como suma de:

$$KM = KB + BM$$

KB es la altura del centro de carena sobre la base y BM la altura del metacentro transversal sobre el centro de carena o radio metacéntrico transversal; este último valor se tomaba por comparación con otros buques como índice de estabilidad.

Ya Jorge Juan, en su *Examen Marítimo*, de 1771, trata el metacentro como un elemento clave en la estabilidad de los navíos basándose en los estudios de Bouguer¹⁴⁴. El método de los trapecios consiste en efectuar sumatorios de todos los momentos de cada sección de la nave.

Los datos son introducidos generando un archivo en formato texto dado. Hay que definir las siguientes variables:

¹⁴⁴ JUAN Y SANTACILIA, J.: *Examen Marítimo*. Instituto de España. Edición Facsímile. Madrid 1968. Vol. II. p. 90.

- **Número de secciones.** En el caso del bergantín de la S.O.G. he considerado suficientes 20. Estas secciones incluyen las cuadernas de armar, desde la popa hasta la proa. Esto se puede ver más claro en el plano siguiente:

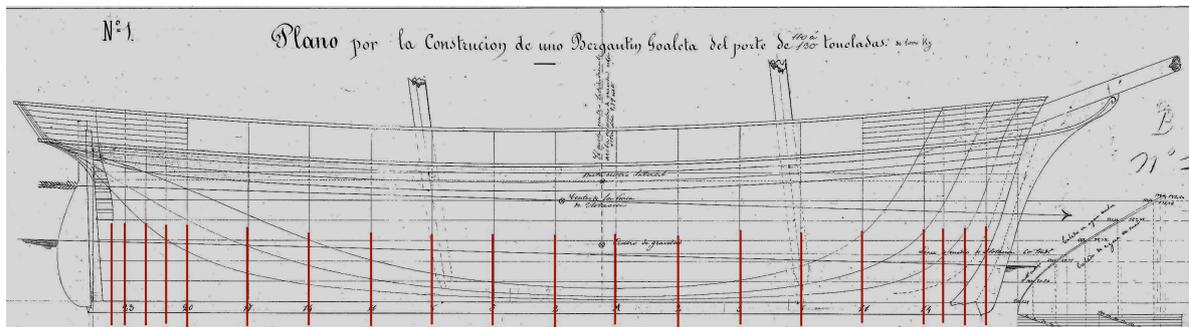


Figura 233 Secciones para el cálculo

- **Distancia de la flotación a popa de la primera sección y a proa de la última.** El programa calcula partiendo de la popa hacia la proa con los datos de las distancias de cada una de las secciones a la popa. En el caso del bergantín que nos incumbe, distancia a popa: 33'30 cm., y a proa: 30 cm. Ambas medidas sobre el plano, a escala. Si se consulta el plano:

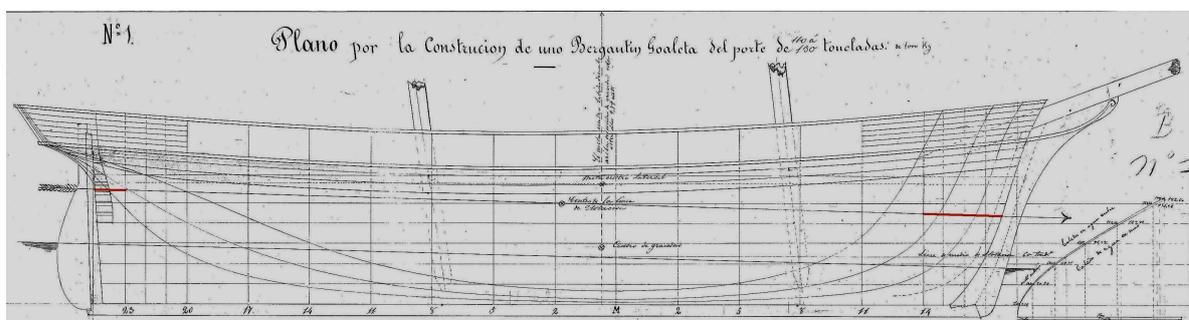


Figura 234 Distancias a la flotación

- **Número de sección, distancia a la popa y número de puntos que forman la media cuaderna.** En la primera sección: 0; distancia a

la popa: 0 cm.; y número de puntos: 7. Después se introducen los datos de las coordenadas de cada punto y repetir este proceso en las 20 secciones. Estos datos han sido hallados utilizando AutoCad. Para ello se ha utilizado la caja de cuadernas del plano y he definido los puntos necesarios para que se defina la forma de cada semicuada:

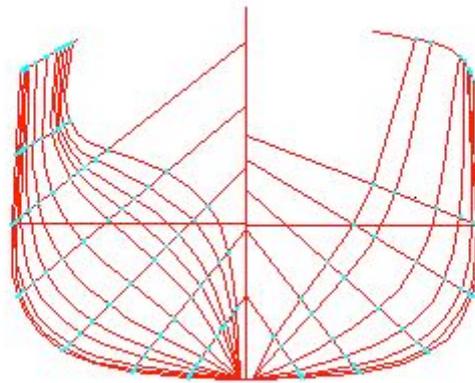


Figura 235 Caja de cuadernas con los puntos

Para medir las distancias de cada sección a la popa se ha medido sobre plano, a escala. Entonces queda:

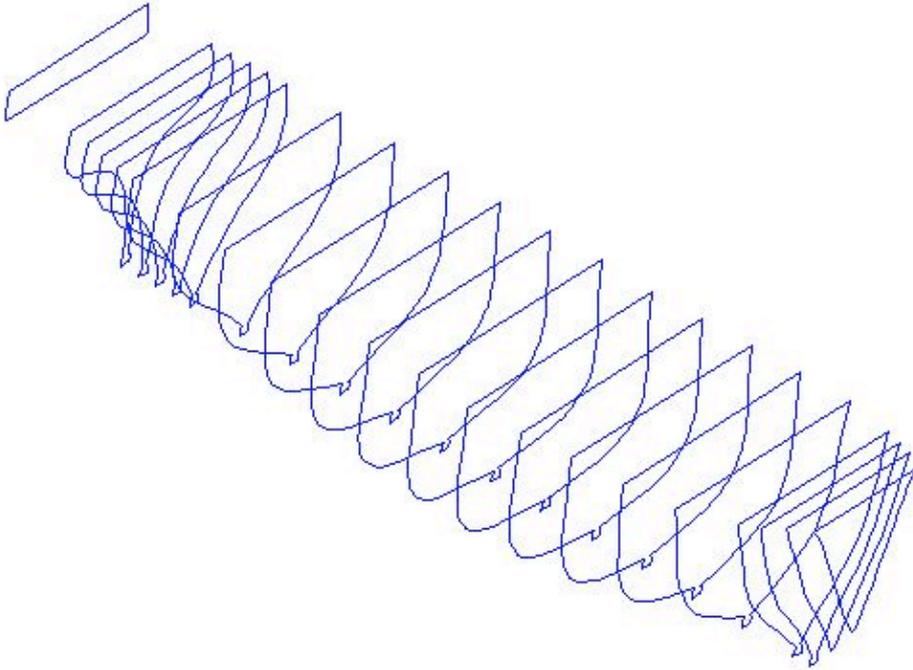


Figura 236 Simulación de los datos introducidos

Se recuerda que sólo se introducen las cuadernas por la mitad y que la última sección de popa no ha sido considerada.

Los datos numéricos son:

Bergantín de la S.O.G.

20 33.33 30.00

0 0 7

10.76 87.89

21.29 157.28

46.46 213.67

96.68 256.54

169.21 283.08

214.83 318.25

212.80 416.58

2 27 7

16.14 80.22

32.32 143.42

63.44	196.59	
119.52	237.28	
184.15	271.37	
222.73	313.45	
217.00	414.15	
4	72	7
24.33	68.53	
46.71	125.35	
81.15	178.53	
136.51	222.96	
196.80	261.47	
227.70	310.47	
222.34	411.06	
6	117	7
28.96	61.94	
55.83	113.89	
96.33	163.50	
151.19	210.58	
205.14	254.93	
230.80	308.55	
226.77	408.50	
8	162	7
35.24	53.03	
66.70	100.21	
111.72	148.03	
167.70	196.66	
215.25	247.01	
235.96	305.42	
231.83	405.58	
10	295	7
45.95	37.70	
87.61	73.98	
141.39	118.18	

198.93	170.33	
236.36	230.47	
249.12	297.43	
243.69	398.72	
12	428	7
53.62	26.74	
103.37	54.19	
167.06	92.37	
224.66	148.63	
253.57	216.99	
259.34	291.22	
256.78	391.15	
14	561	7
60.16	17.33	
116.26	37.99	
187.86	71.45	
244.78	131.67	
265.70	207.48	
267.44	286.31	
266.39	385.59	
16	694	7
64.37	11.41	
124.64	27.47	
202.47	56.75	
260.16	118.70	
275.28	199.97	
272.12	283.46	
268.30	384.48	
18	827	7
67.72	6.64	
133.05	16.91	
214.97	44.17	
271.63	109.03	

279.09	196.99	
274.87	281.80	
269.79	383.62	
20	960	7
69.51	4.08	
137.12	11.79	
221.01	38.10	
276.51	104.91	
282.83	194.06	
277.92	279.95	
272.00	382.34	
22	1093	7
70.61	2.52	
139.64	8.62	
224.18	34.91	
278.77	103.01	
285.82	191.72	
280.87	278.15	
275.00	380.61	
24	1226	6
68.44	4.18	
137.11	11.62	
219.84	36.99	
272.94	105.88	
283.62	192.06	
275.33	378.07	
26	1360	6
67.12	6.09	
132.65	17.24	
209.93	45.89	
264.31	111.13	
277.47	194.44	
272.71	383.49	

28	1493	6
63.58	11.22	
123.34	28.94	
192.04	61.95	
243.37	123.88	
262.63	200.19	
268.17	392.85	
30	1626	6
56.48	21.49	
106.83	49.69	
162.84	88.16	
209.23	144.66	
233.22	211.58	
262.79	397.38	
32	1759	6
42.96	41.06	
81.63	81.38	
120.74	125.94	
157.92	175.91	
182.84	231.21	
227.32	416.19	
34	1801	6
34.63	53.12	
67.52	99.12	
100.51	144.10	
132.42	191.43	
156.71	240.98	
208.08	419.83	
36	1848	7
181.28	772.12	
199.93	811.08	
227.58	861.59	
252.95	907.56	

277.34	952.30	
295.47	997.80	
360.40	1166.05	
38	1895	6
182.70	836.03	
207.98	886.23	
226.53	931.28	
243.84	972.98	
258.45	1012.13	
334.40	1169.84	

Josu Ruiz Godia. Agosto de 2007.

En el Capítulo V se presentarán el cálculo y el resultado de la carena y el metacentro.

4.7. FASE 7: Cálculo del arqueado del bergantín bajo diferentes ordenanzas y métodos vigentes en el siglo XVIII

Se comprobará según el método del siglo XVI el arqueado en el bergantín de la S.O.G, con las reservas convenientes sobre todo porque no es un barco que se haya construido ni en esa época ni con el método As-Dos-Tres, pero se verá qué número resulta y así se podrá comparar con otros cálculos posteriores.

$$\text{Volumen} = \frac{MH(Q + E)}{32}$$

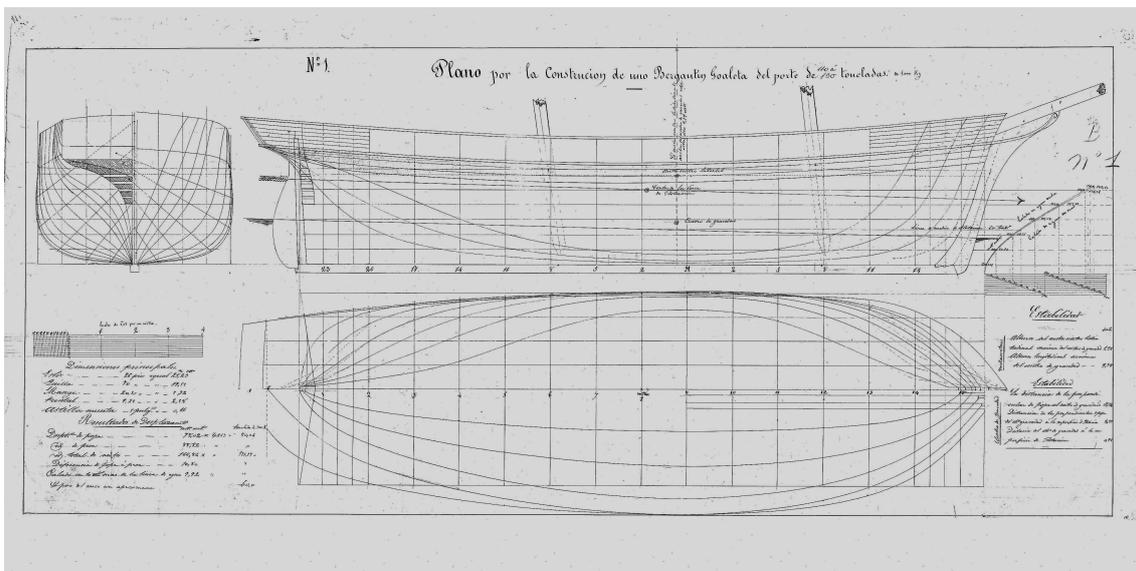


Figura 237 Bergantín de la S.O.G

Se calcula ahora el arqueado de *Los Tres Reyes Magos* por el método de Cristóbal de Barros. La manga ya se sabe: 12 codos. Para conocer la altura hasta el nivel de la manga máxima es necesario hacer un cálculo geométrico que se basa en el trazado del gálibo de las naves del siglo XVI¹⁴⁵, tal y como hace Rubio Serrano en su libro, lo que da un puntal de 4'5 codos y la eslora en ese nivel es de 32'5 codos:

¹⁴⁵ RUBIO SERRANO, J. L.: *Op. Cit.* p. 172.

$$Volumen = \frac{6\left(\frac{6+4.5}{2}\right) * 32.5}{8} * 1.14 = 128 \text{ toneles.}$$

Se calculará el arqueo por medio de la fórmula de las Ordenanzas de 1613:

$$Volumen = 0.95 \frac{H(Q + E)(3/4M + 1/2P)}{32}$$

En el Capítulo V se presentarán los cálculos.

4.8. FASE 8: Mostrar fichas de cada una de las piezas que forman la estructura del bergantín con datos relativos a su nombre, origen, material, densidad, propiedades físicas, su gráfico origen y su gráfico definitivo

Se pueden ver las fichas en el Anexo 1. A continuación de muestra un ejemplo que es representativo del resto.

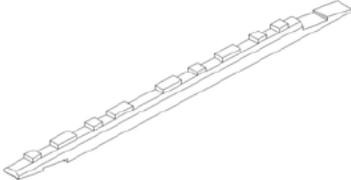
FICHA DE PIEZA		NUMERO
		101
Nombre:	QUILLA	
Origen:	ROMERO LANDA	
Material:	ROBLE	
Densidad:		
<i>Propiedades Físicas</i>		
Dimensiones:	5475 x 240 x 240 mm	
Volumen:	0,282 m ³	
<hr/>		
Orientacion:	100]XYZ	
<hr/>		
<i>Unión</i>		
Tipo:	Rayo de Jupiter, Alefriz y Pico de Flauta	
Ensabla con:	102,800,810,205,206,207,208,209,210,211,212,213,214,215,301	
Observaciones:		
Pieza Origen	Pieza definitiva	
NO EXISTE GRAFICO		

Figura 238 Ficha ejemplo

La ficha incluye:

- El nombre de la pieza.
- El número de la pieza según lo establecido en este mismo capítulo.
- El origen de la pieza.
- El material.

- Las dimensiones de la pieza.
- El volumen de la pieza.
- La orientación según lo establecido en este mismo capítulo.
- Los tipos de uniones que afectan a dicha pieza.
- Las piezas con las que ensambla (números).
- Observaciones.
- El gráfico de la pieza origen.
- El gráfico de la pieza definitiva.