

# USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS AL DISEÑO DE ORZAS PARA EMBARCACIONES DE VELA

J.C. Alvarez\*; Luis Carral\*; J. Naya<sup>Δ</sup>

Palabras clave: Producción, estructuras, orza, corte por láser, modelos

(\*) Escola Politécnica Superior de la Universidad de la Coruña, c/Mendizabal s/n, 15403 Ferrol; [carlos.alvarez@udc.es](mailto:carlos.alvarez@udc.es) ; [lcarral@cdf.udc.es](mailto:lcarral@cdf.udc.es)

(<sup>Δ</sup>)Astilleros Deportivos Ferrol ASTIFER, S.L.; [astifer@astifer.com](mailto:astifer@astifer.com)

*RESUMEN: En la construcción de pequeñas series de embarcaciones deportivas, la incorporación de sistemas de corte por láser permite obtener las piezas de la estructura interior de la orza, directamente desde el programa de diseño, con tolerancias muy pequeñas que minimizan el tiempo de alineación y montaje.*

*Así mismo, para la construcción del modelo de bulbo se realiza un molde con poca inversión de tiempo, cortando con láser secciones del bulbo directamente desde el archivo CAD y forrándolas con chapa de madera y acabado final en materiales compuestos.*

## INDICE

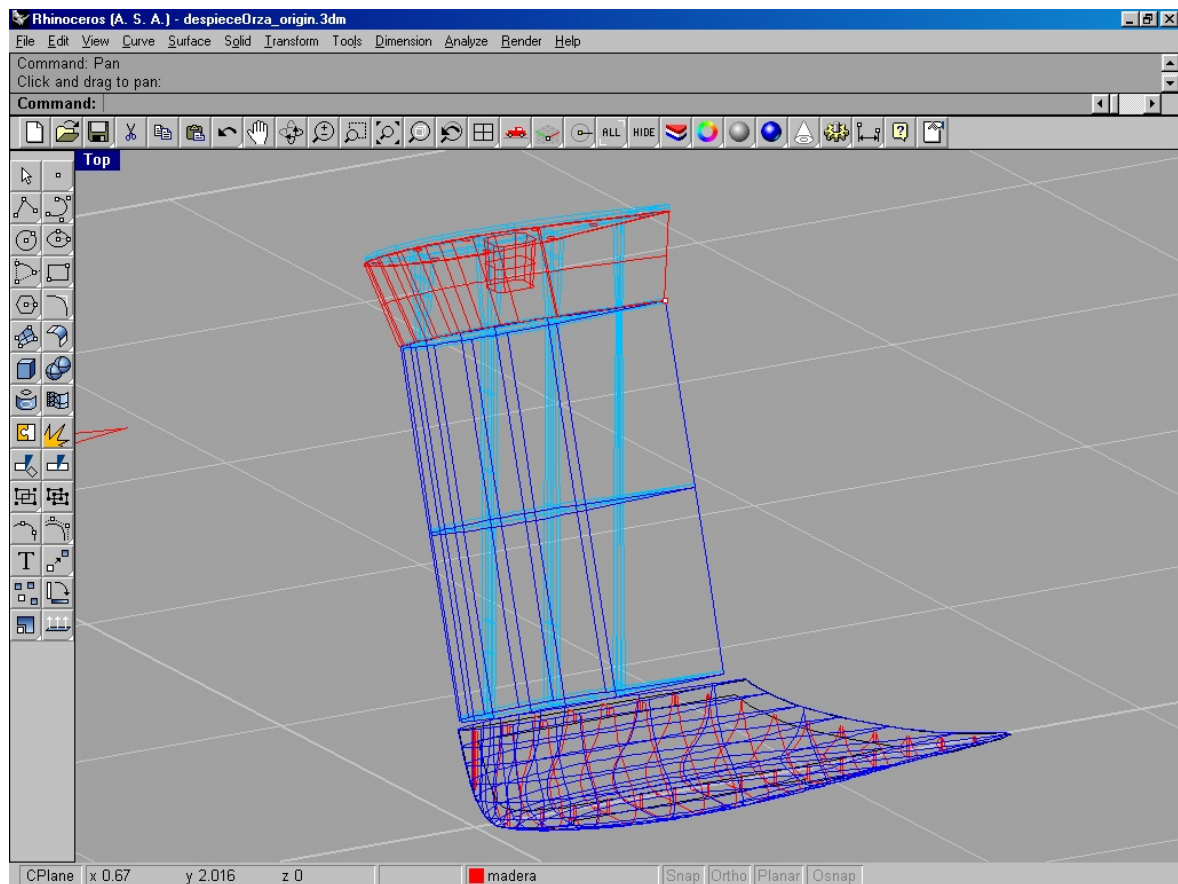
### 1.- Necesidades

En el diseño de apéndices de embarcaciones de vela se persigue dar mayor estabilidad y maniobrabilidad a la embarcación minimizando las contraprestaciones derivadas: aumento de la superficie mojada y resistencia al avance.

Los modernos programas CAD (Ref. 1) permiten obtener en poco tiempo soluciones muy optimizadas para las superficies de los apéndices. La dificultad posterior es llevarlas a producción de modo que se obtenga una geometría lo más cercana a la diseñada, resistencia mecánica adecuada, así como una rentabilidad económica del proceso.

En el diseño de la orza se llega a soluciones donde la mayor parte del peso se concentra en forma de bulbo lo más alejado del casco, con el fin de aumentar el par adrizante con el

mínimo peso de lastre. A la vez el perfil de la estructura intermedia resultante debe ser optimizada hidrodinámicamente resultando unas secciones muy esbeltas.

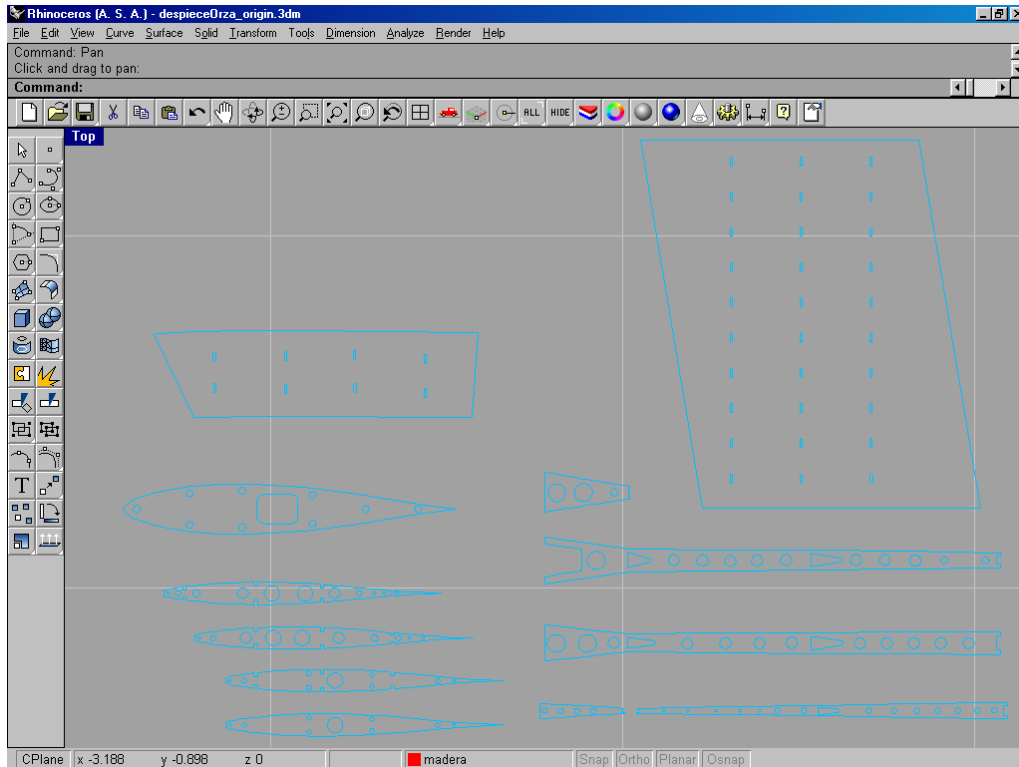


A la hora de fabricar estas estructuras se puede optar por realizar un molde para después fundir o laminar en materiales compuestos con una estructura interna de refuerzo. En ambos casos el coste que supone la realización del molde hace que solo se pueda aplicar a la fabricación de grandes series. Además, cada nuevo diseño exige un nuevo molde con su coste derivado, asimilable solamente por empresas con gran número de unidades de cada modelo.

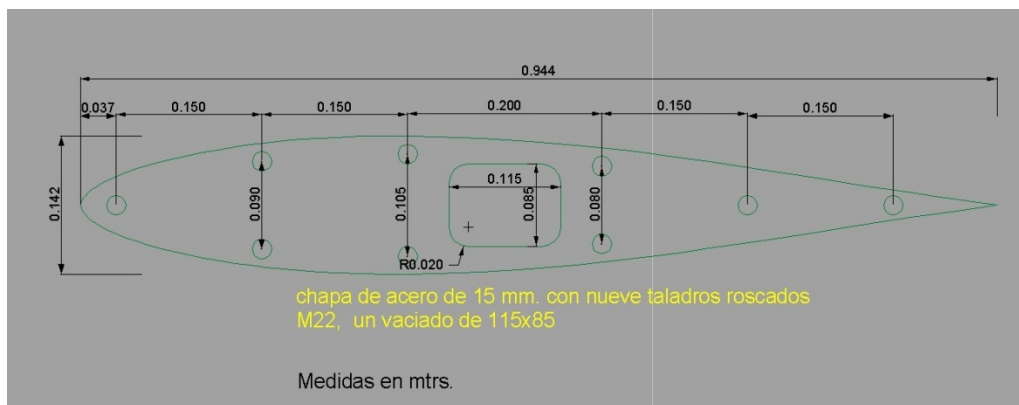
## 2.- Solución propuesta

Una solución para astilleros de series limitadas es evitar totalmente la necesidad del molde. Esto se consigue diseñando una estructura interior a base de refuerzos verticales y horizontales a partir del perfil diseñado previamente. Posteriormente una chapa de forro se adapta a la estructura obteniendo la pieza final.

Para que en su montaje y posterior soldado no se invierta mucho tiempo, ni sean necesario costosos equipos de alineación, la mecanización de las diferentes partes de la estructura debe asegurar unas tolerancias muy pequeñas.



La forma de ejecución sería la siguiente: A partir de las superficies optimizadas diseñadas en el programa de CAD, se obtienen secciones de lo que van a ser las estructuras internas de la orza, elaboradas en acero al carbono. También se obtienen las placas de anclaje, superior de la orza al casco y la inferior para montar el bulbo. También se pueden obtener las formas de las chapas que harán de forro de la estructura interna. Estas se realizan en acero inoxidable.



En el programa CAD también es fácil obtener la situación de los puntos de cruce del forro exterior con los refuerzos internos. Esto facilitará la soldadura posterior de las chapas que forman el forro, aportando además rigidez al conjunto.

Exportando los archivos de estas piezas en formato dxf se pueden introducir en programas de control numérico como los que controlan un sistema de corte de chapa por láser.

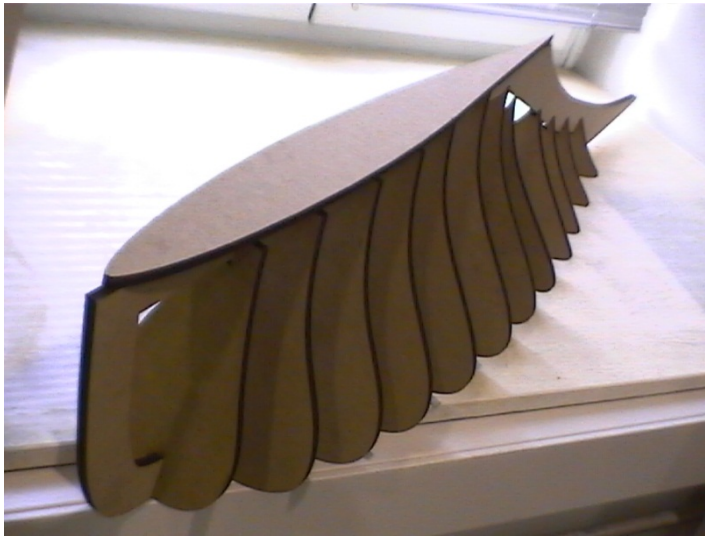


La incorporación de la tecnología de corte por láser, integrada con una mesa de control numérico, permite obtener cortes muy precisos de las secciones, con acabados finales que no necesitan mecanizados posteriores. Esto permite que las piezas encajen unas en otras, de modo que se mantenga la posición relativa entre ellas mientras se van soldando, sin necesidad de soportes ni alineaciones de piezas complicadas que alargarían el montaje, a

la vez que disminuyen el coste del material auxiliar necesario. La altura del conjunto es de unos 1,60 m.

Para la fabricación del bulbo se suele optar fundir en plomo a partir de un molde. Aquí se propone realizar el molde en mortero de cemento obtenido a partir de un modelo en

madera. Para la elaboración del mismo para reproducir el diseñado con la mínima tolerancia y poco empleo de tiempo se propone montar una serie de secciones a modo de cuadernas sobre una longitudinal del bulbo, obtenidas todas ellas a partir del diseño CAD y realizadas en madera.



Al obtener tolerancias muy pequeñas con el corte por láser, el montaje es rápido y preciso. El modelo se completa cubriendo con chapas finas de madera y realizando el acabado final en materiales compuestos, que permiten el pulido necesario para la elaboración precisa del molde. El molde se

realiza en mortero refractario para evitar dilataciones durante la colada.

Así el tiempo empleado en fabricar el molde se reduce notablemente, abaratando costes. Para la construcción final del bulbo, en el molde se introducen refuerzos que además de aportar la necesaria rigidez al volumen de plomo facilitan la unión con el resto de la estructura, mediante unos espárragos verticales.

El proceso de montaje sería: soldadura de todos los refuerzos interiores, construcción del bulbo y soldadura de los espárragos del bulbo a la estructura. Posteriormente se sueldan las chapas que van a constituir el forro, por todo el canto y en los puntos de unión con la estructura interna.

En la siguiente foto se puede ver el conjunto de la orza, con las líneas de soldadura en bordes y puntos interiores,



así como el bulbo terminado y anclado en su parte inferior.

El acabado en la zona de proa se realiza soldando un redondo de 16 mm al resto del conjunto formado por los refuerzos interiores y las chapas del forro.



En esta otra foto se ve la orza con la superficie con el acabado final. Este acabado se realizó con materiales compuestos sobre la superficie de acero inoxidable del forro.

En esta viste se aprecia la esbeltez lograda con el conjunto sin que su realización suponga más complejidad ni encarecimiento de la pieza final.

Por tanto este método de producción es útil para pequeños astilleros con pequeñas series. Si se necesita otro modelo solo hay que diseñarlo en CAD y enviar los nuevos archivos a la empresa que los corte. El montaje

posterior se simplifica, en tiempo y costes añadidos.

El único requisito es necesitar contactar con una empresa de corte de materiales por láser ya que el coste de un sistema de corte de este tipo no es rentable para el uso que se le podría dar en un pequeño astillero.

En la foto final se muestra la orza montada en uno de los barcos de la serie.



### 3.- Conclusiones

La aportación del trabajo presentado consiste en la transferencia de un conocimiento ya adquirido en sistemas de corte por láser y aplicado en la elaboración de las piezas para 5 orzas como las de la fotos, como componentes de una embarcación deportiva.

Esencialmente el trabajo propuesto lo que hace es proponer una misma metodología para:

- Corte y taladrado de precisión de chapa de acero inoxidable.
- Corte de acero al carbono con mínimo aporte térmico, obteniéndose unas piezas dimensionadas y conformadas con una tolerancia mínima.
- Corte de manera obteniéndose de manera eficiente las piezas necesarias para la construcción de un modelo en madera para, a partir de él, fabricar un molde.

La fabricación se hace con apoyo de software CAD/CAM, se implementa por lo tanto la forma que ha sido optimizada de acuerdo con los modelos de cálculo, sin que las formas proporcionadas por estos sean un problema para la fabricación.

Todo ello minimizando el personal implicado, reduciendo tanto los tiempos de fabricación como los tiempos muertos que pueden venir ocasionados por la coordinación de un mayor número de tareas, esto se consigue gracias a que ha podido utilizarse la misma metodología para los diferentes materiales utilizados en el proceso.

Todo esto se une para la fabricación de una pequeña serie, lo que puede conseguirse una vez han sido superados los problemas siempre asociados a la primera pieza

#### Datos de los autores:

*Carlos Alvarez Feal* es Ingeniero Industrial del ICAI. Tiene 12 años de experiencia profesional en Astilleros. Realizó master en Diseño Industrial y Curso de Postgrado en Diseño, Producción e Inspección de Embarcaciones Deportivas. Actualmente es Profesor Contratado Doctoren la Universidad de La Coruña

*Luis Carral Couce* es Doctor Ingeniero Naval. Organizó varias ediciones del Master de Diseño, Producción y Inspección de embarcaciones deportivas. Es profesor titular de la Universidad de La Coruña.

*José NayaVega* es apoderado y diseñador de Astilleros Deportivos Ferrol (ASTIFER). Bajo la denominación común “Golfinño”, ha diseñado varios modelos con diferentes esloras y prestaciones. En sus diseños ha incorporado modernos materiales y soluciones de diseño originales como la que en este trabajo se expone.

Referencias:

[1] Rhinoceros© NurbsModelling; Robert McNeel&Associates