

TÉCNICAS ACTUALES DE CONSTRUCCIÓN DE EMBARCACIONES MENORES EN ALUMINIO

Ing. Fernando Rodas Cornejo
hfrodas@yahoo.com

1. **Introducción:** La construcción de embarcaciones utilizando como materia prima aleaciones de aluminio es relativamente reciente. Uno de los factores decisivos que han vuelto lenta la construcción de embarcaciones con este material ha sido su alto costo en la materia prima, así como cierta dificultad en su soldadura; para entender mejor sobre las aleaciones, se pueden clasificar en 4 grandes grupos: aluminios suaves de las series 1000 y 2000, aluminio semiduro de las series 3000 y 4000, aluminio para uso naval de las series 5000 y 6000; y aluminio para aviación de las series 7000 y 8000.

En el ámbito naval-marítimo el mercado internacional, ofrece muchas opciones de embarcaciones, entre las cuales se pueden clasificar en:

- De casco remachado con espesores de plancha inferiores a 3 mm.
- De casco íntegramente soldado, con espesores de más de 3 mm.

Para este caso se tomará los cascos de aluminio íntegramente soldado; que pueden ser motorizadas o a vela, en el primer caso con motores fuera de borda, dentro-fuera o estacionarios, a diesel o gasolina.

2. **Que son embarcaciones menores:** Para efectos de este trabajo se considera embarcación menor, aquella con eslora máxima de 15 m., entre las que destacan las: de patrulla, salvamento, control gubernamental, transporte de pasajeros, trabajo, investigación, control de la contaminación, placer, es decir existen un sinnúmero de usos. Dentro de este rango y basados en la experiencia, se clasificará en base a su eslora: EM1 hasta 5 m, EM2 entre 5 y 10 m y EM3 entre 10 y 15 m. En las fotos siguientes ejemplos de cada caso:

3. **Porque aluminio:** El aluminio o aleación de aluminio, para la construcción de embarcaciones tiene muchas ventajas entre ellas se puede citar las siguientes:

- Liviano y excelente resistencia a la corrosión y ambiente marino.
- Fuerte, resistente y con gran desempeño a bajas temperaturas.
- Fácil para tratamientos de superficie, material no magnético.
- No toxico, fácil de reciclar y de almacenar.

Sin embargo como ya se indico anteriormente no se trata de aluminio puro, sino aleaciones que gracias a la tecnología de la metalurgia es decir de su composición química, se ha conseguido mejorar sus características físicas para brindar a las embarcaciones excelentes cualidades en su desempeño; en la tabla siguiente algunas de ellas, con sus respectivos porcentajes de aleación:

Normas EN AW	% Si	% Fe	% Cu	% Mn	% Mg	% Zn	% Ti	% Pb	% Cr	% Otros	% Al
1050	0,25	0,40	0,05	0,05	0,05	0,07	0,05			0,03	99,50
1200	1,0		0,05	0,05		0,10	0,05			0,15	99,00
2011	0,40	0,70	5,0-6,0			0,30		0,2-0,6	0,01	0,15	“
2030	0,80	0,70	3,3-4,5	0,2-1,0	0,5-1,3	0,50	0,20	0,8-1,5	0,10	0,15	“
3005	0,60	0,70	0,30	1,0-1,5	0,2-0,6	0,25	0,10		0,10	0,15	“
3105	0,60	0,70	0,30	0,3-0,8	0,2-0,8	0,40	0,10		0,20	0,15	“
5052	0,25	0,40	0,10	0,10	2,2-2,8	0,10	0,20		0,1-0,3	0,15	“
5083	0,40	0,40	0,10	0,4-1,0	4,0-4,9	0,25	+Zr 0,2		0,1-0,2	0,15	“

5086	0,40	0,50	0,10	0,2-0,7	3,5-4,5	0,25	+Zr 0,2		0,1-0,3	0,15	“
6012	0,6-1,4	0,50	0,10	0,4-1,0	0,6-1,2	0,30	0,30	0,4-2,1	0,30	0,15	“
6061	0,4-0,8	0,50	0,15-0,4	0,15	0,8-1,2	0,25	0,15		0,1-0,3	0,15	“
7050	0,12	0,15	1,9-2,5	0,10	2,0-2,7	5,9-6,9	0,06		0,04	0,15	“
7175	0,15	0,20	1,2-2,0	0,10	2,1-2,9	5,1-6,1	+Zr 0,2		0,2-0,3	0,15	“

4. **Aluminio para la construcción naval:** Como se indicó anteriormente existen una gran variedad de aleaciones de aluminio, pero solo unas pocas pueden ser utilizadas para la construcción naval. La aleación más utilizada para la fabricación del armazón y refuerzos es la 6061, y las más utilizadas para el forro, es decir el casco y la cubierta es el 5086 y 5083. Este aluminio se sirve en planchas como el acero naval y se realiza los cortes como en el acero, mediante control numérico y cortadoras automáticas de plasma. Siendo bastante más ligero que el acero, pero más difícil a la hora de darles las formas del casco.

Este material se corroe cuando entra en contacto con el oxígeno, la forma en que se muestra la corrosión en este metal, es mediante una fina capa blanquecina en su superficie. Para soldar el material o pintarlo, primero se deberá de tratar adecuadamente; limpiándolo con una solución química antes de soldarlo y pintarlo, con el fin de eliminar la corrosión del metal, de lo contrario ni se soldará ni se podrá pintar adecuadamente.

El decidirse por una embarcación de motor fabricada en aluminio es completamente acertada, ya que no tiene porque arrastrar el peso extra que nos representa fabricarla en acero. Pero si hablamos de una embarcación a motor comercial de carga, será más recomendable el acero, todo depende del tipo de embarcación y uso al que se destine.

En el cuadro siguiente una relación entre el acero y aluminio para uso naval:

CARACTERÍSTICAS	ASTM 131	AW 5086H116:	Razón
Densidad gr/cm3	7,8	2,67	2,92
Esfuerzo máximo PSI	70,000	47,000	1,49
Resistencia a la cizalladura N/mm2	315	245	1,29
Resistencia a la tracción N/mm2	265	195	1,36

Mientras el peso del aluminio es 3 veces menos, el esfuerzo, las resistencias a cizalladura y tracción no superan el 50 %.

5. Elementos de aluminio para la construcción

Planchas: Utilizados en el forro del casco, es decir obra viva, obra muerta, cubierta, tanques, estibas, mamparos, etc;

- 5052-H32
- 5086-H32, H34, H112, H116
- 5383-H116.
- 5456-H116

Estructurales: Utilizados como refuerzos

- 5052-H32
- 5086-H32, H34, H112, H116
- 5050-H34 H36
- 5456-H116,
- 6061-T6

Perfiles extruidos: Utilizados como quillas, en la chinas del casco en el pantoque o en las uniones de la borda.

- 6061-T4 ,
- 6082-T6

Tuberías: Utilizados como elementos de transporte de fluidos, como rudotes en el casco y como puntales

- 6063-T6,
- 5456-H116

6. **Tipos de construcción:** En general para la construcción de embarcaciones en aluminio naval se utiliza la misma técnica que la utilizada para el acero naval, la principal diferencia comparada con el acero, se basa en la soldadura que se realiza. Para soldar el aluminio se utiliza un gas, normalmente Argón o alguna mezcla de gases, utilizando el sistema MIG de soldadura. Resultando una soldadura limpia y sin ninguna contaminación. Se necesita tener mucha práctica para realizar las soldaduras correctas.

Para poder soldar correctamente dos planchas de aluminio, estas necesitan de un proceso previo, se liman con un cepillo especial de aluminio y se limpian los bordes a unir con una solución química, todo esto minutos antes de realizar la soldadura, ya que el aluminio se oxida con el aire ambiental. Se deben de preparar pequeñas zonas y soldarlas enseguida, de lo contrario la soldadura podría estar contaminada, por lo que el trabajo de soldar el aluminio es muy superior a cualquier otro metal.

La construcción de cualquier casco en aluminio exige un alto nivel de experiencia del personal y de unos controles exhaustivos, mediante la realización de comprobaciones con tintas penetrantes y/o rayos-X de todas las soldaduras y comprobar su correcta aplicación y estanqueidad.

6.1. Método tradicional

Se crea un armazón con los refuerzos necesarios y las cuadernas para luego forrarlos con las planchas de aluminio. Normalmente boca abajo para facilitar la aplicación de la soldadura; los tipos podrán ser de construcción transversal, longitudinal o mixta según el diseño original. Las juntas o uniones se lo realizan según el caso; entre quilla y forro del fondo, entre forro del fondo y costado por medio de la china, que pueden ser mas de una y entre el costado y la borda.

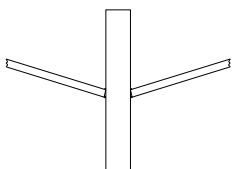


Fig No.1: Quilla y forro del fondo

Para el caso presentado en al fig. No.1, la quilla es la platina vertical se juntan las planchas del fondo, en su primera traca, que requ preparaci3n de dicha junta; en espesores sobre 4 mm., se hace nec chaflan y aplicaci3n de al menos 1 cord3n interior y 2 o 3 exterior al 3ngulo que forman entre estos 2 elementos, lo que trae como cons una acumulaci3n de temperatura y tiempo de trabajo.

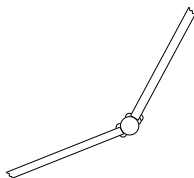


Fig No.2: Fondo china y costado

En este caso de la fig. No.2, se trata de la uni3n o junta entre el fondo y el costado, en el sector del pantoque y se requiere de un elemento tipo barra maciza, llamada china, que a su vez necesita de 1 o 2 pases interiores y 2 o 3 pases exteriores en cada lado, debido principalmente a la apertura de los 3ngulos y los espacios que quedan por rellenar, lo que se totalizar3a entre 6 y 10 cordones de soldadura, e influir3a en la acumulaci3n de temperatura, deformaciones, costos, pero sobre todo en el tiempo de trabajo y mano de obra.

Una vez soldado todo el barco, se amolan todas las soldaduras para dejar el casco uniforme y completamente liso. Seguidamente se trata el casco y la cubierta con productos qu3micos y cepillado para eliminar toda la corrosi3n y se procede a su pintado y protecci3n exterior. En el

interior como todo barco de metal, se aísla el metal mediante la aplicación uniforme de espuma de poliuretano expandida, la cual la previene la formación de condensación en el interior, así como aislante acústico.

6.2. **Nuevos métodos:** Para indicar los nuevos métodos será necesario definir, el procedimiento total y dentro de cada paso las técnicas, que ayudaran a que el proceso pueda ser eficiente:

Paso No.1: Corte de planchaje de fondo y costado: Con el apoyo de Los programas de diseño actuales basados en la principal herramienta que son los CAD-CAM, permiten la definición exacta de las piezas. Una vez definidas todas las piezas, se envían los ficheros para ser cortadas con máquinas de control numérico de chorro de agua, con plasma o con láser

Paso No.2: Montaje del casco sobre perfilera extruída: Una vez cortadas las piezas se procede al montaje, basados en la perfilera extruída, en la fig No.3 se describe de manera esquemática, que corresponde a una junta quilla con el planchaje del forro o casco, este ultimo se introduce para ser soldado, en este paso solo se requiere de un cordón exterior y uno intermitente en el interior.

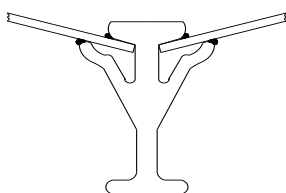


Fig No.3: Quilla y forro del fondo

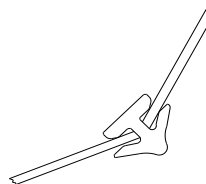


Fig No.4: Fondo, china y costado

En la fig. No.4 se describe una junta entre el forro del fondo y del costado, de la misma manera se utiliza un perfil extruído que es capaz de acoplarse en varios ángulos, para concluir con la aplicación de un cordón exterior y uno intermitente en el lado interior. El montaje de las piezas que conforman el casco básico se verá, como en la foto que se adjunta y listo para el paso siguiente.

Paso No.3: Montaje de la borda sobre perfilera extruída: de la misma forma que se realizó el montaje del casco en el paso anterior, se procede al montaje de la borda utilizando el mismo perfil extruído del pantoque, formando un ángulo de casi 90° , en la foto adyacente se puede observar este resultado.



Paso No.4: Montaje de refuerzos interiores y mamparos: según el caso de cada embarcación menor, se procede al montaje de los refuerzos, cuidando de repartir de manera adecuada la soldadura para evitar deformaciones causadas por la temperatura, en las mas pequeñas con solo el montaje de bancadas transversales y para las de mayor tamaño, con la implementación de elementos transversales, longitudinales y a 45° de la quilla, que contribuye al mejoramiento de fortaleza estructural del casco, como se puede observar en la foto adyacente.

Paso No.5: Montaje de casco sobre caballete giratorio: Una vez que el casco tenga sus refuerzos interiores, se procede a montar sobre un caballete giratorio, esta herramienta facilitara la soldadura en el exterior del casco y de acabado, en la fotografía adjunta se puede observar un casco sobre el caballete, con el cual se consigue facilitar al soldador la aplicación de los cordones.



Paso No.7: Montaje de refuerzos exteriores y acabado: El paso final de la construcción del casco básico es el montaje de los elementos externos, en el fondo ángulos invertidos que mejoraran el planeo y medias cañas de tubos en el costado, para que sirvan de rudo y apoyo estructural, como se puede observar en al foto siguiente de un casco de patrulla de 6,30 metros de eslora

7. **Técnicas adicionales:** Para el caso de las embarcaciones EM1, en el paso No.4 se reemplaza los refuerzos por elementos “C” invertidos que sirven de asientos, reseras de boyantes y elementos estructurales transversales, en la fotos siguientes, se pueden evidenciar lo sencillo de esta técnica, que ahorra gran cantidad de material, mano de obra y por ende tiempo de ejecución del trabajo.



En los casos de las embarcaciones EM2 y EM3 requieren de mayor cantidad de refuerzos, en el primero de perfiles extruídos pequeños, reservas de boyantes en proa y costados; y para el segundo, mayor dimensión de los refuerzos: en perfiles, cuadernas construidas del mismo planchaje, bordas y sobre todos una combinación de elementos interiores y exteriores que soportaran el esfuerzo de la embarcación en el agua, en las fotos siguientes, ejemplos de cada una de ellas.



EM2 con cuadernas



EM3 con refuerzos longitudinales