

# Ultralivianos & Experimentales

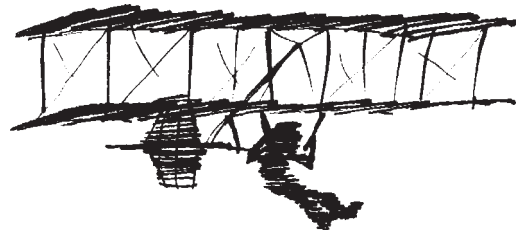
MATERIAL INFORMATIVO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE VEHÍCULOS PERSONALES

Tucumán 1048, (3450) Goya, Corrientes — Rep. Argentina, Sudamérica — Editor/Propietario: Juan Luis Barrionuevo  
Tel.: 054 (03777) 42-2161 — E-mail: ulx@goyadigital.com.ar — www.ul-x.com.ar



**ADVERTENCIA.** La persona que conduce un vehículo aéreo, acuático o terrestre, debe aceptar el riesgo de sufrir y ocasionar heridas graves, incluso la muerte. La decisión de hacerlo es estrictamente particular y se advierte de los peligros potenciales relacionados a la actividad seleccionada. Se pueden operar estos vehículos con seguridad, prestando atención a los consejos y siguiendo las normas y reglamentaciones correspondientes. Reconozca y espere a que se den las condiciones apropiadas a su pericia. Este es un sitio de información y educación, se confía en la aplicación de su sentido común para tratar con respeto a estos vehículos, que no son juguetes. Se recomienda, en donde corresponda, la instalación y uso de implementos de seguridad como arnés o cinturón de seguridad, salvavidas, casco, etc.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio o sistema, sin la autorización expresa del autor de la obra y de UL&X. Esta publicación es adquirida con el entendimiento de que la información proviene de diferentes fuentes por lo que no puede haber responsabilidad o garantía de exactitud, originalidad o integridad de los mismos.



*Haz lo que puedas, con lo que tengas, allí donde estés.*

—Voltaire

## Diseño de Flotadores

Por Juan Luis Barrionuevo

Cuando la revista *Tiempo de Aventura* me encargó un artículo acerca de los aviones anfibios y sus posibilidades, nada me preparó para descubrir lo que vendría. Gracias a Martín Marcatti, Jorge Pozzebón y un grupo de anfi-pilotos del aeroclub Escobar, volamos hacia las cercanías de la Isla Martín García, en tres «Aventura» y un «Bucaneer». Allí experimenté, por primera vez, el vuelo en esta clase de máquinas. Luego del primer acuatizaje ya nada fue igual. Los hidroaviones se instalaron profundamente en el corazón de mis mejores sueños de aventurero y un mundo —que ni remotamente imaginaba— se abrió, de expediciones a lugares exóticos, de acuatizajes en el medio de la nada, de descansos en doradas playas desiertas. Desde entonces empecé a investigar los secretos del diseño de hidroaviones con la idea de, algún día, construir uno. Esto es lo que encontré...

**D**urante los primeros años de la aviación, la importancia de los hidroaviones se debió al limitado número de aeropuertos. Muchos de los primeros records de velocidad (la *Copa Schneider*, que ahora se reflota para los ultralivianos), se realizaron con hidroaviones debido a que el uso de amplias superficies de agua, permitían largas carreras de despegue y de allí, altas cargas alares.

Actualmente, el concepto de hidroavión, en la Argentina, se encuentra limitado a vuelos deportivos y como pocos de nosotros llegaremos a diseñar algo fuera del uso puramente recreativo, no veo por qué limitarse a las ruedas, sobre todo si la zona lo permite porque tiene mayores extensiones de agua que de tierra aprovechable y, más aún, teniendo en cuenta que un descenso forzoso sobre tierra, con flotadores, es más seguro que con ruedas.

Ampliando la versatilidad de los hidros, uniendo los flotadores y las ruedas se creó el anfibio, capaz de operar tanto en tierra como en agua; pero el problema es el peso y la complejidad de este sistema. Cuando veamos trenes de aterrizajes terrestres, nos daremos una vuelta

por los sistemas para anfibios, pero por ahora solo trataremos con los hidroaviones.

### ¿Botes voladores o aviones con flotadores?

Por lo general, los flotadores pueden ser adosados a aviones que originalmente no estaban pensados para ello, mientras que los botes voladores, son diseñados expresamente para su uso sobre el agua y, a menos que sean anfibios (que actualmente la mayoría de los de esta clase lo son), no contemplan su operación fuera del agua. La ventaja de los botes voladores es su menor resistencia aerodinámica, pero tienen en contra el altísimo momento de picado que generan los motores ya que por lo general se encuentran montados sobre pilones, muy por encima del centro de gravedad y de resistencia. La conveniencia de los flotadores, es su versatilidad, ya que pueden ser reemplazados por ruedas sin mucho trabajo.

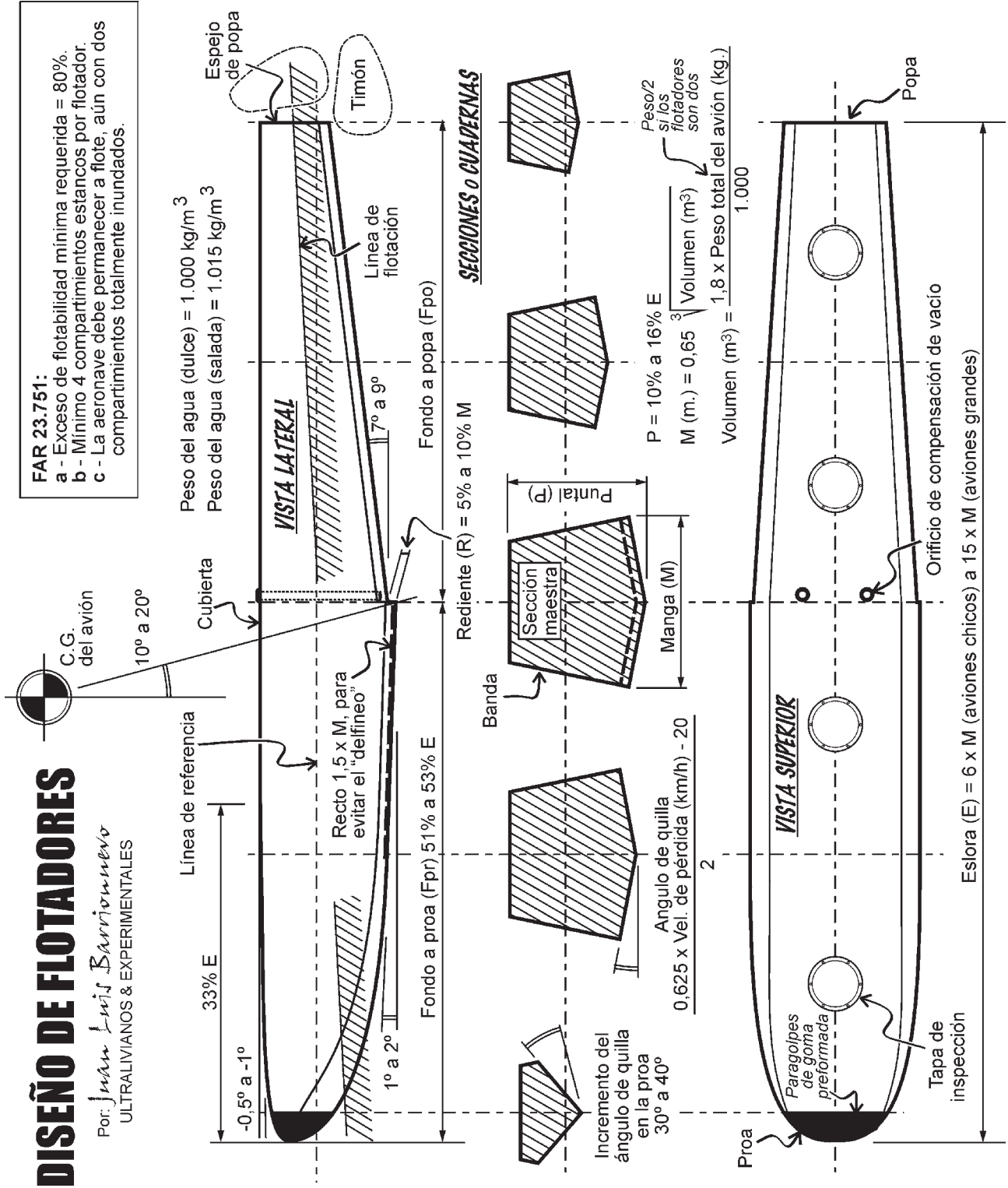
En el caso de los anfibios, resultan más convenientes los botes voladores debido a la mejor disponibilidad estructural para ubicar el tren de aterrizaje. A los efectos del cálculo, el bote volador se toma como un flotador al que se sumó el fuselaje.

# DISEÑO DE FLOTADORES

Por: Juan Luis Barrionuevo  
ULTRALIVIANOS & EXPERIMENTALES

## FAR 23.751:

- a - Exceso de flotabilidad mínima requerida = 80%.
- b - Mínimo 4 compartimentos estancos por flotador.
- c - La aeronave debe permanecer a flote, aún con dos compartimentos totalmente inundados.



Parámetros dimensionales del diseño de flotadores

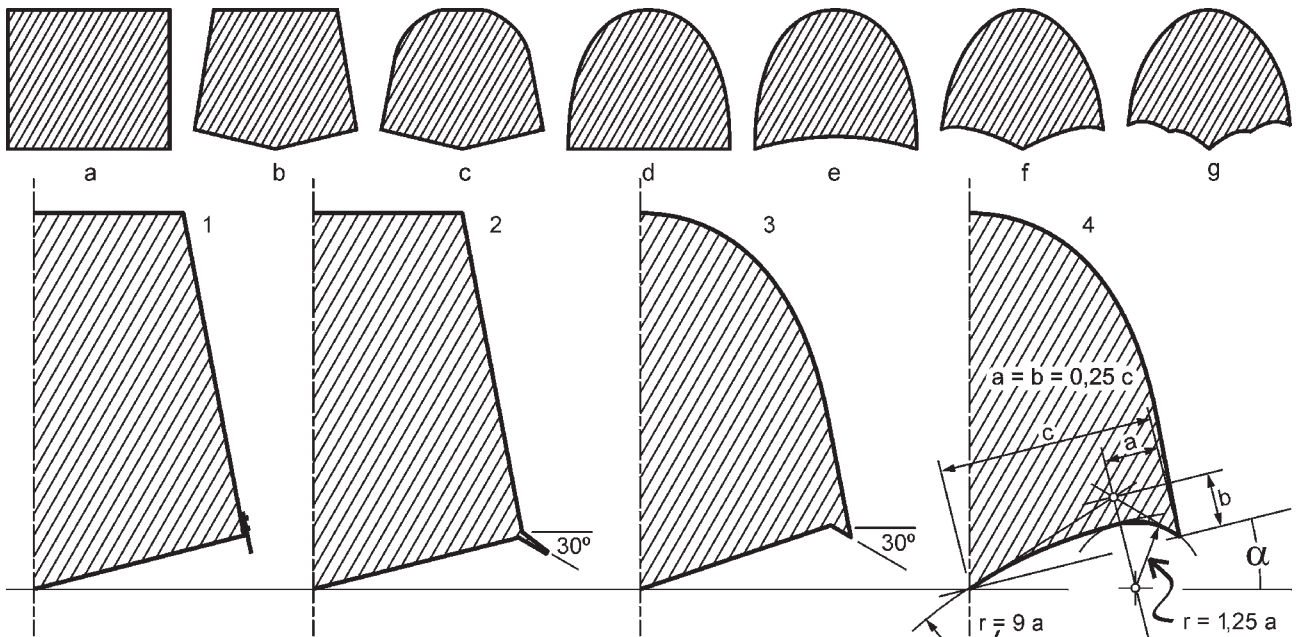
## Eureka

«Un cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje de abajo hacia arriba igual al peso del volumen del fluido desplazado» (Arquímedes).

El peso del agua dulce es de  $1.000 \text{ kg./m}^3$  y el del agua salada es de  $1.015 \text{ kg./m}^3$ . Para todos los cálculos, se toma el peso del agua dulce (a menos que la aeronave sea lo suficientemente grande como para justificar la diferencia, si es que volará sólo sobre el mar). Las nor-

mas FAR, en su parte 23.751, solicita que: a) el exceso de flotabilidad mínima requerida sea del 80%; b) cada flotador debe poseer cuatro compartimentos estancos como mínimo; y c) la aeronave debe permanecer a flote, aún con dos compartimentos totalmente inundados.

Los botes voladores, en su mayoría, no tienen posibilidad de poseer compartimentos estancos de bido a que los tripulantes ocupan el casco y no pueden ser sellados satisfactoriamente. En caso de un avión con mono



Arriba, ejemplos de secciones maestras, clasificadas de a a g, según su dificultad de construcción y rendimiento aerodinámico. Los fondos planos a y d generan una gran resistencia de impacto. Los fondos en quilla b, c, f y g reducen hasta un 70% la resistencia de impacto de los fondos planos. El fondo cóncavo e si bien genera un aumento en la sustentación hidrodinámica, produce una resistencia de impacto superior en un 20% al fondo plano. Un buen compromiso resultan los fondos en quilla cóncava simple f y compuesta g. Los métodos reductores de esperjado 1 a 4 también protegen la hélice de las salpicaduras, pero afectan la aero-hidrodinámica, aumentando la resistencia al avance. Ordenados, de acuerdo a su complejidad, de izquierda a derecha.

flotador, los compartimientos deben ser cinco para cumplir con el punto c) de la norma FAR enunciada.

### El primer paso

Para todo cálculo de aeronave, el factor principal continúa siendo el peso, pues de él se obtendrán las demás características. Con el peso se obtiene el volumen que desplazará el flotador en el agua, al que se deberá agregar el 80% de exceso, según el punto a) de las normas FAR. Algunos exceden hasta un 120% al desplazamiento.

Lo más difícil es estimar el peso de los flotadores sin haberlos construidos. Si no se tienen datos de otros flotadores, para un cálculo inicial, se estima un 15% del peso total de la aeronave.

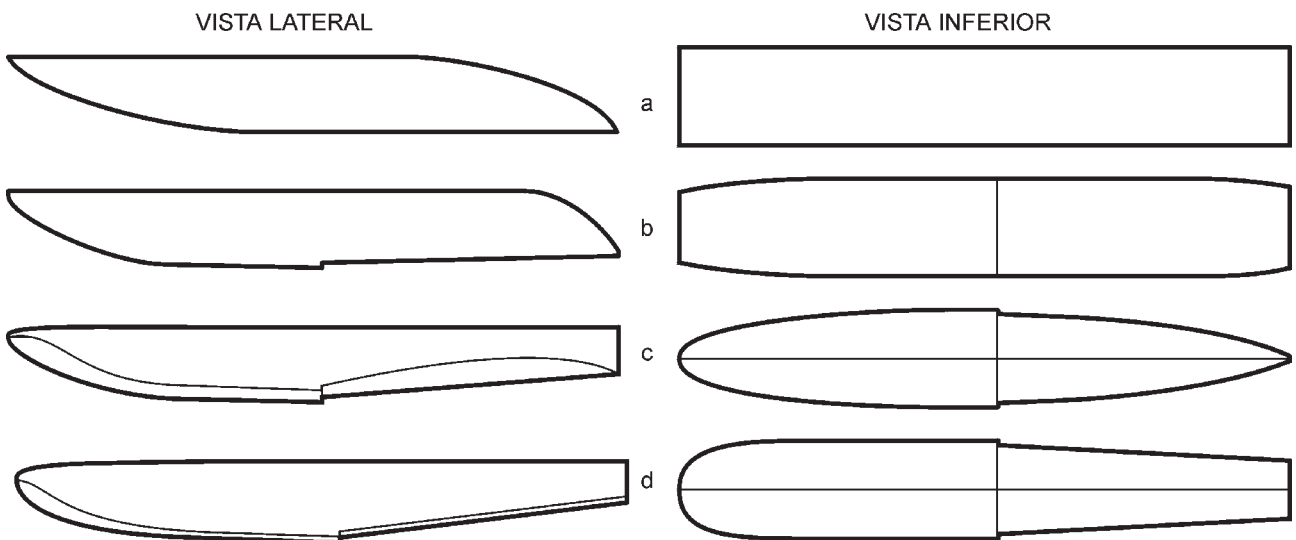
Nota: La DNAR - 103, permite que el peso de los flotadores no se tome en cuenta para el peso máximo vacío, ya que podría limitar su inclusión dentro de la categoría ultraliviano, pero para el resto de los cálculos, sí debe sumarse y cumplir con el resto de los requisitos.

### Manga (M)

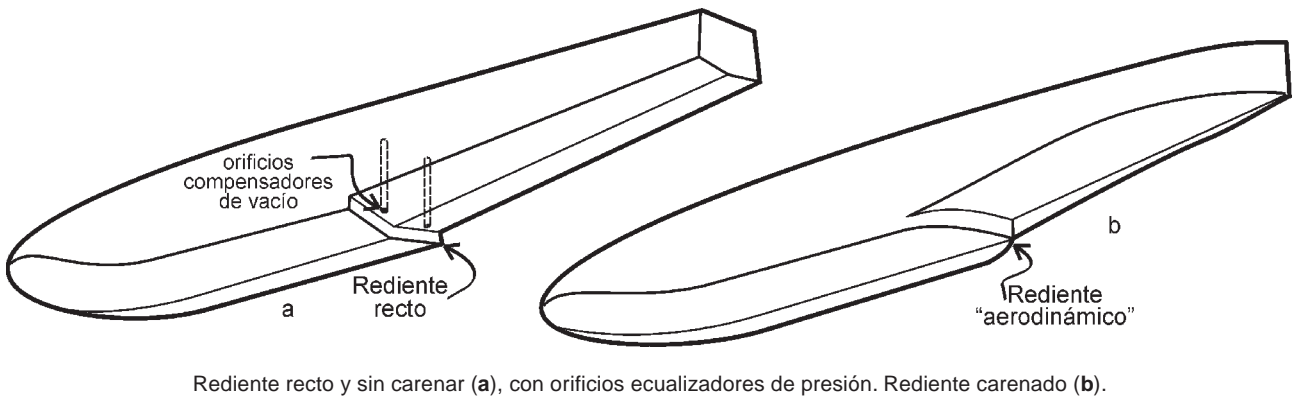
Se denomina así al ancho máximo del flotador, que habitualmente es la sección donde se encuentra el rediente o escalón.

### Eslora (E)

Es el largo del flotador (sin el timón). Su valor es de seis a quince veces la manga.



Algunos modelos de flotadores, vistos desde abajo y de perfil: a y b antiguos, c Copa Schneider y d actual.



Rediente recto y sin carenar (a), con orificios equalizadores de presión. Rediente carenado (b).

### Puntal (P)

Corresponde al alto del flotador en la sección maestra. Su valor es de 10 a 16% de la eslora.

Algunos diseñadores de botes voladores de gran porte, prefieren un puntal con una altura de hasta tres veces la manga. Esta relación, si bien incrementa la resistencia al avance sobre el agua, genera acuatzajes más suaves a la vez que incrementa el despeje sobre el agua de los motores, cuando éstos se encuentran montados en las alas.

### Rediente (R)

Se denomina así al escalón que quiebra la continuidad de la parte inferior del flotador. La función del rediente es establecer una posición obligada y limitada de apoyo del flotador sobre el agua, cuando por efecto de la velocidad de traslación, la sustentación hidroestática se transforma en hidrodinámica; de este modo, se facilita el balance y el control del ángulo de ataque de la aeronave. Como función secundaria, reduce la resistencia al avance sobre el agua, al disminuir el área de con-

tacto cuando se monta en el escalón. Si bien existieron cascos sin rediente, se debió a la falta de conocimientos sobre su desempeño.

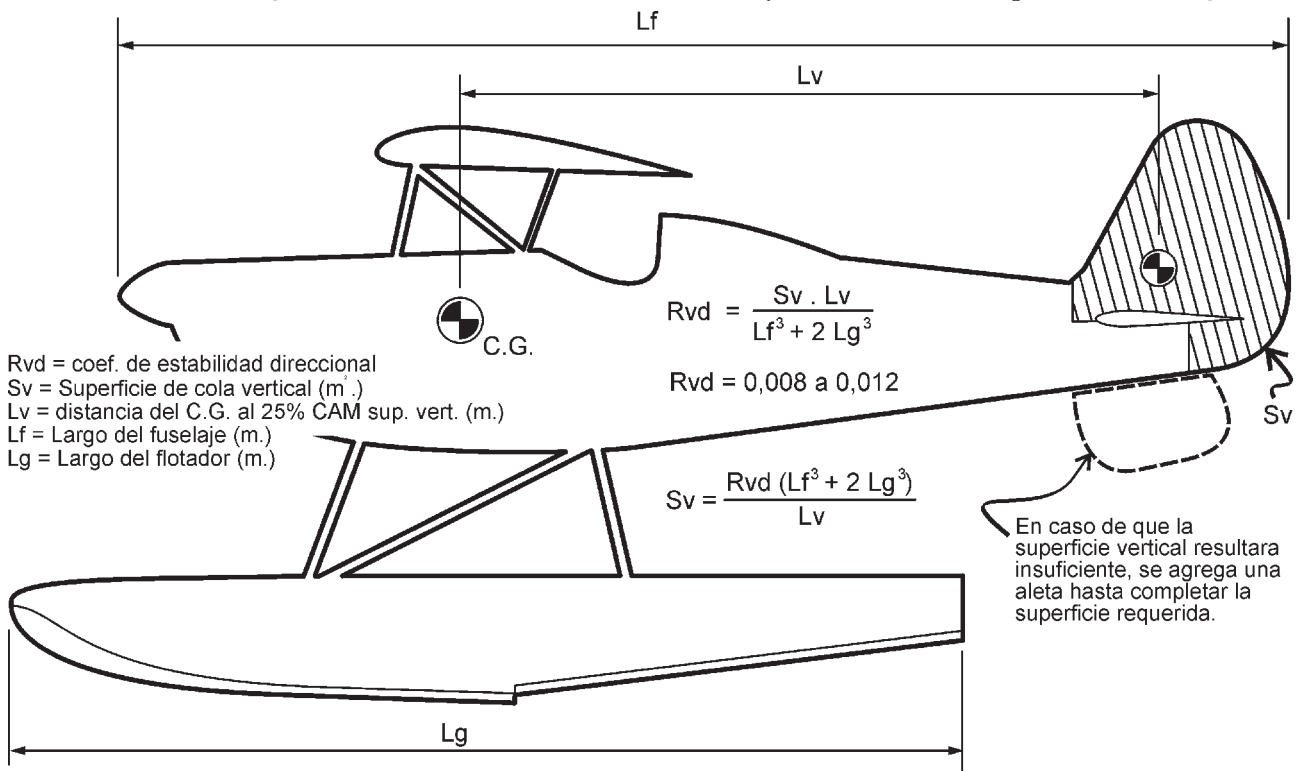
A fin de aliviar el vacío que se produce detrás del rediente, se efectúan salidas de aire mediante tubos.

La resistencia al avance que genera el rediente durante el vuelo, puede ser minimizada aerodinamizándolo, pero sólo se justifica en hidros de gran porte o velocidad.

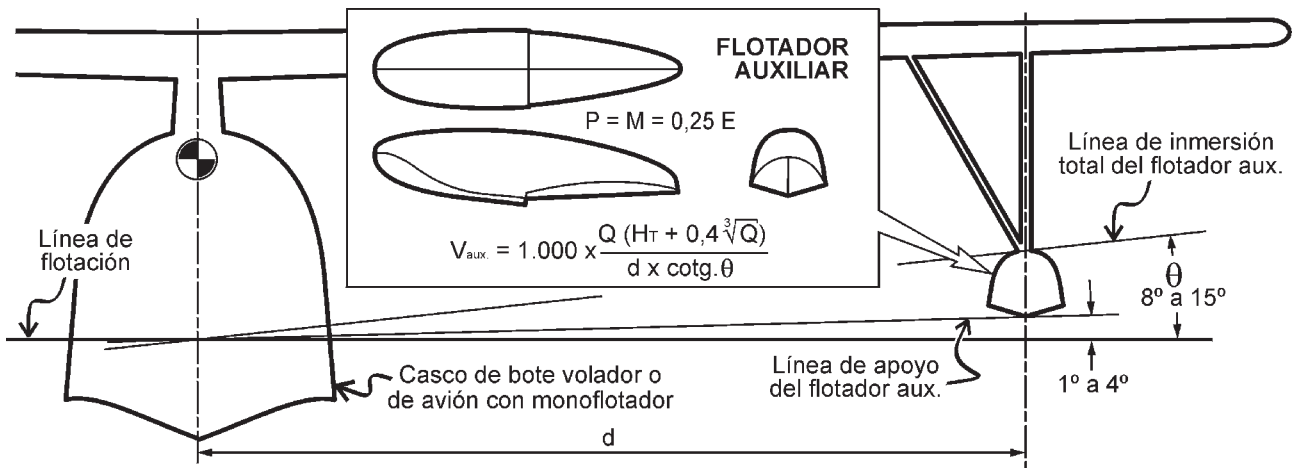
Su dimensión (en la ordenada) se encuentra entre el 5 y el 10% del valo de la manga y su posición horizontal se encuentra entre el 10 y 20% por detrás del centro de gravedad (C.G.) de la aeronave.

### Fondo (F)

Tiene particular importancia pues si esta pobremente diseñado, durante el despegue generará un movimiento denominado «delfineo» que puede llegar a ser realmente desagradable y hasta peligroso si es que se sumerge la proa. Durante el acuatzaje, es el que soporta el impacto hidrodinámico y, a menos que sea una aeronave muy liviana, el fondo de quilla en V es obligatorio.



Al agregar flotadores a una aeronave de operación terrestre, la aerodinámica se encuentra principalmente afectada en la estabilidad direccional, lo que obliga, en la mayoría de los casos, a instalar aletas auxiliares para obtener la superficie vertical necesaria dentro de los márgenes aceptables.

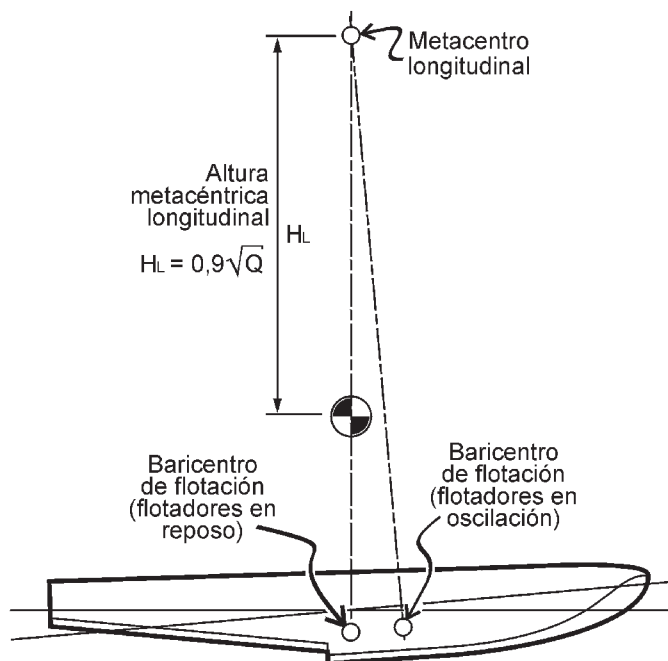
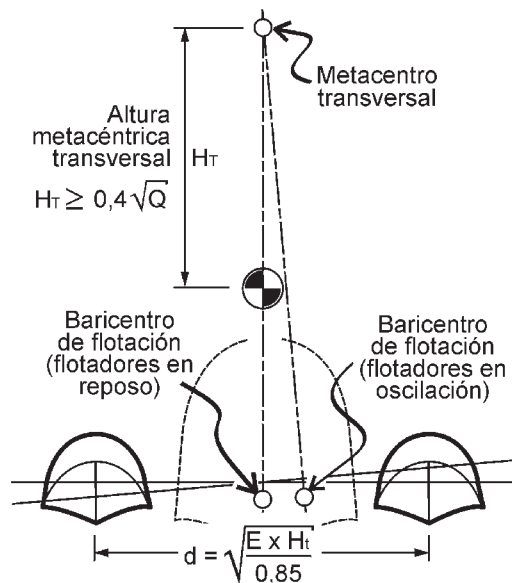


- E = Eslora (largo del flotador)
- M = Manga (ancho del flotador, en la sección maestra)
- P = Puntal (alto del flotador, en la sección maestra)
- R = Rediente (escalón existente en el fondo)
- V = Volumen del casco principal o de los flotadores
- $V_{aux}$  = volumen del flotador auxiliar ( $m^3$ )
- Q = peso del hidroavión (kg)
- $H_T$  = altura metacéntrica transversal del casco principal o de los flotadores, cuyo valor es positivo si se encuentra por debajo del C.G. y negativo si se encuentra por encima del C.G. (m)
- $H_L$  = altura metacéntrica longitudinal del casco principal o de los flotadores (m)
- d = distancia del flotador auxiliar al C.G. o de los centros de quilla de los flotadores

## DISEÑO DE FLOTADORES

Por: *Juan Luis Barriounevo*  
ULTRALIVIANOS & EXPERIMENTALES

Para que un hidroavión sea estable, el metacentro debe estar siempre por encima del C.G.



Para evitar el «delfineo», la parte desde el rediente hacia la proa, debe ser de perfil recto por lo menos una vez y media la medida de la manga de la sección maestra.

Uno de los problemas menores que produce el fondo, pero que debe solucionarse en lo posible, es la generación de esperjado (spray) y salpicaduras. La primera afecta la hidrodinámica de los flotadores y la segunda, las gotas que al impactar en la hélice girando a sus máximas revoluciones pueden llegar a ser muy destructivas, aún con una protección considerada adecuada para aeronaves terrestres. Si no fue planificado durante el

diseño del fondo, se pueden agregar unas aletas longitudinales de aluminio a los costados (por lo menos internos) de los flotadores.

### Desplazamiento

Es la parte del flotador o casco que se encuentra sumergida en el agua y cuyo volumen ejerce la sustentación hidroestática que mantiene la aeronave a flote. El cálculo del desplazamiento exacto es bastante complicado por lo que habitualmente se realiza una aproximación seccionando el flotador en pequeños cuerpos

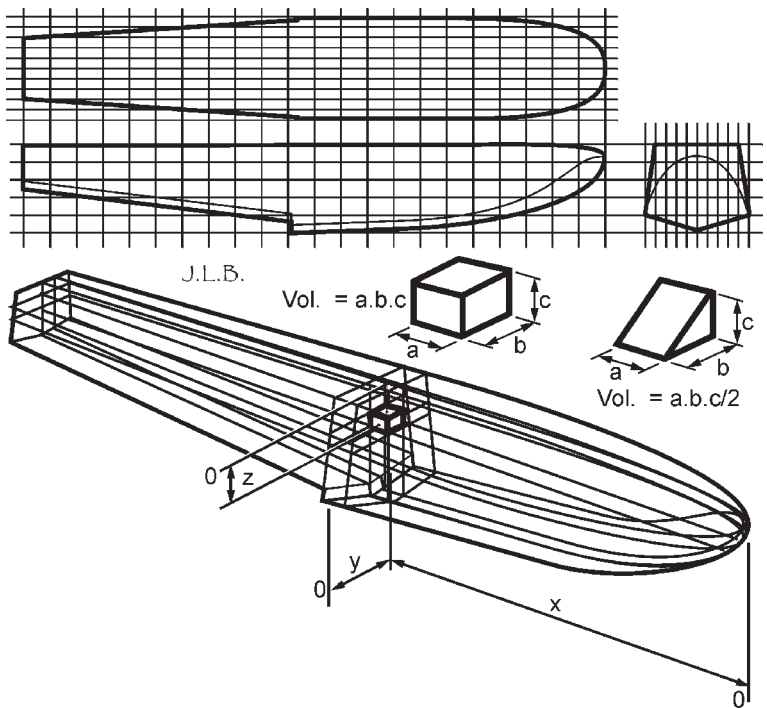
geométricos de volúmenes fáciles de calcular para luego sumarlos. Este procedimiento ayuda también, al momento de obtener el baricentro de flotación. Cuanto más pequeñas las secciones, más exacto el cálculo. Cuerpos de 2 cm. (0,02 m.) de lado, otorgan una exactitud suficiente y tienen un volumen de 0,000008 m<sup>3</sup> lo que equivale a un desplazamiento de agua dulce de 0,008 kg. Cada cuerpo geométrico debe ser ubicado en los tres ejes (x, y, z) desde su propio baricentro.

### Línea de flotación

Si los flotadores (o el casco, en el caso de una hidrocano) están bien diseñados, la línea de flotación debe ser paralela a la línea de vuelo de la aeronave (con carga máxima). Algunos autores indican una posición de la línea de vuelo de hasta 3° nariz arriba, superior a la línea de flotación, dependiendo del diseño aerodinámico de los flotadores.

Salvo por los vuelos en los anfibios de Aviesco S.R.L., no tengo mayor experiencia más que la teoría de forma y actuación de los flotadores. El diseño estructural y aero-hidro-dinámico en profundidad queda reservado para cuando haya experimentado la construcción de ellos.

Espero que este aporte entusiasme a los constructores a experimentar sobre el agua y practicar para la *Piccola Copa Schneider*.



Para calcular el desplazamiento y el baricentro de flotación, se subdivide el flotador en secciones que generen cuerpos geométricos sencillos y se calcula el volumen. La posición de cada cuerpo debe ser conocida respecto a los ejes x, y, z, partiendo de su propio baricentro. Como los flotadores son cuerpos simétricos respecto al plano longitudinal-vertical, es suficiente calcular sólo medio flotador.

