

Aerotecnia

Transformación de un avión terrestre en un hidroavión de flotadores

por FELIPE LAFITA BABIO

Ingeniero de la Armada y Aeronáutico

EN la actualidad es muy frecuente, y por lo tanto de gran importancia, la transformación que indico en el título de este artículo. Aunque soy de opinión que en tiempo no lejano el aparato de flotadores no se empleará más que para casos muy concretos, pues dados los adelantos que se están operando en el campo del hidroavión de casco central, creo que este tipo de avión adquirirá una importancia quizás superior aún al del avión terrestre, y, por lo tanto, absorberá a aquél; lo cierto es que en la actualidad es muy corriente el empleo de aviones con tren intercambiable; es decir, que el fuselaje dispone de las conexiones necesarias para poder montar en ellas montantes para un tren de ruedas o para un tren de flotadores.

Voy a indicar a continuación los diversos problemas que hay que resolver para poder efectuar la citada transformación. Estos problemas son los siguientes:

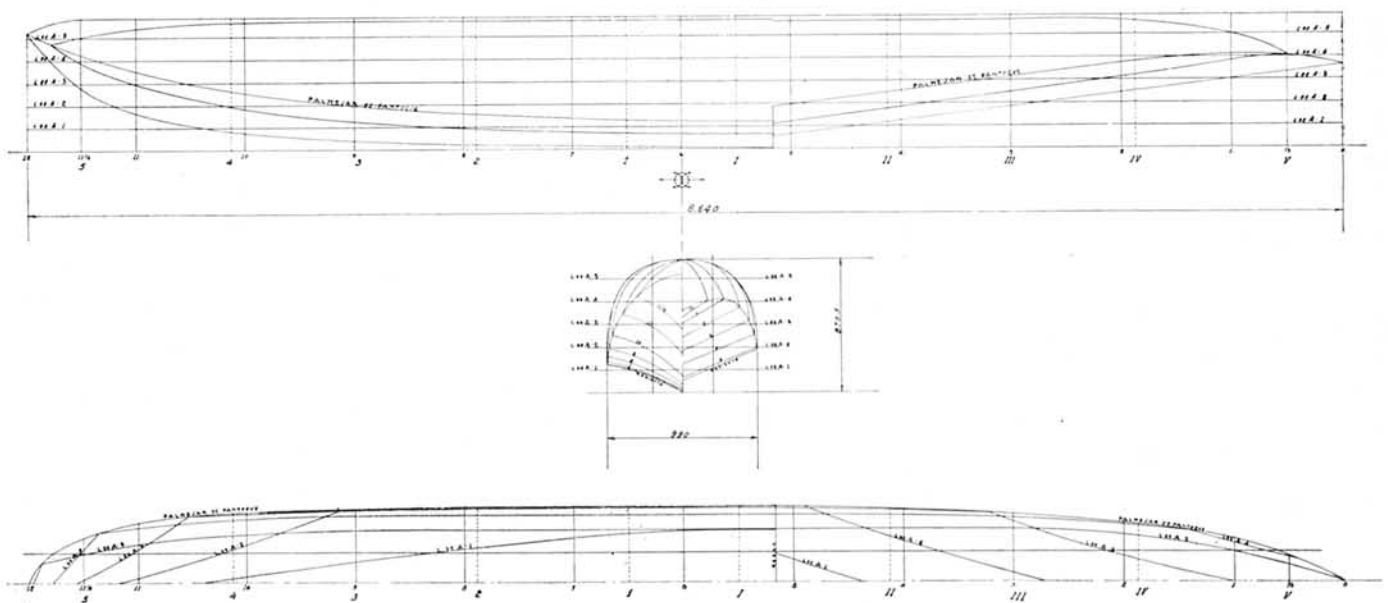
- 1.º Determinación de las dimensiones, es decir, efectuar el trazado del plano de forma de los flotadores.
- 2.º Determinación de la posición de dichos flotadores, tanto transversal como longitudinalmente, y en altura, así como de las condiciones del despegue.
- 3.º Cálculo de la estructura de los flotadores y de su tren de amarre al fuselaje.

4.º Determinación de las nuevas características que tendrá el aparato como hidroavión.

Determinación de las dimensiones del flotador

Para poder efectuar el trazado de las formas de los flotadores debemos observar que en casi todos los reglamentos se les exige una reserva de flotabilidad de un 100 por 100. Es decir, que el desplazamiento de la parte no sumergida ha de ser igual al volumen sumergido, y como este volumen en un aparato de dos flotadores es equivalente a la mitad del peso del avión, resulta que el desplazamiento total del flotador ha de ser igual al peso del hidroavión a plena carga.

Por lo tanto, lo primero que hay que determinar es el peso del hidroavión. Para ello se conoce el peso del avión con ruedas, de cuyo peso puede reducirse el peso del tren de aterrizaje con ruedas, el cual es conocido; al peso resultante hay que agregar el peso del tren de flotadores y el de los flotadores. Evidentemente estos pesos no se conocen hasta después de proyectados los flotadores y el tren, por lo cual es preciso dar un valor aproximado para el primer tanteo.



Plano de trazado. - Flotadores para hidroavión
Eslora, 8.640 mm. - Manga, 990 mm. - Puntal, 870,5 mm.
Escala aprox.^a = 1 : 50

Un peso que puede tomarse para flotadores con bastante aproximación para desplazamientos hasta cuatro metros cúbicos (4.104 kilogramos) puede deducirse del adjunto gráfico (fig. 1). Para el peso del tren puede tomarse de

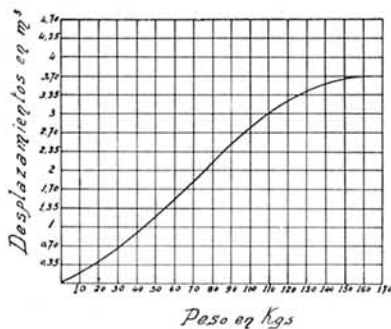


Fig. 1.

3 a 3,5 por 100 del peso del avión completo. Para desplazamientos superiores hasta 5.000 kilogramos puede tomarse para los flotadores de un 8 a un 9 por 100, y para el tren de un 2 a un 2,5 por 100 del peso del avión con tren de ruedas.

Conocido este desplazamiento podemos efectuar el trazado de las formas por diversos métodos, semejantes a los empleados en construcción naval.

Cuando no se dispone de las formas de algún flotador que haya actuado con éxito, se sigue el procedimiento siguiente:

Se determinan primeramente las dimensiones principales: eslora, manga y puntal.

La determinación de estas dimensiones se efectúa en los diversos países mediante métodos semejantes, pero hay que tener en cuenta que no existen fórmulas precisas, ya que las que existen son dependientes de alguna constante, y los valores que para ella se fijan son sólo aceptables para un tipo determinado de hidroavión.

Por otra parte, es evidente que el dimensionamiento y estructura de un casco o flotador depende en gran parte de su campo de acción, pues lo mismo que a un buque que ha de navegar en mar abierta se le exigen condicio-

nes de resistencia, franco bordo, etc., que no serán necesarias al que ha de navegar por un río, lago, etc., a un hidroavión que haya de volar en aquellas condiciones se le deben exigir condiciones distintas que al que lo haga en estas últimas.

Claro es que para nuestra Aviación los hidroaviones han de ser para volar en mares abiertas, y, por lo tanto, las condiciones marineras y de resistencia que considero son únicamente para este caso. Holden C. Richardson da en *Aircraft Float Desing* (pág. 75) un gráfico que tiene por abscisas $\frac{E}{M}$, y por ordenadas $\frac{M}{D^{1/3}}$.

E = eslora de la flotación en pies;

M = manga de la cuaderna del rediente en pies, y

D = desplazamiento en libras,

deducido de una serie de hidroaviones de casco central, dos flotadores y un flotador central.

Mediante la fórmula

$$M = K \frac{D^{1/3}}{E} \frac{E}{M}$$

se obtiene un buen valor para M si se adopta uno bueno para $\frac{E}{M}$.

Del citado gráfico podemos deducir el valor de $\frac{E}{M}$ en función de $D^{1/3}$.

Para los tipos de hidroaviones americanos se comprueba en el citado gráfico que los valores más corrientes de $\frac{E}{M}$ son:

Casco central: $\frac{E}{M} = 4,6$.

Un flotador central: $\frac{E}{M} = 5,65$.

Dos flotadores: $\frac{E}{M} = 7$.

Para K puede tomarse un valor entre 16 y 18, siempre que se adopten las medidas inglesas anteriores. Si se expresa D en kilogramos y M en metros, el valor de K varía entre 6,4 y 7,2.

Una vez determinada la manga, podemos determinar inmediatamente las demás dimensiones principales.

Del valor adoptado para $\frac{E}{M}$ obtendremos E , y el puntal P de la cuaderna del rediente se obtiene mediante la expresión

$$K_s EMP = D.$$

K_s = coeficiente prismático o de bloque.

Para K_s se adoptan en *E. U.* los siguientes valores:

Casco central: $K_s = 0,4$.

Flotadores: $K_s = 0,5$.

Cuadro núm. 1.

Estabilidad transversal (Matrosov)

1	2	3
Cuadernas	Abscisas de las cuadernas desde la p. p. de popa	Abscisas de las cuadernas, en metros, desde la p. p. de popa
	Factores ϵ Tchebyscheffs	$C \cdot 2 \times E$
1	0,0419	0,362
2	0,1503	1,350
3	0,2500	2,100
4	0,3436	2,969
5	0,4381	3,958
6	0,5419	4,982
7	0,6504	5,071
8	0,7500	6,480
9	0,8437	7,290
10	0,9581	8,278

Eslora = 8,64 metros.

Debe comprobarse, si el valor obtenido para la eslora, es superior al valor mínimo necesario para la estabilidad longitudinal indicado por el mismo autor, y dado por la expresión que se indica al tratar de la estabilidad.

Es necesario con este método efectuar pruebas con modelo, y de ellas fijar las dimensiones definitivas, como se indica al tratar del despegue.

En Inglaterra, para determinación de las dimensiones principales se definen lo mismo que en Construcción Naval los siguientes coeficientes:

- 1.º α = coeficiente de área de la cuaderna maestra.
- 2.º β = coeficiente de afinamiento de la flotación.
- 3.º δ = coeficiente de bloque (relación del volumen del flotador al de un prisma de dimensiones eslora, manga y puntal).
- 4.º Relaciones lineales.
- 5.º γ = coeficiente de momento de inercia.

Este coeficiente no se emplea para la determinación de las dimensiones principales, sino para una comprobación aproximada de la estabilidad transversal, como veremos más tarde.

Parece que los valores más corrientes de estos coeficientes para hidroaviones de flotadores de 1.300 kilogramos a 3.200 kilogramos son

$$\alpha = 0,75 \quad \beta = 0,68 \quad \delta = 0,47$$

y para relaciones lineales

$$P = 1,13 M \quad E = 8 M \quad \gamma = 0,04.$$

Para hidroaviones de 3.200 a 5.000 kilogramos varían ligeramente estos coeficientes, y los valores que parecen más corrientes son

$$\alpha = 0,80 \quad \beta = 0,77 \quad \delta = 0,5$$

$$P = 0,9 M \quad E = 9 M \quad \gamma = 0,048.$$

Por lo tanto, de la ecuación de desplazamiento

$$\delta EMP = D$$

y teniendo en cuenta las relaciones lineales correspondientes al desplazamiento del hidroavión proyectado, podemos determinar la manga que para los dos casos tendrá por valores

$$M = \sqrt{\frac{D}{4,136}} \quad \text{y} \quad M = \sqrt[3]{\frac{D}{4,455}}$$

conocida la manga, determinaremos la eslora y el puntal. Una vez determinadas las dimensiones principales se construye la curva de áreas de cuadernas del flotador.

Con arreglo a esta curva y al coeficiente de área de la cuaderna maestra podemos hacer el trazado de ésta, y del mismo modo, mediante una serie de tanteos, el de todas las demás y, por lo tanto, el plano de formas del flotador, teniendo en cuenta que el rediente tiene una altura aproximada del 9 por 100 de la manga, nunca superior al 10 por 100 del puntal, y que las formas más corrientes, por lo menos en los flotadores ingleses, son tales, que el

Estabilidad transversal (Matrosov).

Cuadro n.º 2.

Inclinaciones	Cua- dernas	0º			3º			6º			9º			12º			15º		
		γi	γi^2	γi^3	γi	γi^2	γi^3	γi	γi^2	γi^3	γi	γi^2	γi^3	γi	γi^2	γi^3	γi	γi^2	γi^3
I m e r s i o n	1	0,162	0,026	0,004	0,328	0,108	0,035	0,267	0,071	0,019	0,182	0,033	0,006	0,029	0,001	0,000	↑	↑	↑
	2	0,670	0,449	0,301	0,715	0,511	0,366	0,648	0,420	0,272	0,540	0,292	0,157	0,275	0,070	0,021			
	3	0,864	0,740	0,645	0,820	0,672	0,551	0,745	0,555	0,413	0,613	0,376	0,230	0,326	0,106	0,035			
	4	0,908	0,824	0,749	0,848	0,719	0,610	0,700	0,578	0,439	0,620	0,384	0,238	0,327	0,107	0,035			
	5	0,925	0,856	0,791	0,861	0,741	0,638	0,770	0,593	0,457	0,630	0,397	0,250	0,332	0,110	0,037			
	6	0,925	0,856	0,791	0,861	0,741	0,638	0,770	0,593	0,457	0,630	0,397	0,250	0,333	0,111	0,037			
	7	0,925	0,856	0,791	0,861	0,741	0,638	0,770	0,593	0,457	0,630	0,397	0,250	0,333	0,111	0,037	0	0	0
	8	0,910	0,828	0,754	0,848	0,719	0,610	0,701	0,579	0,441	0,613	0,376	0,240	0,327	0,107	0,035			
	9	0,862	0,743	0,641	0,798	0,637	0,508	0,710	0,504	0,358	0,574	0,320	0,180	0,293	0,086	0,025			
	10	0,299	0,089	0,027	0,549	0,301	0,105	0,488	0,238	0,116	0,340	0,116	0,039	0,092	0,008	0,001	↓	↓	↓
	7,450	0,273	5,494	7,489	5,890	4,759	6,689	4,724	3,429	5,372	3,997	1,839	2,668	0,823	0,263				

I m e r s i o n	Cua- dernas	γe	γe^2	γe^3	γe	γe^2	γe^3	γe	γe^2	γe^3	γe	γe^2	γe^3	γe	γe^2	γe^3	γe	γe^2	γe^3
		1	0,162	0,026	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,670	0,449	0,301	0,366	0,134	0,049	0,060	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	0,864	0,740	0,645	0,825	0,681	0,562	0,540	0,292	0,157	0,185	0,034	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	0,908	0,824	0,749	0,940	0,884	0,831	0,888	0,789	0,700	0,721	0,520	0,375	0,263	0,069	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,925	0,857	0,791	0,964	0,920	0,896	0,987	0,974	0,962	0,999	0,998	0,997	0,868	0,753	0,54	0,711	0,506	0,350	0,287
6	0,925	0,857	0,791	0,964	0,920	0,896	0,987	0,974	0,962	0,999	0,998	0,997	0,852	0,726	0,518	0,608	0,487	0,340	0,287
7	0,925	0,857	0,791	0,964	0,920	0,896	0,987	0,974	0,962	0,999	0,998	0,997	0,787	0,619	0,487	0,660	0,430	0,340	0,287
8	0,910	0,828	0,754	0,942	0,887	0,836	0,961	0,924	0,888	0,812	0,709	0,507	0,690	0,484	0,337	0,357	0,127	0,045	0,045
9	0,862	0,743	0,641	0,900	0,810	0,729	0,886	0,818	0,486	0,582	0,330	0,107	0,260	0,072	0,019	0,047	0,002	0,000	0,000
10	0,299	0,089	0,027	0,110	0,012	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	7,450	0,276	5,494	0,975	0,105	5,696	0,136	5,549	5,117	5,327	4,596	4,166	3,735	2,723	2,133	2,473	1,558	1,032	0,664

Desplazamiento = 4,100 toneladas. Calado = 0,547 metros. Ordenada del centro de gravedad sobre la quilla = 0,380. Altura del centro de gravedad sobre la quilla = 2,40 metros. Coeficiente de Tchebyscheff = 0,864 = C.

$$\frac{\eta}{2} = 0,0524 \quad \frac{\eta}{3} = 0,0262$$

$$\frac{C}{2} = 0,432 \quad \frac{C}{3} = 0,288$$

Estabilidad transversal (Matrosov)

Cuadro núm. 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
θ	$\sum \gamma i + \sum \gamma e$	$\sum \gamma i^2 - \sum \gamma e^2$	$\sum \gamma i^3 + \sum \gamma e^3$	Áreas de las líneas de agua $C^A 2 \times C$	Momentos de las líneas de agua $C^A 3 \times \frac{C}{2}$	Abscisas del C. de G. de las L. de A. $\frac{C^A 6}{C^A 5}$	Semivolúmenes de la rebanada $\frac{\psi}{2} \times C^A 6$	Momentos de inercia de las L. de A $\frac{C}{3} \cdot C^A 4$	Momentos estáticos de las cuñas $\psi \times C^A 9$	Momentos de inercia de las L. de A. respecto al eje de giro de los flotadores	Momentos estáticos de las cuñas (corregidos) $\psi \times C^A 11$
0	14,90	0,00	10,99	12,87	0,00	0,50	0,00	3,17	0,17	29,376	1,530
3	14,46	-0,31	10,46	12,49	-0,13	-0,01	0,00	3,01	0,10	28,889	1,498
6	12,83	-0,83	8,55	11,00	-0,30	-0,03	-0,01	2,46	0,13	25,541	1,338
9	10,70	-1,50	6,01	9,24	-0,65	-0,07	-0,02	1,73	0,09	21,517	1,127
12	0,40	-1,90	2,40	5,53	-0,82	-0,15	-0,02	0,00	0,04	13,188	0,991
15	2,47	-1,50	1,03	2,13	-0,07	-0,31	-0,02	0,30	0,02	2,054	0,130

ángulo en el fondo o astilla muerta de la cuaderna del rediente es de 30 grados, llegando a 40 grados en la proa y 35 grados en la popa. Para la flotación puede tomarse un ángulo de 34 grados, que el ángulo de la quilla con la horizontal a popa del rediente es de 7 grados y que la relación de la distancia del rediente a la proa a la eslora total varía generalmente de 5,1 a 5,7.

Como vemos, este procedimiento es bastante largo y penoso, por lo cual cuando, como ocurre generalmente, se dispone del plano de formas de algún flotador que haya actuado con éxito, yo creo que el método más sencillo y de mejores resultados para el trazado de las formas es el de transformarlo por semejanza mecánica.

En el número de noviembre de esta REVISTA expuse el fundamento de este método. Por lo tanto, si D es el desplazamiento del flotador que deseamos proyectar y D' el del flotador cuyo plano de forma se conoce, bastará multiplicar todas las dimensiones lineales de éste por la relación $\sqrt[3]{\frac{D}{D'}}$ para poder trazar el plano de formas deseado.

Cuadro núm. 4.

ESTABILIDAD TRANSVERSAL (MATROSOV).							
Momentos "M"							
m 15°	0'139	0'069					
m 12°	0'691	0'345	0'690				
m 9°	1'127	0'563	1'125	1'121			
m 6°	1'338	0'669	1'336	1'331	1'322		
m 3°	1'498	0'749	1'496	1'490	1'480	1'465	
m 0°	0'7695		0'768	0'765	0'760	0'753	0'743
Cos 0°	1/2	0'9986	0'9945	0'9877	0'9781	0'9659	
θ°	0°	3°	6°	9°	12°	15°	
Momentos estáticos de las cuñas de M. respecto al plano de momentos	0	1'517	2'930	4'149	5'034	5'410	

Determinación de la posición de los flotadores y de las condiciones del despegue

Una vez efectuado el trazado, es necesario fijar la posición longitudinal y transversal de los flotadores. La posición transversal está determinada, como más tarde veremos, por la necesidad de disponer de la estabilidad

necesaria, y la posición longitudinal tiene una influencia primordial en las condiciones de despegue, de tal modo, que los dos problemas están tan íntimamente unidos que es imposible su estudio separadamente.

El estudio del problema de despegue de un hidroavión,

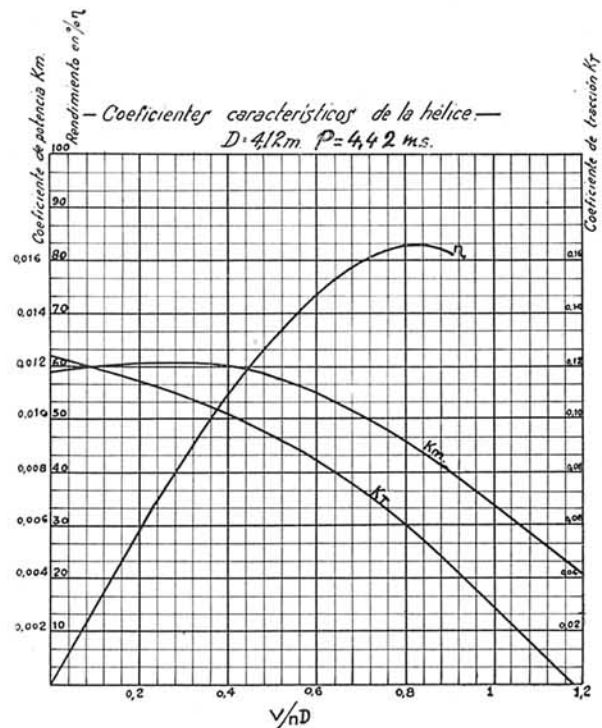


Fig. 2.

bien sea de flotadores o de casco central, presenta muy grandes dificultades, que gracias a la constancia de los investigadores de los canales de experimentación parece haber llegado a resolverse teóricamente.

Naturalmente que a este problema hay que concederle la importancia que en realidad tiene, ya que de nada nos serviría haber construido un hidroavión con condiciones aerodinámicas excepcionales si no se logra que el avión despegue.

Un hidroavión, una vez efectuado el despegue, se comporta como un avión; antes de iniciarse la carrera del despegue, se comporta como una embarcación, y durante la carrera para el despegue, como las dos cosas a la vez.

Aparecen en ese momento dos nuevos factores que no se habían tenido hasta ahora que tener en cuenta: la resistencia hidrodinámica y los momentos de trimado.

Conviene también indicar que el despegue debe efectuarse en el menor espacio posible, no solamente porque puede ser necesario el despegue en puertos reducidos, sino que en casos de mar gruesa conviene que el hidroavión esté el menos tiempo posible en el agua, para evitar los esfuerzos considerables a que se encuentra el casco sometido en su choque con las olas.

El despegue de un hidroavión se efectúa como sigue: el hidroavión se encuentra en reposo; al meter motor, por efecto del par de tracción el casco hocioca, entra en juego la resistencia del agua, ya que la del aire a tan pequeñas velocidades es casi despreciable, y los mandos aerodinámicos son casi nulos, principalmente los alerones; como la tracción de la hélice es superior a la resistencia, el hidroavión adquiere una aceleración, y debido a la forma de la parte de proa del casco, éste comienza a levantar su proa: la resistencia aerodinámica comienza a sentirse. El levantamiento de la proa está equilibrado por el par estabilizador longitudinal y la tracción de la hélice. Esta posición de máximo levantamiento de proa, o sea el máximo ángulo de trimado, se efectúa un momento antes de ponerse sobre el rediente; en aquel momento la resistencia hidrodinámica adquiere su valor máximo, que disminuye rápidamente al ponerse sobre el rediente, es decir, en condiciones de hidroplaneo, ya que la resistencia friccio-

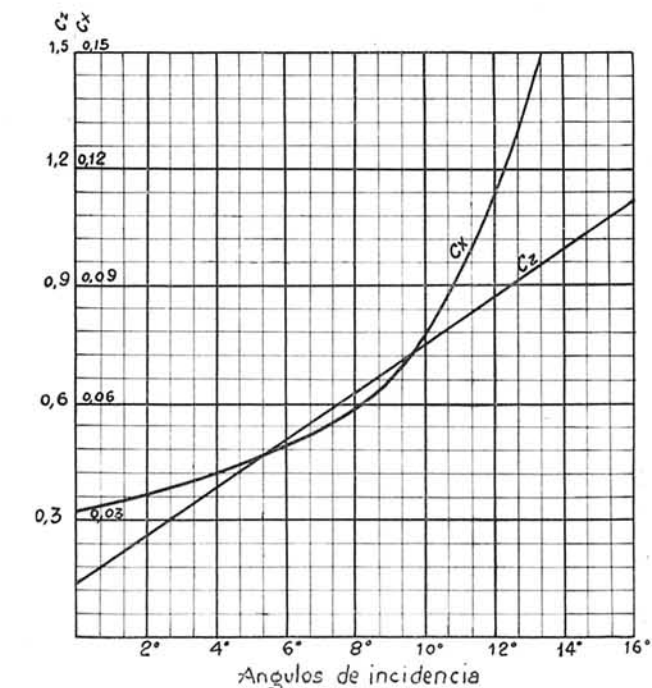


Fig. 4. — Sustentación y resistencia sin hélice.

Cuadro núm. 5.

Estabilidad transversal (Matrosov)

Momentos μ

1		3°	6°	9°	12°	15°
2	Línea 5. ^a transportada.....	0,00	0,00	- 0,01	- 0,04	- 0,08
3	Cuadro 3. Columna 8.....	0,00	- 0,01	- 0,02	- 0,02	- 0,02
4	Cuadro 3. Columna 8 interpolada.....	0,00	0,00	- 0,01	- 0,02	- 0,02
5	Volumen de la rebanada de η	0,00	- 0,01	- 0,04	- 0,08	- 0,12
6	X^g	- 0,01	- 0,03	- 0,07	- 0,15	- 0,31
7	Momento estático de la rebanada de $\eta = \mu = L^a 5 \times L^a 6$	0,000	0,000	0,003	0,012	0,037

nal, que es aproximadamente $\frac{1}{2}$ ó $\frac{1}{3}$ de la total y crece proporcionalmente al cuadrado de la velocidad, al reducirse la superficie de contacto con el agua disminuirá notablemente.

La velocidad correspondiente al momento de ponerse el hidroavión sobre el rediente suele variar del 30 al 40 por 100 de la velocidad de despegue. En este momento ya los mandos aerodinámicos comienzan a ser efectivos, principalmente los de profundidad y dirección, debido a estar colocados en la estela de la hélice, los cuales deben tener mando suficiente para poder mantener el hidroavión con un trimado fijo. El hidroavión continuará acelerándose, y en el momento que él adquiriera la velocidad mínima de vuelo se aumentará el ángulo de ataque hasta el correspondiente a la máxima sustentación, y el hidroavión efectuará el despegue. Naturalmente, será necesario disponer de un margen de seguridad de modo que no se efectúe el despegue con el ángulo de ataque correspondiente a la máxima sustentación, sino a un ángulo menor. Generalmente se adopta un margen de seguridad de 1 a 3 grados (dependiente de la forma de la polar del ala), lo que representa efectuar el despegue a una velocidad aproximada de 110 a 115 por 100 de la velocidad mínima de vuelo.

Como he dicho, la aceleración del hidroavión depende naturalmente de la diferencia entre la tracción de la hélice y la resistencia total.

Ahora bien: como es necesario que al despegar los planos tengan una incidencia muy próxima a la de máxima sustentación, será también preciso que a esa posición de

Cuadro núm. 6.

Estabilidad transversal (Matrosov)

Brazos de palanca

1	2	3	4	5	6
η	$M - \mu = V \cdot \rho \cdot \text{sen } \eta \times V \cdot \rho \cdot \text{sen } \eta \times 1,026 = P \cdot \rho \cdot \text{sen } \eta$	$V \rho \text{ sen } \eta \times$	$P \cdot a \text{ sen } \eta$	$P(\rho - a) \text{ sen } \eta$	$(\rho - a) \text{ sen } \eta$
3°	1,517	1,556	0,412	1,144	0,279
6°	2,930	3,006	0,823	2,183	0,532
9°	4,146	4,254	1,147	3,107	0,758
12°	5,022	5,153	1,073	3,475	0,848
15°	5,373	5,513	2,109	3,404	0,830

$P = 4,100$ toneladas.
 $a = 1,92$ metros.

los planos corresponda una posición del flotador de mínima resistencia total o muy próxima a ella, y como ésta depende, según dije en el artículo publicado en el número de esta REVISTA correspondiente a noviembre («Experimentación de casco y flotadores de hidroaviones»), del ángulo de trimado, de ahí, por lo tanto, la necesidad de hacer una buena determinación de la posición más conveniente del flotador respecto a los planos. Los puntos que merecen más atención para este fin son los correspondientes al 30 ó 40 por 400 de la velocidad de despegue (es decir, en las proximidades de la máxima resistencia) y en las proximidades de la velocidad de despegue. Se comprende fácilmente que por una mala posición de los flotadores puede llegarse a que la resistencia hidrodinámica sea superior a la tracción de la hélice. Para darse idea de que esto puede suceder, basta hacer un balance entre la potencia necesaria para adquirir la velocidad máxima en vuelo y la necesaria para vencer la resistencia hidrodinámica, y se ve el poco margen existente entre

Voy a continuación a determinar el medio de fijar esas posiciones y el cálculo del tiempo y longitud del despegue, suponiendo un tiempo calma.

Empezaremos por determinar la curva de tracción de

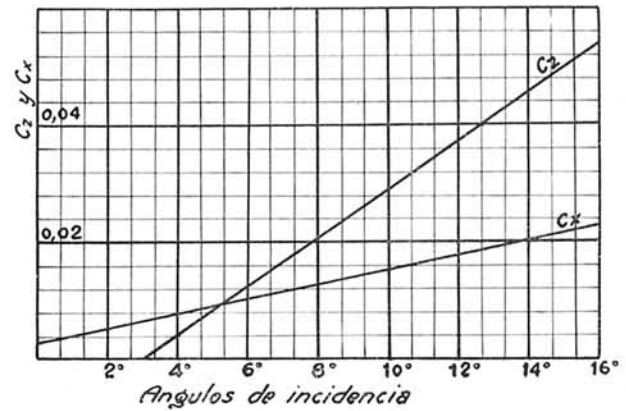


Fig. 5. - Sustentación y resistencia debido a la estela de la hélice.

Cuadro num. 1.

Carenas rectas

Cálculo del desplazamiento y ordenadas del centro de carena con 10 Secciones (Tchebyscheff) con el integrador.

Líneas de agua	Lecturas de áreas	Diferencias de lecturas	Desplazamiento en Tons. = D	Lecturas de momentos	Diferencias de lecturas	Alturas del centro de carena
		A	D		M + o	QC
o - A - 1	- 5941	374	V = 0,106	20139	88	0,113
	- 5415			20051		
o - A - 2	- 5415	2164	V = 0,615	20051	995	0,221
	- 7579			19056		
o - A - 3	- 7579	4958	V = 1,372	19056	3245	0,314
	- 2537			15811		
o - A - 4	- 2537	8440	V = 2,397	15811	7077	0,402
	- 10977			8734		
o - A - 5	- 977	11707	V = 3,241	108734	11699	0,480
	- 12684			97035		

$$D = A \times \left(\frac{E}{10} \times 0,2 \times \frac{4^2}{100} \right) \times 1,026 \quad D = A \times 0,000253668$$

$$QC = \frac{Mto}{A} \times \left(\frac{2,4}{0,2} \times \frac{4}{100} \right) \quad QC = \frac{Mto}{A} \times 0,48$$

ellas, por lo cual cualquier defecto en la citada posición del flotador puede dar lugar a que no se efectúe el despegue.

Es claro que podría quizá lograrse el despegue haciendo un cambio de hélice, teniendo en cuenta que un aumento en el paso da lugar a un aumento en la tracción, sin variar sensiblemente las demás características.

También hemos dicho anteriormente que corriendo el hidroavión sobre el rediente es necesario poseer mandos aerodinámicos para poder controlar los momentos de trimado, los cuales dependen de la posición del flotador respecto al centro de gravedad del hidroavión. Vemos de todo esto la importancia que tiene la fijación del flotador, tanto en posición de su cubierta respecto a los planos (aquella se toma generalmente como base para los ángulos de trimado), como del flotador respecto al centro de gravedad.

la hélice. Para ello podemos hacer uso de las curvas de sus coeficientes característicos definidos por los siguientes coeficientes:

$$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \quad K_m = \frac{P_m}{\rho n^2 D^5} \quad (\text{fig. 2}).$$

T = tracción de la hélice;

D = diámetro en metros;

ρ = densidad;

n = número de revoluciones por segundo;

P_m = potencia en kilogrametros;

y la curva de potencia del motor (fig. 3). Dispondremos de las ecuaciones

$$\varphi_1(V) = T = K_T \rho n^2 D^4$$

$$\varphi_2(n) = P_m = K_m \rho n^2 D^5.$$

φ₁(V), φ₂(n) K_T y K_m son dados gráficamente, y, por lo tanto, conocido D podemos determinar los valores correspondientes de V y n, y de éstos, mediante el valor de K_T correspondiente, deducir el valor de T en función de V (fig. 6).

En la práctica se tiene suficiente aproximación, supo-

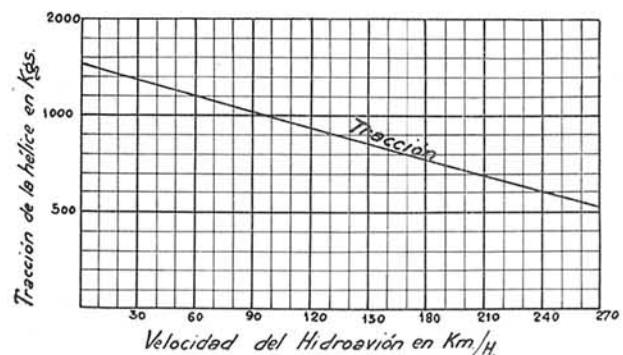


Fig. 6. - Curva de tracción de la hélice en función de la velocidad al nivel del mar.

niendo que la tracción varía linealmente con la velocidad, por lo cual, determinando sólo dos puntos, quedará perfectamente definida. Estos dos puntos pueden ser, la tracción a punto fijo ($V = 0$) y la tracción a la máxima velocidad. Para el primero da Diehl la siguiente fórmula empírica:

$$T = 6,000 \left[18,7 - 9,5 \left(\frac{P}{D} \right) \right] \frac{P}{r. p. m. D} \text{ en libras.}$$

P = potencia.

D = diámetro.

p = paso.

Y para el segundo basta observar, que a la máxima velocidad la tracción ha de ser igual a la resistencia.

Para determinar la resistencia total aero e hidrodinámica, es necesario conocer la polar del hidroavión, fijada por los coeficientes característicos (figs. 4 y 5). Estos mismos coeficientes son los que han servido para determinar $\rho_1 (V) = T$.

$$C_x = \frac{2 R_x}{\rho S V^2} \quad C_z = \frac{2 R_z}{\rho S V^2}$$

R_x = resistencia en kilogramos.

S = superficie en metros cuadrados.

R_z = sustentación en kilogramos.

V = velocidad en metros por segundo.

Cuando se conoce la polar del avión con ruedas, puede determinarse aproximadamente su polar como hidroavión, teniendo en cuenta que la resistencia del tren de ruedas puede tomarse como el 15 por 100 de la resistencia total, y que la resistencia de los flotadores corrientes es de 6,8 a 7,3 kilogramos por metro cuadrado de superficie frontal, para una velocidad de 30,5 metros por segundo.

Supongamos esta polar determinada, y que conocemos las curvas características de un flotador, del que por semejanza hemos deducido las formas de proyectarlo. Esas

curvas serán las de resistencia, desplazamiento y trimados en función de la velocidad (fig. 7), y vamos a determinar la posición más conveniente del flotador respecto a las alas. Para ello es preciso que la resistencia total en

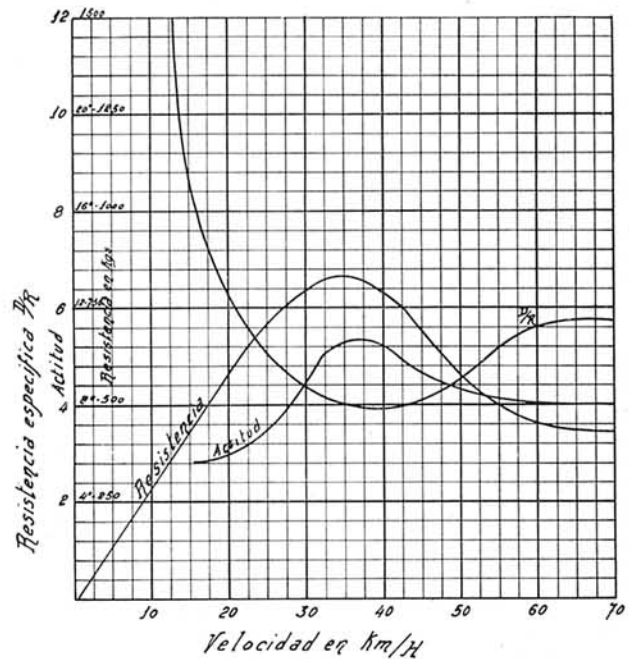


Fig. 7. — Curvas características del flotador.

la proximidad del despegue sea mínima. Generalmente se adopta el criterio de que sea mínima al 90 por 100 de la velocidad mínima de vuelo. Como se conoce la velocidad mínima de vuelo mediante la expresión

$$V_m = \sqrt{\frac{R_z}{\rho_{1/2} C_z S}}$$

Podemos determinar inmediatamente la velocidad de despegue (V_D de 110 a 115 por 100 $V_{min.}$), y la ve-

Carenas rectas

Cuadro núm. 2.

ÁREAS DE LAS LÍNEAS DE AGUA

Secciones de trazado (método Simpson) Distancia entre Secciones — $e = 0,720$ metros.

Ordenadas	Factores	L. DE A. NÚM. 1.		L. DE A. NÚM. 2.		L. DE A. NÚM. 3.		L. DE A. NÚM. 4.		L. DE A. NÚM. 5.	
		Semi-mangas	Productos	Semi-mangas	Productos	Semi-mangas	Productos	Semi-mangas	Productos	Semi-mangas	Productos
0	1/2	0		0	0	0	0	0	0	0	0
1/2	2	0	0	0	0	0	0	0,155	0,310	0,117	0,234
1	1 1/2	0	0	0	0	0	0	0,240	0,360	0,204	0,306
2	4	0	0	0	0	0,160	0,640	0,309	1,470	0,304	1,216
3	2	0	0	0,050	0,100	0,385	0,770	0,423	0,846	0,348	0,696
4	4	0	0	0,208	1,072	0,472	1,888	0,440	1,700	0,350	1,400
5	2	0,122	0,244	0,488	0,976	0,486	0,972	0,447	0,894	0,351	0,702
6	4	0,333	1,332	0,497	1,988	0,484	1,936	0,447	1,788	0,350	1,424
7	2	0,290	0,580	0,497	0,994	0,484	0,968	0,447	0,894	0,350	0,712
8	4	0,220	0,880	0,493	1,972	0,484	1,936	0,447	1,788	0,350	1,424
9	2	0,130	0,272	0,482	0,964	0,474	0,948	0,447	0,894	0,350	0,712
10	4	0,045	0,180	0,247	0,988	0,453	1,812	0,422	1,688	0,320	1,310
11	1 1/2	0	0	0,036	0,054	0,225	0,337	0,300	0,540	0,257	0,385
11 1/2	2	0	0	0	0	0,029	0,058	0,224	0,448	0,200	0,400
12	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3,488		9,108		12,265		13,095		10,927	
		$A = 1,674 \text{ m}^2$		$A = 1,372$		$A = 5,887$		$A = 6,574$		$A = 5,245$	

Factor para las áreas:
 $2 \times \frac{1}{2} \times e = 0,48$

Carenas rectas
 ABCISAS DEL CENTRO DE CARENA

Cuadro núm. 3.

Secciones de trazado (método Simpson) recorridas con el integrador. Distancia entre secciones: $e = 0,720$ metros.

Cua- dernas <i>n</i>	Facto- res Simp- s	L. DE A. 1			L. DE A. 2			L. DE A. 3			L. DE A. 4			L. DE A. 5				
		<i>a</i>	<i>a</i> × <i>s</i>	<i>a</i> × <i>s</i> × <i>n</i>	<i>a</i>	<i>a</i> × <i>s</i>	<i>a</i> × <i>s</i> × <i>n</i>	<i>a</i>	<i>a</i> × <i>s</i>	<i>a</i> × <i>s</i> × <i>n</i>	<i>a</i>	<i>a</i> × <i>s</i>	<i>a</i> × <i>s</i> × <i>n</i>	<i>a</i>	<i>a</i> × <i>s</i>	<i>a</i> × <i>s</i> × <i>n</i>		
0	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1/2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	5	10	32	16		
1	1 1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	13,5	13,5	25	37,5	37,5		
2	4	0	0	0	0	0	0	3	12	24	27	108	216	50	200	400		
3	2	0	0	0	1	2	6	17	34	102	48	96	288	77	154	462		
4	4	0	0	0	7	28	112	38	152	608	73	292	1108	103	412	1648		
5	2	2	4	20	27	54	270	64	128	640	97	194	970	126	252	1.260		
6	4	11	44	264	48	192	1152	84	336	2016	120	480	2880	150	600	3600		
7	2	9	18	120	44	88	616	79	158	1106	118	236	1652	148	296	2072		
8	4	7	28	224	38	152	1216	74	296	2368	109	436	3484	142	568	4544		
9	2	4	8	72	25	50	450	62	124	1116	95	190	1710	128	256	2304		
10	4	1	4	40	12	48	480	41	164	1640	75	300	3000	104	416	4160		
11	1 1/2	0	0	0	1	1,5	10,5	11	10,5	181,5	35	52,5	577,5	61	91,5	1000,5		
11 1/2	2	0	0	0	0	0	0	1	2	23	10	20	230	29	58	667		
12	1/2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
			106	746			615,5	4318,5			1422,5	9824,5			2428,0	16198,0	3373,0	22167,0
		Abciscas = 5,067 ms.			A. = 5,052 ms.			A. = 4,973 ms.			A. = 4,803 ms.			A. = 4,734 ms.				

$$\text{Abciscas} = 0,72 \times \frac{\sum a \cdot s \cdot n}{\sum a \cdot s}$$

lidad a la que la resistencia ha de ser mínima ($V_r = 90$ por 100 $V_{\text{mín.}}$). A esta velocidad y diversos ángulos de ataque podemos determinar la sustentación y resistencia aerodinámica; por lo tanto, el desplazamiento del flotador (peso del hidroavión menos la sustentación correspondiente), y de éste determinaremos los ángulos de trimado correspondiente, así como la resistencia hidrodinámica, y, por lo tanto, la resistencia total para cada ángulo de ataque a la velocidad V_r .

El ángulo de ataque correspondiente a la mínima resistencia total a esa velocidad será el adoptado, así como el ángulo de trimado correspondiente, y, por lo tanto, podemos ya fijar el flotador a la célula, de modo que para dicho ángulo de ataque, el de trimado sea el determinado.

Si suponemos que hasta ponerse el hidroavión sobre el rediente el trimado es libre, de la curva de trimados en

función de las velocidades podemos determinar a cada velocidad el ángulo de trimado correspondiente; por consiguiente, el ángulo de ataque, y de ellos, la resistencia aero e hidrodinámica hasta esa posición. Si ahora suponemos que por medio de los mandos mantenemos al hidroavión con el ángulo de trimado correspondiente a la mínima resistencia a la velocidad V_r , podemos determinar igualmente la resistencia total, y sustentación del gráfico indicado en las figuras 8 y 9.

Para determinar el tiempo necesario para el despegue basta observar que en cada momento

$$F = M \gamma = M \frac{dV}{dt} \quad t = \frac{P}{g} \int_0^{V_D} \frac{1}{F} dV$$

- M = masa del hidroavión,
- γ = aceleración en ese instante,
- P = peso del hidroavión,

bastará trazar la curva $\frac{1}{F} = P(V)$ y determinar por medio del planímetro el área comprendida entre ella y el eje de las velocidades.

El espacio necesario para el despegue será

$$E = V_r t = \frac{P}{g} \int_0^{V_D} \frac{V}{F} dV,$$

bastará, por lo tanto, construir la curva $\frac{V}{F} = P(V)$ y determinar por medio del planímetro el área comprendida entre ella y el eje de las velocidades.

Existe un procedimiento gráfico para la determinación del tiempo del despegue, que se encuentra aplicado en el ejemplo aclaratorio (fig. 8).

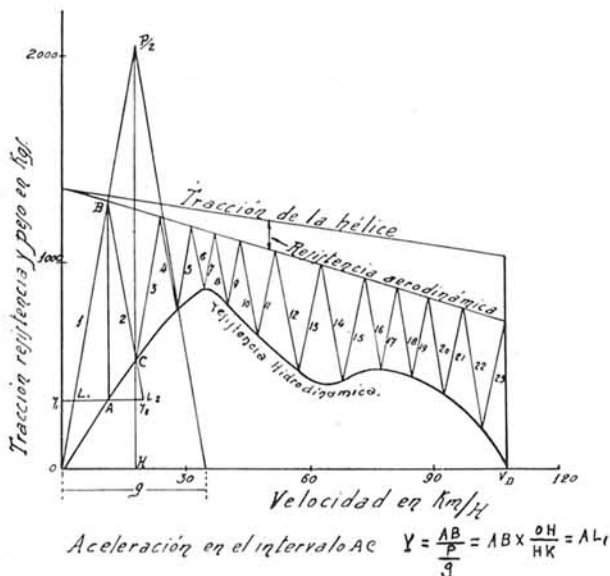


Fig. 8.

Su construcción es la siguiente: Se forma un triángulo isósceles que tenga por base g y por altura $\frac{P}{2}$, y a continuación se construyen los triángulos sucesivos, cuyos lados son paralelos al anterior; se numeran sus lados

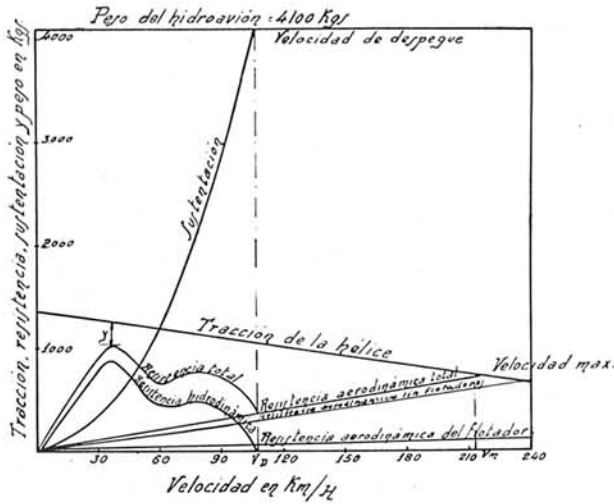


Fig. 9.

como se indica en la citada figura, y la numeración del último lado indica el tiempo en segundos del despegue.

Si se conoce la velocidad de despegue del hidroavión, de cuyos flotadores se ha definido por semejanza mecánica el proyectado, podemos determinar inmediatamente la velocidad de despegue de éste mediante las conocidas relaciones proporcionadas por aquélla:

$$\frac{L}{l} = \sqrt[3]{\frac{P}{p}}$$

$$\frac{V}{v} = \sqrt{\frac{L}{l}}$$

$$V = v \sqrt{\frac{L}{l}} = v \left(\frac{P}{p} \right)^{1/6}$$

Ahora supongamos el caso que no adoptamos el método de semejanza mecánica para el plano de trazado, sino que deseamos proyectar un nuevo flotador, y disponemos de un canal hidrodinámico de experimentación.

El National Advirsoy Committee for Aeronautics da los siguientes coeficientes sin dimensiones:

De desplazamiento:

$$C_D = \frac{D}{\omega M^3}$$

De resistencia:

$$C_R = \frac{R}{\omega M^3}$$

De momento de trimado:

$$C_M = \frac{M + o}{\omega M^4}$$

De velocidad:

$$C_V = \frac{V}{\sqrt{gM}}$$

ω = densidad del agua 1.026 kilogramos por metro cúbico.

M = manga del flotador.

g = aceleración de la gravedad.

Las curvas características de un flotador o casco pueden determinarse

de la construcción de las curvas, del ángulo de trimado para el mínimo coeficiente de resistencia en función del coeficiente de velocidad, con el coeficiente de desplazamiento como parámetro. Estas curvas tienen la forma indicada en la figura 10.

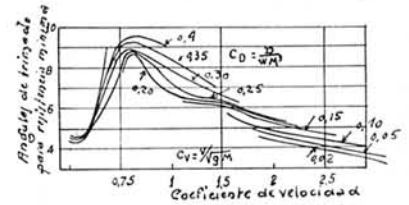


Fig. 10. — Curvas del mejor trimado.

Estas curvas evidentemente nos servirán para la comparación de mangas, posiciones de alas y flotadores, etcétera. Es también interesante la construcción de las curvas $\frac{D}{R}$ en función de C_D para diversos valores de C_V .

Estas curvas tienen la forma indicada en la figura 11.

En ella podemos apreciar las variaciones en $\frac{D}{R}$ producidas por una variación en C_D para un valor determinado de C_V .

De ellas puede verse la influencia de la manga en la resistencia. Naturalmente, conviene disminuir el valor de la manga para obtener un peso y una resistencia aerodinámica reducidos, pero se observa en dichas curvas, que tal disminución ocasiona un aumento en la resistencia

máxima hidrodinámica, y en cambio la reduce a las velocidades próximas al despegue. Por lo tanto, si seleccionamos un buen valor de C_D de las curvas citadas, como el peso del hidroavión y ω son conocidos, podemos determinar M . A cada ángulo de trimado del casco o flotador podemos determinar en el canal de ensayos hidrodinámicos la curva de resistencias y momentos de trimado para distintos desplazamientos. Estas curvas tienen la forma indicada en la figura 12. Comparando estas curvas, podemos determinar a cada desplazamiento y velocidad cuál es el ángulo de trimado que da la mínima resistencia, y,

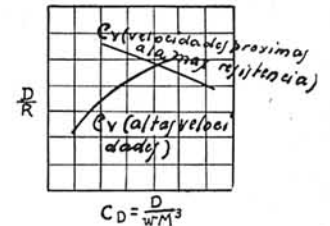


Fig. 11. — Relación $\frac{D}{R}$ y coeficiente de desplazamiento para un valor dado de C_V .

que tal disminución ocasiona un aumento en la resistencia máxima hidrodinámica, y en cambio la reduce a las velocidades próximas al despegue.

Por lo tanto, si seleccionamos un buen valor de C_D de las curvas citadas, como el peso del hidroavión y ω son conocidos, podemos determinar M . A cada ángulo de trimado del casco o flotador podemos determinar en el canal de ensayos hidrodinámicos la curva de resistencias y momentos de trimado para distintos desplazamientos.

Estas curvas tienen la forma indicada en la figura 12. Comparando estas curvas, podemos determinar a cada desplazamiento y velocidad cuál es el ángulo de trimado que da la mínima resistencia, y,

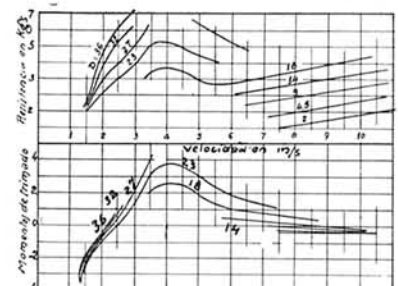


Fig. 12. — Curvas de resistencia con ángulo de trimado fijo.

por lo tanto, de ellas podemos construir las curvas de ángulo de trimado de mínima resistencia para diversos desplazamientos y velocidades como se indicó en la figura 10. Del mismo modo, se puede construir curvas de coeficientes de resistencia en función de coeficientes de velocidad y de coeficientes de resistencia en función

Cuadro núm. 4.

Carenas rectas

METACENTRO TRANSVERSAL

Calado, 0,547 metros (máximo)

Flotación recta

Ordenadas	Semimangas	Cubos de las semimangas	Multiplicadores de Simpson	Productos
0	0,000	0,000	1/4	0,000
1/2	0,075	0,000	1	0,000
1	0,158	0,004	3/4	0,003
2	0,350	0,043	2	0,086
3	0,434	0,082	1	0,082
4	0,450	0,095	2	0,190
5	0,400	0,101	1	0,101
6	0,404	0,100	2	0,209
7	0,404	0,100	1	0,100
8	0,404	0,100	2	0,200
9	0,402	0,099	1	0,099
10	0,430	0,083	2	0,166
11	0,381	0,055	3/4	0,041
11 1/2	0,144	0,003	1	0,003
12	0,000	0,000	1/4	0,000

Momento de inercia = 0,406 m⁴ de un flotador respecto a su eje.
 Volumen del desplazamiento = 3,996 m³ de los dos flotadores.
 Momento de inercia total:

$$I = (6435 \times \frac{1}{1,52} + 0,406) \times 2 = 31,21 \text{ mts}^4.$$

de desplazamientos. Con todas estas curvas no cabe duda poseemos un gran campo de comparación entre las cualidades de los modelos experimentados.

Si hacemos un pequeño tanteo y determinamos la diferencia entre la tracción y la resistencia hidrodinámica máxima, podemos determinar si con el valor adoptado para la manga puede vencerse fácilmente esta resistencia.

Fijación del flotador respecto al plano con estos datos

Conocida la velocidad mínima de vuelo, podemos fijar la velocidad de despegue como anteriormente, y, por lo tanto, C_V. Del conocimiento de la polar podemos determinar la sustentación y resistencia para esa velocidad a diversos ángulos de ataque, y, por lo tanto, el desplazamiento del flotador y C_D.

De los conocimientos de C_V y C_D, podemos determinar en cada caso el ángulo de trimado de mínima resistencia, y de las curvas de C_R y C_V, el valor de la resistencia hidrodinámica; por lo tanto, entre todos ellos podemos seleccionar el ángulo de ataque y el ángulo de trimado correspondiente al mínimo de resistencia total aero e hidrodinámica. Del mismo modo podrían determinarse las resistencias aero e hidrodinámica para cualquier otra velocidad, y efectuar la construcción como anteriormente

de la figura 8 para calcular el tiempo y espacio de despegue.

En la práctica ocurre generalmente que no puede disponerse de todos estos datos, y entonces, basándose en los resultados de pruebas de la mayoría de flotadores actualmente en servicio, en los cuales se ve que a partir de velocidades de 50 a 60 kilómetros el ángulo de trimado es de 8 grados y la resistencia baja rápidamente, el procedimiento es el siguiente:

Se determina el ángulo de la cubierta (que generalmente es recta hasta las proximidades de la proa) con el eje del fuselaje adoptando un coeficiente de seguridad como se ha dicho anteriormente de 1 a 3 grados.

Evidentemente que si llamamos β al ángulo de ataque de máxima sustentación y α el ángulo de incidencia con que se han montado los planos, el giro que deberá dar el eje de fuselaje si se adopta un ángulo de seguridad γ, para ponerse en condiciones de despegue, será

$$(\beta - \alpha - \gamma)^{\circ}$$

Los flotadores girarán este mismo ángulo; por lo tanto, si llamamos δ el ángulo que forma en reposo la cubierta con el eje del fuselaje, se tendrá que verificar:

$$8^{\circ} + \delta = (\beta - \alpha - \gamma)^{\circ}$$

$$\delta = 8^{\circ} - (\beta - \alpha - \gamma)^{\circ} \quad [1]$$

lo que nos permite determinar la posición del flotador respecto al eje del fuselaje. El esquema de lo que acabamos de decir puede verse en la figura 13.

Si suponemos que la flotación forma en reposo un ángulo α con la cubierta, tendrá que girar el flotador para ponerse en posición de despegue (8 - α)°; los planos en

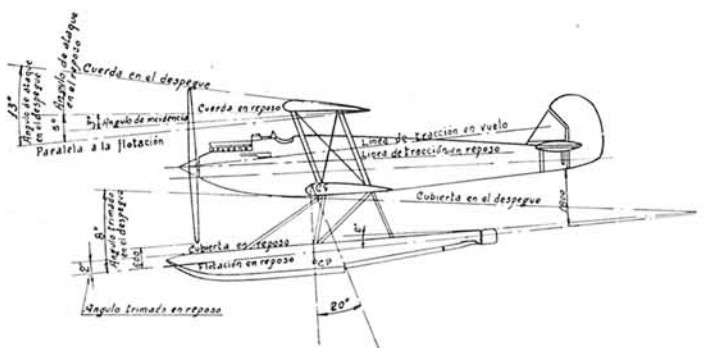


Fig. 13.

reposo forman con la flotación un ángulo de (δ + α)°; por lo tanto, para llegar a la posición de despegue debieran girar un ángulo de (β - γ)° - (δ + α)°, que en virtud de la relación [1] se ve que es igual a (8 - α)°, lo que no podía menos de suceder por estar perfectamente armonizados planos y flotador.

(Continuará.)