

Diseño de ala volante sin flecha

Escrito por Eduardo Núñez

Jueves, 03 de Septiembre de 2015 09:29 - Actualizado Lunes, 26 de Octubre de 2015 18:30



En este artículo veremos cómo elegir acertadamente el perfil para un ala volante sin flecha, también llamada plank, así como las posibles soluciones a una incorrecta selección del perfil, todo ello de una manera fácilmente entendible para cualquier aeromodelista.

La base técnica de este artículo se encuentra [aquí](#), un texto traducido y quizás demasiado técnico para muchos aeromodelistas, que intentaré hacer más accesible desde este otro.

Al contrario que en un ala volante con flecha, en la que la estabilidad viene dada por la combinación de la posición del centro de gravedad, flecha, torsión y perfiles, en las alas sin

Diseño de ala volante sin flecha

Escrito por Eduardo Núñez

Jueves, 03 de Septiembre de 2015 09:29 - Actualizado Lunes, 26 de Octubre de 2015 18:30

flecha sólo viene dada por la posición del centro de gravedad y el perfil.

Flecha

Esta es entendida como el ángulo que tiene la línea situada en el primer cuarto de la cuerda, con respecto a la horizontal. Por lo tanto no es ni el borde de ataque, ni el de salida, a no ser que sea cuerda constante.

De esta manera en un ala trapezoidal con flecha 0, el borde de ataque tendrá un ángulo positivo, y el de salida hacia adelante un poco en mayor medida. Es el ejemplo más simple de construcción, para mejorar el rendimiento que tendría un ala de cuerda constante y elevones de envergadura completa o full span.

Diseño de ala volante sin flecha

Escrito por Eduardo Núñez

Jueves, 03 de Septiembre de 2015 09:29 - Actualizado Lunes, 26 de Octubre de 2015 18:30

pero cuando se trata de (barrios) se debe considerar el caso de un ala volante con un ángulo de ataque de 0 grados, es decir, el ala debe ser plana y el CG debe estar en el punto de ataque.

El primer paso es determinar el porcentaje de estabilidad deseado. El CG debe estar en el punto de ataque con un porcentaje de estabilidad deseado.

Centro de gravedad

Lo primero es decidir que porcentaje de estabilidad va a tener, normalmente entre un 5% y un 10%. El 5% corresponderá a un comportamiento vivo y ágil, mientras que el 10% dará un comportamiento más tranquilo. Si excedemos estos límites nos encontraremos con comportamientos muy crítico por un lado y excesivamente perezoso por otro.

El porcentaje de estabilidad se resta del 25% y el resultado es el que se tiene que aplicar en la cuerda.

Ejemplo: Estabilidad deseada 7,5%. Resta $25\% - 7,5\% = 17,5\%$. Si la cuerda es constante, tiene 200mm y el CG está al 17,5%, serán 35mm medidos desde el borde de ataque.

Será de gran ayuda una [aplicación de cálculo de centro de gravedad](#), sobre todo si la planta alar no es rectangular.

Elección del perfil

Esta es la parte más importante y delicada, ya que de ello dependerán las principales características de vuelo.

Conviene antes repasar rápidamente unos conceptos:

Coefficiente de sustentación

Es lo que "trabaja" un perfil para obtener sustentación, por decirlo de una manera muy simple. Para generalizar este valor puede oscilar entre 0 y 1 los perfiles con más capacidades de sustentación pueden dar valores por encima de 1 y los perfiles más veloces ligeramente por debajo. Esto lo consigue el perfil a base de aumentar su ángulo de incidencia, una vez superado su máximo se produce la entrada en pérdida. Por tanto los valores más bajos corresponden al vuelo rápido, mientras que los más altos al vuelo lento.

En la fórmula de la sustentación intervienen dos variables muy importantes: la velocidad y el coeficiente de sustentación, el resto: densidad el aire y superficie alar, van a ser constantes o con mínimas variaciones. Eso quiere decir que para que el avión vuele (peso=sustentación), si el coeficiente de sustentación C_l es alto, volará despacio y si es bajo, necesitará volar rápido. Si este coeficiente fuera 0 o se aproximase mucho, la velocidad debería ser infinito o casi.

Coeficiente de momentos

Esto es de vital importancia en un ala volante y una mala elección puede ocasionar muchos problemas difícilmente solucionables. Es lo que comúnmente se llama autoestabilidad, que es dada por ese característico borde de salida levantado o curvatura media del perfil en forma de S llamada réflex. Es importante saber que la clasificación de perfiles no sólo se queda en los que son réflex o autoestables y los que no, blanco o negro. Ello es cuantificable y es justamente a través de este coeficiente de momentos C_m . Serán autoestables los que tengan valores positivos de C_m . Podremos encontrar perfiles autoestables desde valores como +0,0001 para los más bajos a +0,1000 para los más altos.

Dado que en un ala sin flecha es el perfil el encargado de dar la estabilidad tendremos que ir a valores altos, mientras en en las alas con flecha, como el trabajo se reparte también con la flecha y torsión, se podrá utilizar perfiles con un coeficiente de momentos más cercano al cero, incluso ligeramente negativos, algo imposible con un ala volante sin flecha.

Fórmula

Existe una fórmula muy sencilla que relaciona los conceptos anteriores para obtener el C_m necesario para el vuelo conociendo el C_l y porcentaje de estabilidad, expresado en forma centesimal.

Diseño de ala volante sin flecha

Escrito por Eduardo Núñez

Jueves, 03 de Septiembre de 2015 09:29 - Actualizado Lunes, 26 de Octubre de 2015 18:30

$$C_m = C_l * \text{estabilidad}$$

Ejemplo: Busco el C_m para volar con un C_l de 0,4 y una estabilidad del 7,5%. $0,4 * 0,075 = 0,03$
Por tanto necesito un perfil con C_m de 0,03.

¿Y dónde encuentro un perfil con ese C_m ? No suele ser fácil esta respuesta ya que el C_m en un mismo perfil varía con el ángulo de ataque, si bien este valor se refiere a 0° , pero también lo hace con el [número de Reynolds](#), a efectos prácticos, con la cuerda y velocidad. Por norma general, un perfil es más autoestable si la cuerda es más grande y/o vuela más rápido, digamos que porque "trabaja" mejor.

Existe una página web que tiene perfiles específicos para alas volantes muy bien organizados por sus valores de C_m .

- Perfiles para alas sin flecha. Alemán http://aerodesign.de/profile/profile_sp.htm
- Perfiles para alas con flecha. Alemán http://aerodesign.de/profile/profile_s.htm
- Perfiles para alas volantes con y sin flecha. Inglés http://aerodesign.de/english/profile/profile_s.htm
- Perfiles de Hartmut Siegmann. Alemán http://aerodesign.de/profile/profile_hs.htm

Además del C_m , también indica la flecha del perfil f (la curvatura que tiene), el espesor d , el ángulo de sustentación $\alpha=0$ (el ángulo al cual el C_l es 0, normalmente negativo y tanto más cuanto más sustentador sea el perfil) y el uso.

Como la estabilidad también influye en el C_l de vuelo, un ligero retraso del centro de gravedad

Diseño de ala volante sin flecha

Escrito por Eduardo Núñez

Jueves, 03 de Septiembre de 2015 09:29 - Actualizado Lunes, 26 de Octubre de 2015 18:30

(sin sobrepasar los límites citados) proporcionará un vuelo más lento y al contrario.

Flaps

Los flaps en borde de salida en un ala volante sin flecha, funcionarían como un elevador, ya que tienen la misma posición que éste con respecto al CG, por tanto no servirán como dispositivos hipersustentadores para volar lento en térmicas, únicamente funcionan como aerofrenos. Las dimensiones estarán condicionadas para que cumplan su función y su momento de picado pueda ser compensado por el elevador. La práctica ha demostrado que una superficie total del 5% es suficiente para esta función con una deflexión de 40°. El flap de intradós con cuerda del 40% de la cuerda media, funciona sin apenas cambios en la actitud de vuelo.

Fuselaje e incidencia

En este tipo de configuración, con el CG tan cercano al borde de ataque, no hay suficiente palanca como para conseguir un equilibrado correcto sin fuselaje, como sí ocurre con las alas con flecha. Se hace por tanto necesario un fuselaje que sobresalga por delante del borde de ataque, lo suficiente como para permitir el centrado. Lo habitual es en torno a una cuerda, en función del peso del equipo de radio o propulsión; a mayor peso, no será necesaria tanta nariz.

Diseño de ala volante sin flecha

Escrito por Eduardo Núñez

Jueves, 03 de Septiembre de 2015 09:29 - Actualizado Lunes, 26 de Octubre de 2015 18:30

Al no haber estabilizador, la incidencia del ala con el fuselaje no es crítica, sino más bien estética. El ala tomará en vuelo el ángulo de ataque que le corresponda, sin más. La incidencia no servirá más que para que el fuselaje quede horizontal. Dado que cada perfil tiene una relación distinta entre el coeficiente de sustentación y el ángulo de ataque, lo más apropiado es irse a su gráfico y adoptar el ángulo que pida para el C_l elegido. Esto servirá sólo como referencia, porque en realidad esa gráfica es para una supuesta envergadura infinita, siendo necesario más ángulo para los casos de alas reales. El sitio web airfoiltools.com ofrece gráficas de numerosos perfiles, sólo hay que buscar el elegido y pedir que dibuje en la gráfica C_l/α la gráfica correspondiente al

[número de Reynolds](#)

al que trabajará el perfil y seleccionar N_{crit} con valor 9, el que corresponde a un ala con un acabado aceptable. Valores inferiores serán para alas con mal acabado y superiores para acabados de alta calidad y limpieza aerodinámica.

En el mercado existen numerosos fuselajes de fibra con buen acabado, para este tipo de modelos que fácilmente son adaptables al ala que se haya diseñado. Logrando de esta manera un aeromodelo de elegantes líneas y buen acabado. Es preferible un fuselaje de ala alta que otro de ala media, ya que los karman limitan la elección de perfil, su cuerda e incidencia.



Esta técnica fue empleada en la construcción del [Proto DS](#).

Vuelo

Es importante tener presente que el momento del despegue, si se trata de un aeromodelo que se lanza con la mano, la velocidad va a ser baja y ésta será inferior a la velocidad en la cual la anterior fórmula está en equilibrio, por tanto será necesario un C_l más alto para ese momento. Se soluciona con unos puntos de trim arriba, y tanto más si el C_l que se eligió era para vuelo rápido. Se puede programar una posición con el borde de salida ligeramente más levantado para las fases de vuelo de despegue y aterrizaje, con unos segundo de tránsito del movimiento, para evitar sobresaltos en la actitud de vuelo.

Por otra parte existen perfil del alto C_m que proporcionan un alto C_l (vuelo lento para térmicas) que para vuelo rápido basta con bajar el borde de salida con el trim.

Errores de diseño

Puede ocurrir también que uno haya construido un ala sin flecha de diseño propio, antes de conocer estos aspectos y no consiga que vuele (no confundir con el caso anterior de que necesite más velocidad de vuelo). Lo más probable es que el perfil no sea el adecuado porque tenga un C_m muy inferior al requerido (cercano a 0 o incluso negativo) tendiendo a caer (clavarse) de morro a unos pocos pasos del lanzamiento.

Para intentar paliarlo podremos jugar un poco con el CG y retrasarlo hasta el margen de estabilidad del 5%, no más, porque generaríamos otro problema. Y por otra modificar el perfil para que tenga el borde de salida más levantado de como es originalmente. Si los elevones son a lo largo de todo el borde de salida, es fácil, basta con dar unas cuantas vueltas a los clevis. Si los elevones son de media envergadura si no los queremos levantar más aún tocaría cortar el otro tramo y volverlo a pegar unos mm subido, para conseguir el réflex necesario.