

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Estudi del comportament d'una vela de parapent en situació de vol amb models de simulació de dinàmica de fluids

Document: Resum

Alumne: Adrià Grau Álvarez

Tutor: Toni Pujol Sagaró

Departament: Dept. d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció industrial

Àrea: Mecànica de Fluids

Convocatòria (mes/any): Setembre 2015

RESUM

El parapent és un esport que es va començar a conèixer al nostre país fa poc més de trenta anys, però encara es pot considerar minoritari degut a que la societat no acostuma a practicar aquest tipus d'activitats.

Des dels inicis d'aquest esport els sistemes de desenvolupament de les veles de parapent han evolucionant lentament. Normalment es segueix un procés de prova i error, es fabrica un prototip de vela de parapent i seguidament es realitzen proves de vol per detectar possibles problemes en el disseny. Un cop detectats els problemes es redissenya la vela amb les modificacions que es creuen que els solucionaran pel següent prototip, i es repeteix el mateix cicle de treball fins a arribar al disseny final. Les modificacions realitzades en cada prototip es basen principalment en els coneixements adquirits amb l'experiència, no s'utilitza cap model que permeti obtenir una predicció fiable dels resultats que aquestes modificacions proporcionaran.

Actualment els sistemes de simulació informàtica de fluids (CFD: *Computational Fluid Dynamics*) estan evolucionant ràpidament i tenen un abast molt ampli i variat. El procés de desenvolupament i disseny de veles de parapent també podria utilitzar els avantatges de les tecnologies de simulació per optimitzar i millorar els resultats obtinguts.



Figura.1: Vela de parapent estudiada

L'objecte d'aquest projecte ha estat realitzar la simulació computacional d'una vela completa de parapent i de tres perfils aerodinàmics de diferents modalitats, les simulacions han estat realitzades en tot el rang d'angles d'incidència que experimenten en una situació de vol normal. Es comprovarà, si és possible identificar les petites diferències que caracteritzen els tres perfils aerodinàmics, aquestes diferències proporcionen les prestacions desitjades segons els objectius de cada tipus de modalitat de vol. S'han estudiat els resultats dels coeficients aerodinàmics obtinguts, es realitzarà una comparació entre els diferents perfils aerodinàmics i les diverses configuracions d'incidència per obtenir les conclusions finals.

L'abast d'aquest projecte ha consistit en obtenir els coeficients aerodinàmics de sustentació i d'arrosseigament de la vela completa de parapent i dels diferents perfils aerodinàmics. S'ha estudiat el comportament del flux d'aire al voltant de la vela i perfils, s'han observat les accions que genera el fluid en cada angle d'incidència de vol, i s'ha comprovat la relació entre els resultats obtinguts i els objectius per a cada modalitat de perfil.

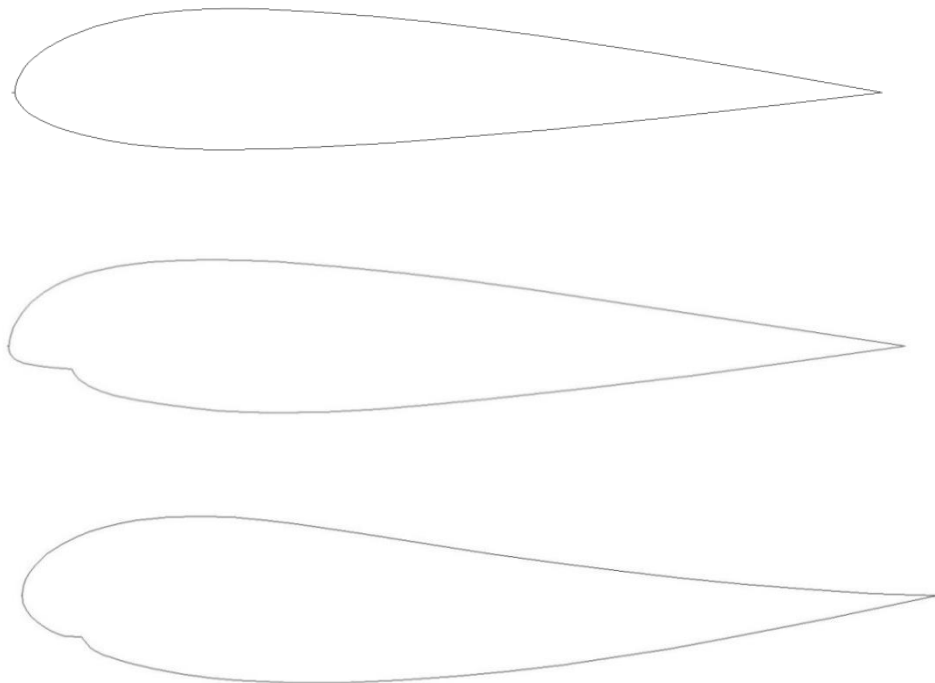


Figura.2: Perfils aerodinàmics estudiats

Inicialment s'ha realitzat la validació dels dos programes informàtics de simulació que s'utilitzaran per realitzar l'estudi.

El primer es tracta del programa de disseny 3D SolidWorks, el qual disposa d'un complement de simulació de fluids anomenat Flow Simulation. La validació d'aquest programa ha consistit en la comparació amb resultats experimentals dels coeficients d'arrossegament d'una esfera de superfície llisa i un cilindre infinit obtinguts a les simulacions. Aquest programa s'ha utilitzat per realitzar la simulació 3D de la vela de parapent completa i per obtenir els diagrames de pressions i trajectòries de flux dels diferents perfils estudiats.

El segon programa utilitzat s'anomena XFLR5, es tracta d'un programa de simulació numèric de perfils aerodinàmics pensats per a aerodelisme. La validació d'aquest programa a consistit en la simulació del perfil aerodinàmic Falcon 56 MK II, i la comparació amb resultats experimentals dels coeficients de sustentació i d'arrossegament en diferents nombres de Reynolds. Aquest programa s'ha utilitzat per a la simulació 2D dels perfils aerodinàmics.

Gràcies a la validació dels programes de simulació s'han pogut observar les diferències amb els resultats experimentals. S'ha comprovat que SolidWorks respon correctament en règims laminars, però no aconsegueix reproduir correctament el comportament del fluid en règims turbulents amb nombres de Reynolds entre $Re=1 \cdot 10^5$ i $Re=1 \cdot 10^6$.

El programa de simulació XFLR5 ha respòs correctament durant l'estudi del perfil aerodinàmic Falcon 56 MK II. Els resultats obtinguts del coeficient de sustentació i d'arrossegament en tot el rang d'angles d'incidència segueixen l'ordre dels resultats experimentals.

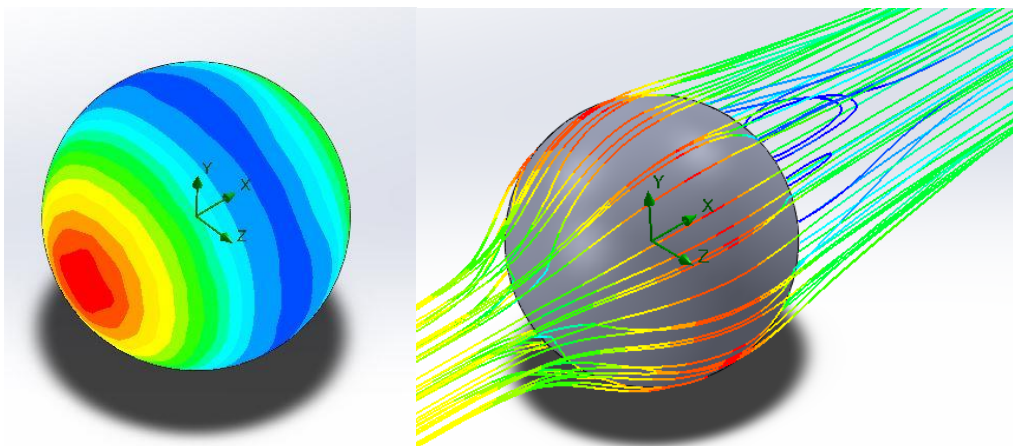


Figura.3: Simulació d'una esfera de superfície llisa

S'ha realitzat amb èxit la simulació dels diferents perfils. S'ha estudiat amb detall l'evolució dels coeficients aerodinàmics i el comportament del flux en tot el rang d'angles d'incidència. També, ha estat possible identificar en la comparativa de resultats els aspectes que caracteritzen cada tipus de perfil segons l'ús i els objectius desitjats per a cada modalitat de vol.

Durant l'estudi dels coeficients aerodinàmics del Perfil.3, ha estat possible observar en una situació d'angle d'incidència màxim igual a $\alpha=15^\circ$, una possible pèrdua de sustentació del perfil. Seguidament s'han extret els diagrames de pressió i trajectòries de flux, s'ha confirmat la pèrdua de sustentació degut al vòrtex de turbulència a la zona de despreniment del fluid.

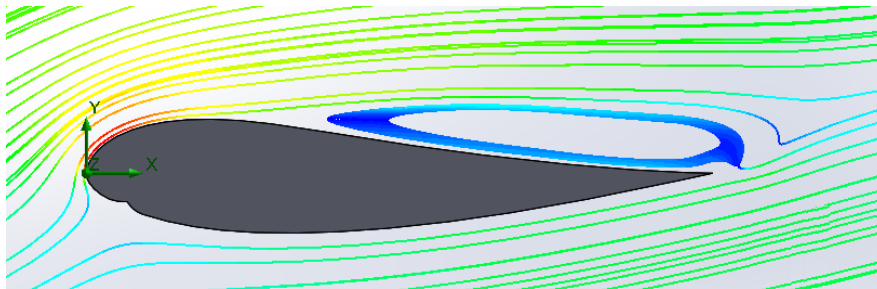


Figura.4: Pèrdua de sustentació del Perfil.3

El Perfil.2 i Perfil.3 incorporen una tecnologia denominada "Shark Nose" amb l'objectiu d'incrementar la pressió interna de la vela. Aquest fet s'aconsegueix augmentant la pressió que exerceix el fluid sobre les boques d'entrada d'aire a la vela. S'ha estudiat amb detall la vora d'atac d'ambdós perfils aerodinàmics per comprovar aquest increment de pressió.

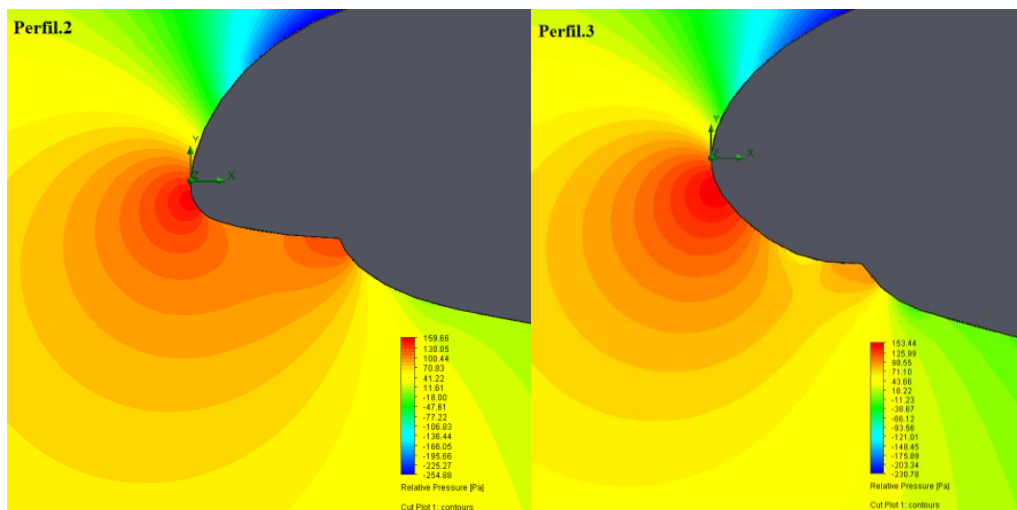


Figura.5: Detall de l'augment de pressió degut a la tecnologia "Shark Nose"

S'ha realitzat amb èxit la simulació de la vela completa de parapent, de la mateixa manera que amb els perfils aerodinàmics s'ha observat l'evolució dels coeficients aerodinàmics de sustentació i d'arrossegament al llarg de tot el rang d'angles d'incidència.

Estudiant l'evolució del coeficient d'arrossegament, s'ha observat un lleuger augment al pendent de la corba durant els angles d'incidència més elevats, això podria indicar l'inici d'una pèrdua de sustentació. Seguidament s'han extret els diagrames de pressió i trajectòries de flux i s'ha confirmat que no hi ha cap tipus de vòrtex de turbulència que pugui indicar la pèrdua de sustentació prevista.

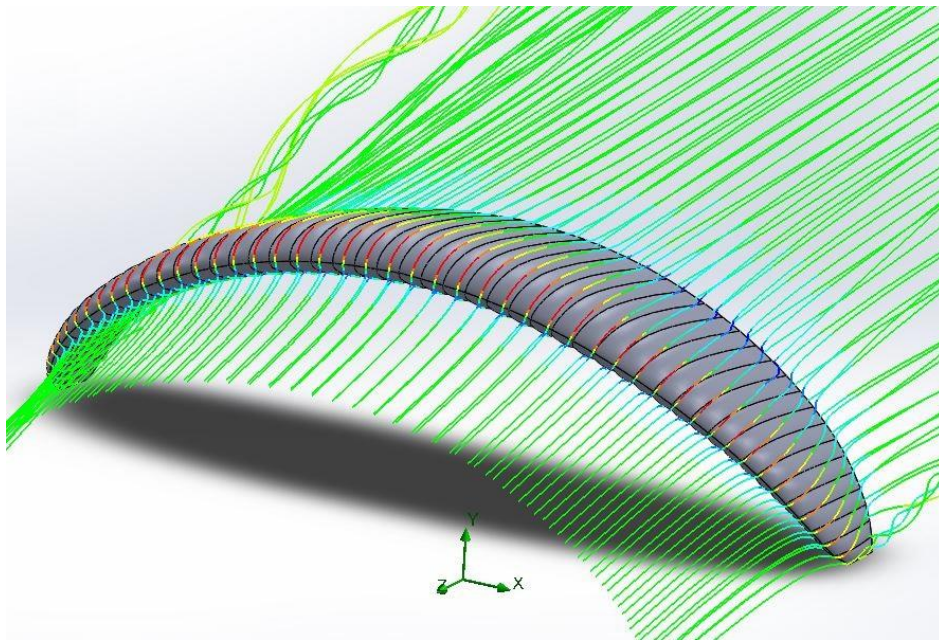


Figura.6: Trajectòries de flux $\alpha=15^\circ$

L'estudi CFD ha estat una eina útil alhora d'entendre el comportament del flux d'aire al voltant dels perfils aerodinàmics i la vela de parapent. Ha estat possible observar els esforços generats a les diferents zones dels perfils, i estudiar completament la seva evolució al llarg de tot el rang d'angles d'incidència que experimenta l'aeronau en vol.

