

DISEÑO AERODINAMICO DE UNA PALA DE AEROGENERADOR MEDIANTE EL USO DE SOFTWARES LIBRES

Alejandro Martinez, Guillermo Ortiz, Raúl Mingo
INTI Aeronáutico y Espacial
amartine@inti.gob.ar

OBJETIVO

El presente trabajo brinda un ejemplo sobre el uso del software libre desde el Centro Aeronáutico y Espacial aplicado al diseño de una pala de un aerogenerador de 1 MW.

DESCRIPCIÓN

Además de la promoción en el uso de herramientas informáticas libres [1] [2] [3], el Centro Aeronáutico y Espacial hace un uso intensivo de ellas dentro del ámbito profesional. Es así como contamos con computadoras con sistemas operativos y ofimática libre, aumentando dichas capacidades con los softwares libres específicos aplicados al desarrollo profesional de nuestras actividades.

Dentro de ellas presentamos el caso de la necesidad de obtención de la distribución de cuerdas y del alabeo geométrico óptimo para una pala de aerogenerador tripala de eje horizontal.

La secuencia de diseño propuesta fue la siguiente:

- 1.- Determinación de longitud de pala.
- 2.- Evaluación de perfiles aerodinámicos.
- 3.- Obtención de distribución de cuerdas y alabeos geométricos por estaciones.
- 4.- Optimización Betz y/o Schmitz.
- 5.- Geometría final.

RESULTADOS

Comenzamos resolviendo el primer punto de la secuencia de diseño. En la tabla 1 figuran los parámetros necesarios para determinar la longitud de pala.

Tabla 1: Parámetros iniciales para determinación de longitud de pala

Parámetro	Valor
Potencia [W]	1×10^6
Velocidad de viento [m/s]	10
Densidad del aire [Kg/m ³]	1,225
Coef. de potencia inicial (Cp)	0,43

A partir de dichos parámetros se obtiene una longitud de pala de 40 metros.

Para el segundo punto de la secuencia se evaluaron dos perfiles aerodinámicos que suelen utilizarse en aerogeneradores horizontales. Se analizaron los perfiles NACA 4412 y NACA 63-415.

Comenzamos con el uso del software XLFR5 [4] el cual, mediante el método de los paneles, permite realizar simulaciones fluidodinámicas en dos dimensiones.

A partir de los resultados de las simulaciones seleccionamos el perfil que contó con la mayor relación Cl/Cd (Coeficiente de sustentación / Coeficiente de resistencia). Esto a su vez responde a un rendimiento aerodinámico mayor (L/D: Sustentación / Resistencia)

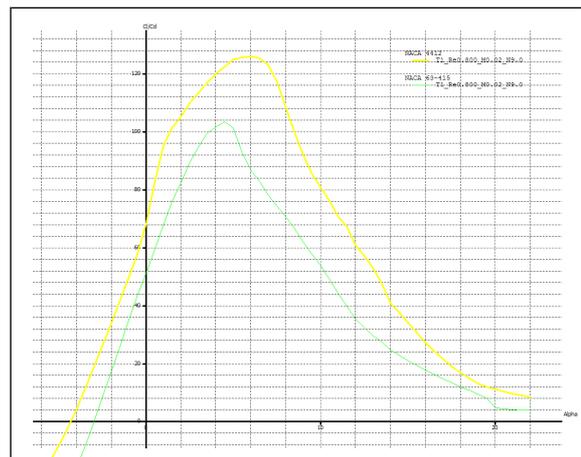


Figura 1: Cl / Cd vs ángulo de ataque α

En la figura 1 se presentan los resultados de la simulación en el software XLFR5 para los dos perfiles. A partir de allí seleccionamos el perfil NACA 4412 quien presenta el Cl/Cd de mayor valor.

Para el tercer punto de la secuencia utilizamos diferentes parámetros donde se incluyen los resultados de los puntos 1 y 2. De las características aerodinámicas de los perfiles (Cl , Cd , ángulo óptimo de incidencia y número de Reynold estimado), mediante la aplicación de la teoría de momento de pala se obtendrán el alabeo, la distribución de cuerda y el Cp óptimo que a su vez darán la potencia máxima posible de extracción de energía eólica. Para esto el Centro desarrolló un programa de cálculo, POTwin_INTIAyE01, escrito en código

FORTRAN 90 [5] y paralelamente un programa de validación, en hoja de cálculo del software libre LIBREOFFICE [6].

Se graficaron las salidas de distribución de ángulos de alabeo y la distribución de cuerdas en las figuras 2 y 3.

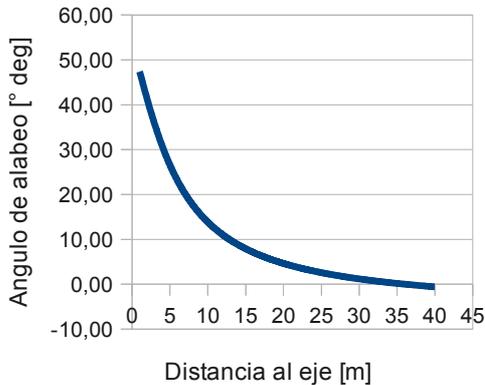


Figura 2: Ángulo de alabeo vs distancia al eje de rotación (cálculo teórico)

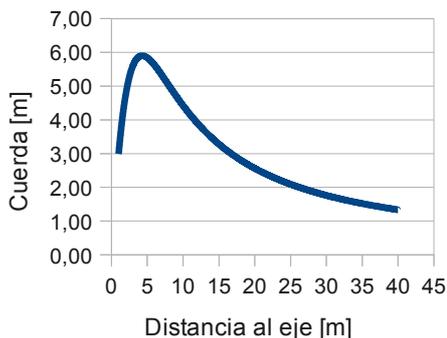


Figura 3: Longitud de cuerda vs distancia al eje de rotación (cálculo teórico)

A modo de mayor seguridad y validación de utilizó con los mismos propósitos anteriores el software libre QBLADE [7]. Este software permite utilizar los resultados de las simulaciones de XFLR5, calcula las distribuciones de cuerda y alabeo, es capaz de dibujar la pala y optimizarla según Betz y/o Schmitz. También puede simular el comportamiento general del aerogenerador, estimando finalmente la potencia obtenida y además, conociendo los parámetros de la distribución de Weibull del viento en el terreno a instalar, obtener la energía disponible anualmente.

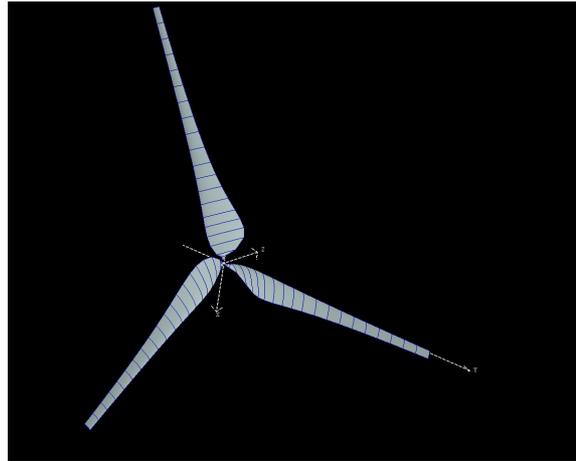


Figura 5: Geometría de las palas

En la figura 5 observamos la geometría de las palas obtenidas a través del software QBLADE.

Cabe aclarar que los resultados obtenidos son teóricos. Una vez obtenidas ambas distribuciones óptimas, se busca darle forma a la geometría de la raíz (zona mas cercana al eje) suavizando las grandes cuerdas y los amplios ángulos de alabeo, sin pérdidas sustanciales del rendimiento aerodinámico, teniendo en cuenta el comportamiento estructural, la facilidad de construcción, y las cuplas efectivas entregadas por dicha zona.

CONCLUSIONES

Este trabajo permitió ejemplificar el uso del software libre tanto general (sistemas operativos, ofimática), como específico (fortran, xflr5, qblade) aptos para encarar diseños complejos dentro del ámbito profesional. Dicho uso exige una determinada experticia y dedicación de uso de las herramientas informáticas, pero a su vez redundante en un mayor y mejor conocimiento de la teoría involucrada con un plus de abaratamiento de costos al no incluir licencias pagas de softwares comerciales, siendo además atractivos al momento de transferir tecnologías.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Software Freedom Day Buenos Aires 2011, Buenos Aires, UBA.
- [2] 11° Jornadas Regional de Software Libre 2011, Salta, UNSL.
- [3] Encuentro de Primavera 2011, INTI.
- [4] XFLR5. www.xflr5.com
- [5] FORTRAN 90 <http://gcc.gnu.org/fortran/>
- [6] LIBREOFFICE <http://www.libreoffice.org>
- [7] QBLADE <http://fd.tu-berlin.de/en/research/projects/wind-energy/qblade/>