



Contents

1	Tecnología y aerodinámica básica de HAWTs	7
1.1	Definición de Aerogenerador	7
1.2	Aerodinámica de Perfiles I	7
1.3	Aerodinámica de Perfiles II	7
1.4	Ejercicios: NACA63-64 y DU9XXX	7
1.5	Aerodinámica de Pala Eólica	7
1.6	Modelo Básico de BEM	8
1.7	Diseño Integral de Pala Eólica	8
1.8	Diseño de Pala	8
1.9	Experimentos en túnel de viento aplicables a la energía eólica	8
2	Fundamentos básicos de CFD	9
2.1	Introducción	9
2.2	Ecuaciones de Navier Stokes	9
2.3	Resolución del problema	9
2.4	Turbulencia y transición	9
2.5	Generación de malla	9
2.6	CFD sobre un perfil aerodinámico	10
2.7	CFD sobre una pala de aerogenerador	10
2.8	CFD sobre un rotor completo	10
2.9	Breve introducción al flujo en parque y terreno complejo	10

3	Uso básico de Linux	11
3.1	Introducción	11
3.2	Primeros pasos en Unix	12
3.2.1	Formato de los comandos	12
3.2.2	Caracteres especiales	13
3.2.3	Edición en la línea de comandos	13
3.3	El sistema de ficheros	13
3.3.1	Examinar el contenido de un fichero	14
3.3.2	Copiar y borrar ficheros	14
3.3.3	Metacaracteres y comodines	15
3.3.4	Propiedad de los ficheros	15
3.3.5	Enlaces	15
3.3.6	El comando find	16
3.4	Procesos y ficheros estándar	16
3.4.1	Redirección de la salida estándar	17
3.4.2	Redirección de la entrada estándar	17
3.4.3	Tuberías	17
3.4.4	Filtros	18
3.4.5	Ejecución de procesos desatendidos	18
3.4.6	Control de procesos	19
3.5	Manipulación de textos	19
3.5.1	Comandos básicos	19
3.5.2	Encontrar patrones en un fichero: utilidad grep	19
3.5.3	Editor de texto sed	20
3.5.4	La utilidad awk	21
3.6	Scripts	22
3.6.1	Variables del Shell	22
3.6.2	Paso de argumentos a un procedimiento	22
3.6.3	Estructuras de control	23
3.6.4	Otros aspectos de la programación en shell	24
4	Fundamentos básicos de OpenFOAM	27
4.1	Introducción	27
4.1.1	Métodos numéricos	28
4.1.2	Condiciones de contorno (BCs)	28
4.1.3	Solvers	28
4.1.4	Generación de malla	29
4.1.5	Estructura general	29
4.1.6	Directorios de instalación	30
4.1.7	Variables de entorno	30
4.1.8	Alias de shell	30
4.1.9	Implementación de las Ecuaciones de Navier-Stokes	30
4.1.10	Simulación de un caso	31
4.1.11	Documentación de OpenFOAM	32
4.1.12	Herramientas complementarias	32
4.1.13	Instalación de OpenFOAM	33

4.2	Primeros pasos en OpenFOAM. Lid-driven cavity	34
4.2.1	Estructura de ficheros del caso	34
4.2.2	Preparación/configuración del caso	35
4.2.3	Ciclo básico de trabajo	35
4.2.4	Generación de malla. Diccionario blockMeshDict	36
4.2.5	Propiedades físicas del caso	38
4.2.6	Diccionario controlDict	39
4.2.7	Esquemas de discretización: fvSchemes	40
4.2.8	Procedimiento de solución: fvSolution	41
4.2.9	Condiciones de contorno (BCs) y condiciones iniciales (ICs)	42
4.3	Placas paralelas 2D. Flujo laminar	44
4.3.1	Flujo de Couette	45
4.3.2	Flujo de Poiseuille	45
4.4	Placa plana 3D	47
4.4.1	Sampleo en tiempo de ejecución. Diccionario controlDict	47
4.4.2	Postproceso. Diccionario sampleDict	48
4.4.3	Postproceso. Diccionario probesDict	49
4.5	Placa plana con Vortex Generator (VG)	51
4.6	Flujo laminar 2D sobre un cilindro	54
4.7	Aerodinámica de un airfoil 2D NACA0012	56
4.7.1	Cálculo de fuerzas	58
4.7.2	Simulación en paralelo. Descomposición en subdominios	60
4.7.3	Residuos. YPlus	62
4.8	Aerodinámica de un airfoil 2D DU91W(2)250. Analisis detallado	63
4.8.1	Estudio del caso	63
4.8.2	Definición de las condiciones de contorno	63
4.8.3	Preparación del caso y postproceso	63
4.8.4	Simulación del perfil aerodinámico a varios ángulos de ataque	63
4.8.5	Identificación de las características del flujo alrededor del perfil	63
5	Postprocesado de datos	65
5.1	Introducción	65
5.2	Análisis Numérico y Programación Científica. Octave/Matlab	65
5.3	Visualización de datos. Paraview	66
6	Proyecto final	67
6.1	Familias de perfiles diseñados para aerogeneradores	67
6.2	Sistemas activos y pasivos de control de flujo para turbinas eólicas	67
6.2.1	Passive Control Systems	67
6.2.2	Active Control Systems	67
6.3	Analisis detallado de un airfoil DU91W(2)250 con una microtab	67
7	Glosario	69
7.1	Palabras claves	69
7.2	Símbolos	70
7.3	Trademarks	70