



PROYECTO FIN DE CARRERA

TÍTULO DEL PFC:

**HERRAMIENTA PARA LA OBTENCIÓN DE MODELOS AERODINÁMICOS DE
AVIONES MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE DATCOM Y TORNADO**

TITULACIÓN: Ingeniería Aeronáutica.

AUTOR: Manuel Jiménez Guerrero.

TUTOR: Francisco Gavilán Jiménez

AÑO: 2012





ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.....	9
<u>PARTE 1.</u>	15
Herramienta para la estimación de modelos aerodinámicos de aviones.	
CAPÍTULO 2. MÉTODOS DATCOM Y TORNADO.	16
2.1 Introducción.	17
2.2 Datcom.	18
2.3 Tornado.	32
CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA.	43
3.1 Introducción.	44
3.2 Archivo principal.	46
3.3 Intérprete de Datcom.	73
3.4 Intérprete de Tornado.	81
3.5 Función de resultados de salida.	97
3.6 Análisis de resultados para Boeing 747.	108
<u>PARTE 2.</u>	115
Generación en Matlab-Simulink de un modelo de simulación de aviones.	
CAPÍTULO 4. ESTRUCTURA DEL MODELO DE SIMULACIÓN.	116
CAPÍTULO 5. TRIMADO DEL CÉFIRO PARA UNAS CONDICIONES DE VUELO.....	122
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DEL MODO FUGOIDE DEL CÉFIRO.	127
6.1 Introducción.	128
6.2 Cálculo analítico.	128
6.3 Resultados de la simulación.	131
CAPÍTULO 7. CONCLUSIÓN Y TRABAJOS FUTUROS.	136



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	139
ANEXOS.	141
ANEXO I: Funciones del intérprete de Datcom.	142
ANEXO II: Funciones del intérprete de Tornado.	148
ANEXO III: Funciones para la simulación.	162
CONTENIDO Y CARPETAS DEL PROGRAMA.	163
ACRÓNIMOS.	164



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquema de integración geométrica.	14
Figura 1.2 Esquema de integración funcional.	14
Figura 2.1 Relación entre ejes cuerpo y ejes estabilidad.	18
Figura 2.2 Ejes de referencia geométricos para Datcom.	18
Figura 2.3 Modelo de archivo de entrada para Datcom.	28
Figura 2.4 Modelo de archivo de salida para Datcom.	29
Figura 2.5 Modelo de archivo de salida para Datcom.	30
Figura 2.6 Ejes estabilidad de Datcom y definición de coeficientes aerodinámicos.	31
Figura 2.7 Definición de ejes cuerpo usados en Tornado.	33
Figura 2.8 Ejes de referencia geométricos para Tornado.	33
Figura 3.1 Esquema básico de funcionamiento del programa generado.	44
Figura 3.2 Esquema de la estructuración de las funciones principales del intérprete de Tornado.....	45
Figura 3.3 Ejes de referencia geométricos para el software de integración.	60
Figura 3.4 Líneas de código del archivo principal.	61
Figura 3.5 Líneas de código del archivo principal.	62
Figura 3.6 Líneas de código del archivo principal.	64
Figura 3.7 Ejemplos de geometría del programa.	66
Figura 3.8 Ejemplo de archivo de entrada (.dcm) para Datcom.	74
Figura 3.9 Ejemplo de archivo de salida (.out) de Datcom.	75
Figura 3.10 Ejemplo de aviones y superficies calculadas con Datcom.	76
Figura 3.11 Definición de las superficies de control en Datcom.	82
Figura 3.12 Definición de las superficies de control en Tornado.	83
Figura 3.13 Particiones de superficies aerodinámicas con quiebros y con control en Tornado.....	86
Figura 3.14 Particiones de superficies aerodinámicas sin quiebros y con control en Tornado.	87
Figura 3.15 Ejes cuerpo en Tornado.	90
Figura 3.16 Ejes cuerpo estándar.	90
Figura 3.17 Geometría calculada por Tornado.	94
Figura 3.18 Geometría calculada por Tornado.	95



Figura 3.19 Perspectivas de la geometría calculada con Tornado, posición del cdg y la MAC.	95
Figura 3.20 Posición de los torbellinos en Tornado.	96
Figura 3.21 Torbellinos generados por cada superficie.	96
Figura 3.22 Ejes estabilidad para del modelo aerodinámico.	99
Figura 3.23 Ejemplo de líneas de comando del archivo "stability_derivatives".	106
Figura 3.24 Ejemplo de líneas de comando del archivo "stability_derivatives".	107
Figura 3.25 Geometría del Boeing 747.	108
Figura 3.26 Geometría del Boeing 747 obtenida con Tornado y posición del cdg y la MAC.	109
Figura 4.1 Modelo aerodinámico del Céfiro.	117
Figura 4.2 Perspectivas de la posición del cdg y de la MAC del Céfiro.	118
Figura 4.3 Esquema reducido del modelo de simulación.	120
Figura 4.4 Esquema ejemplo del bloque de parámetros aerodinámicos.	121
Figura 5.1 Evolución temporal del ángulo de ataque del Céfiro frente al valor de trimado.	125
Figura 5.2 Evolución temporal del ángulo de trayectoria (γ) del Céfiro frente al valor de trimado.....	126
Figura 6.1 Evolución temporal del ángulo de ataque del Céfiro.	131
Figura 6.2 Evolución temporal de la magnitud de la velocidad aerodinámica del Céfiro.....	132
Figura 6.3 Evolución temporal de las tres componentes de la velocidad del Céfiro en ejes Tierra.	132
Figura 6.4 Evolución temporal del ángulo de trayectoria (γ) del Céfiro.	133
Figura 6.5 Zoom de la gráfica del ángulo de ataque.	134



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Campos que se definen en Datcom.	27
Tabla 3.1	Unidades usadas en el programa.	46
Tabla 3.2	Variables de condición de vuelo.	47
Tabla 3.3	Variables de referencia.	48
Tabla 3.4	Variables de configuración.	48
Tabla 3.5	Variables de configuración del fuselaje.	49
Tabla 3.6	Variables de configuración del ala.	50
Tabla 3.7	Variables de configuración del estabilizador horizontal.	50
Tabla 3.8	Variables de configuración del estabilizador vertical.	51
Tabla 3.9	Variables de configuración del estabilizador vertical doble.	52
Tabla 3.10	Variables de configuración de la aleta ventral.	53
Tabla 3.11	Variables de configuración de los flaps.	53
Tabla 3.12	Variables de configuración de los alerones.	54
Tabla 3.13	Variables de configuración del timón de profundidad.	54
Tabla 3.14	Variables de configuración del timón de dirección.	55
Tabla 3.15	Variables de configuración del motor turborreactor.	55
Tabla 3.16	Variables de configuración del motor hélice.	56
Tabla 3.17	Variables que indican superficies a analizar.	57
Tabla 3.18	Variable de decisión para fuselaje.	58
Tabla 3.19	Variables de decisión para superficies sustentadoras.	58
Tabla 3.20	Variables de de ángulo de ataque para deflexiones de superficies de control.	59
Tabla 3.21	Identificación de nomenclatura para resultados de salida.	100
Tabla 3.22	Coeficientes de fuerzas y momentos del Boeing 747.	110
Tabla 3.23	Derivadas de estabilidad estáticas del Boeing 747.	111
Tabla 3.24	Derivadas de estabilidad dinámicas del Boeing 747.	114
Tabla 6.1	Derivadas y coeficientes del Céfiro en el vuelo trimado de crucero.	129
Tabla 6.2	Comparación de los resultados del modo Fugoide.....	135