

# Índice de contenidos

Índice de contenidos	v
Índice de figuras	ix
Índice de tablas	xi
Resumen	xiii
Abstract	xv
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Fusión nuclear	1
1.1.1. Potencia de fusión	3
1.2. Métodos de confinamiento	4
1.2.1. Tokamaks	5
1.2.2. Otras configuraciones toroidales	6
1.2.3. Proyecto ITER	7
1.3. Escenarios de operación	9
1.4. Modelo MHD	11
1.5. Equilibrio de fuerzas	12
<b>2. Equilibrio</b>	<b>13</b>
2.1. Ecuación de Grad-Shafranov	13
2.1.1. Interpretación de $\Psi$ y superficies de flujo	15
2.1.2. Flujo toroidal y coordenadas de flujo	17
2.2. Parámetros del plasma y figuras de mérito	18
2.2.1. Campo magnético externo	18
2.2.2. Parámetros geométricos	19
2.2.3. Figuras de mérito	20
2.2.4. Corriente total	22
2.3. Adimensionalización y escalas de referencia	23
2.4. Formulación del problema del equilibrio	23

2.4.1.	Condiciones de Contorno . . . . .	23
2.4.2.	Problema no lineal de frontera fija . . . . .	25
2.4.3.	Problema lineal de autovalores . . . . .	26
<b>3.</b>	<b>Métodos numéricos</b>	<b>29</b>
3.1.	Resolución del problema no-lineal del equilibrio . . . . .	29
3.1.1.	Formulación variacional de la ecuación de Grad-Shafranov . . . . .	30
3.1.2.	Método de Newton-Raphson . . . . .	30
3.1.3.	Condición de borde . . . . .	31
3.2.	Resolución del problema lineal de autovalores . . . . .	31
3.2.1.	Caso libre de fuerzas . . . . .	32
3.3.	Método de elementos finitos . . . . .	33
3.3.1.	Discretización espacial . . . . .	33
3.3.2.	Funciones base . . . . .	34
3.3.3.	Formulación variacional . . . . .	36
3.3.4.	Método de Galerkin . . . . .	37
<b>4.</b>	<b>Mapeo de flujos magnéticos</b>	<b>39</b>
4.1.	Acoplamiento entre los procesos de transporte y la condición de equilibrio . . . . .	39
4.1.1.	Modelos de transporte orientados a control . . . . .	40
4.2.	Promediado sobre superficies de flujo . . . . .	43
4.2.1.	Cálculo del factor de seguridad . . . . .	44
4.2.2.	Ecuación de Grad-Shafranov promediada . . . . .	45
4.3.	Mapeo aproximado de flujos magnéticos . . . . .	45
4.3.1.	Actualización del equilibrio . . . . .	45
4.3.2.	Método iterativo para cálculo del equilibrio . . . . .	48
4.3.3.	Factor de seguridad y otros perfiles . . . . .	49
<b>5.</b>	<b>Resultados</b>	<b>51</b>
5.1.	Escenarios de operación de ITER . . . . .	51
5.1.1.	Implementación . . . . .	53
5.1.2.	Densidad de corriente . . . . .	55
5.1.3.	Corriente y factor Beta . . . . .	56
5.2.	Evolución del equilibrio debido a la difusión magnética . . . . .	56
5.2.1.	Datos externos . . . . .	57
5.2.2.	Descripción de la descarga . . . . .	57
5.2.3.	Implementación . . . . .	57
5.2.4.	Actualización intermitente del equilibrio . . . . .	59
5.3.	Resumen . . . . .	62

<b>6. Conclusiones</b>	<b>65</b>
------------------------	-----------

<b>Agradecimientos</b>	<b>71</b>
------------------------	-----------