

# Índice de contenidos

Índice de contenidos	v
Índice de figuras	ix
Índice de tablas	xiii
Resumen	xv
Abstract	xvii
<b>1. Marco y Objetivos</b>	<b>1</b>
1.1. Marco del proyecto . . . . .	1
1.1.1. Diseño de reactores compactos . . . . .	1
1.1.2. Generadores de vapor en reactores compactos . . . . .	2
1.1.3. Propuesta reciente de reactor PWR compacto . . . . .	3
1.2. Objetivos del proyecto . . . . .	4
<b>2. Introducción</b>	<b>7</b>
2.1. Breve historia de los generadores de vapor . . . . .	7
2.2. Diseño de generadores de vapor . . . . .	8
2.2.1. Requerimientos generales de diseño . . . . .	9
2.2.2. Etapas de diseño . . . . .	12
2.2.3. Factores de “fouling” y área en exceso . . . . .	13
2.2.4. Métodos de cálculo en el diseño . . . . .	15
2.2.5. Enfoques de cálculo estacionario y dinámico . . . . .	16
2.3. Generadores de vapor verticales en centrales PWR . . . . .	17
2.3.1. Descripción general . . . . .	18
2.3.2. Principio de funcionamiento . . . . .	20
2.3.3. Recirculación . . . . .	21
2.3.4. Manejo de tubos . . . . .	24
2.3.5. Etapa de separación . . . . .	25
2.3.6. Agua de alimentación . . . . .	26

2.3.7.	Degradación de la performance térmica . . . . .	28
2.3.8.	Construcción y ensamblado . . . . .	30
2.3.9.	Ejemplos de generadores . . . . .	31
2.3.10.	Generadores de vapor horizontales VVER . . . . .	32
2.4.	Generadores de vapor tipo Kettle . . . . .	35
2.4.1.	Descripción general . . . . .	35
2.4.2.	Principio de funcionamiento . . . . .	38
2.4.3.	Recirculación . . . . .	40
2.4.4.	Manejo de tubos . . . . .	41
2.4.5.	Degradación de la performance térmica . . . . .	43
<b>3.</b>	<b>Herramientas utilizadas y modelos implementados</b>	<b>45</b>
3.1.	Lenguaje y entorno de programación . . . . .	45
3.1.1.	Librerías utilizadas . . . . .	45
3.2.	Modelos implementados . . . . .	47
3.3.	Verificación y comparación de los modelos . . . . .	47
<b>4.</b>	<b>Diseño según el estándar TEMA</b>	<b>53</b>
4.1.	Estándar TEMA . . . . .	53
4.1.1.	Nomenclatura . . . . .	53
4.1.2.	Clasificación de intercambiadores de calor . . . . .	54
4.1.3.	Diseño termohidráulico . . . . .	54
4.2.	Metodología de diseño . . . . .	55
4.2.1.	Consideraciones generales . . . . .	56
4.2.2.	Balance de energía y flujos másicos . . . . .	56
4.2.3.	Diferencia de temperatura media “MTD” y factores de corrección “F” . . . . .	57
4.2.4.	Coeficientes de transferencia térmica . . . . .	63
4.2.5.	Flujo crítico de calor . . . . .	69
4.2.6.	Pares de boquillas mínimos . . . . .	69
4.2.7.	Diámetro mínimo de la carcasa . . . . .	70
4.2.8.	Reservorio de desborde y tiempo de “hold-up” . . . . .	73
4.3.	Resumen de resultados principales y comparación . . . . .	73
<b>5.</b>	<b>Diseño de optimización general</b>	<b>75</b>
5.1.	Especificaciones funcionales de diseño . . . . .	75
5.2.	Modelo de optimización general . . . . .	76
5.3.	Aplicación a generadores verticales PWR . . . . .	80
5.3.1.	Implementación numérica en un generador vertical . . . . .	80
5.4.	Aplicación a generadores horizontales Kettle . . . . .	87

---

5.4.1. Implementación numérica en un Kettle . . . . .	88
5.5. Comparación de generadores vertical y Kettle . . . . .	89
<b>6. Diseño termohidráulico unidimensional</b>	<b>91</b>
6.1. Modelos generales de escurrimiento bifásico . . . . .	91
6.1.1. Modelos termohidráulicos unidimensionales . . . . .	92
6.2. Modelo unidimensional PWR . . . . .	94
6.2.1. Formulación del modelo . . . . .	94
6.2.2. Implementación del modelo . . . . .	102
6.2.3. Resultados obtenidos, comparación y verificación . . . . .	105
6.3. Modelo unidimensional Kettle . . . . .	119
6.3.1. Formulación del modelo . . . . .	119
6.3.2. Implementación del modelo . . . . .	126
6.3.3. Resultados obtenidos y verificación . . . . .	132
6.4. Comparación de modelos unidimensionales . . . . .	142
<b>7. Conclusiones</b>	<b>151</b>
7.1. Diseño según el estándar TEMA . . . . .	151
7.2. Diseño de optimización general . . . . .	152
7.3. Diseño termohidráulico unidimensional . . . . .	152
7.4. Comentarios finales . . . . .	153
7.5. Trabajos futuros . . . . .	156
<b>A. Práctica Profesional Supervisada y actividades de Proyecto y Diseño</b>	<b>157</b>
A.1. Práctica Profesional Supervisada - PPS . . . . .	157
A.2. Actividades de Proyecto y Diseño - P&D . . . . .	157
A.3. Acreditación de horas de trabajo . . . . .	159
<b>B. Códigos implementados</b>	<b>161</b>
B.1. Librerías utilizadas . . . . .	161
B.2. Modelo segun el estandar TEMA . . . . .	162
B.3. Modelos de optimizacion general . . . . .	175
B.4. Modelos termohidraulicos unidimensionales . . . . .	200
B.4.1. Modelo vertical . . . . .	200
B.4.2. Modelo horizontal . . . . .	218
<b>Bibliografía</b>	<b>239</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>245</b>