

# Índice

Resumen.....	i
Abstract.....	iii
Resum.....	v
Índice .....	1
Índice de figuras.....	7
Índice de tablas .....	11
Abreviaturas .....	13
Capítulo 1: Introducción .....	17
1.1. Motivación .....	17
1.2. Objetivos .....	18
1.3. Marco de la tesis.....	20
1.4. Estructura de la tesis.....	20
Capítulo 2: Estado del arte .....	23
2.1. Introducción .....	23
2.2. Estado del arte de la metodología de escalado .....	25
2.2.1. <i>Novak Zuber</i> .....	26
2.2.2. <i>Carbiener y Cudnik</i> .....	29
2.2.3. <i>Nahavandi</i> .....	30

2.2.3.1. Escalado lineal (tiempo reducido) .....	30
2.2.3.2. Escalado volumétrico .....	33
2.2.3.3. Escalado ideal modelo/prototipo .....	36
2.2.4. Ishii y Kataoka.....	38
2.2.4.1. Circulación natural en flujo monofásico y tiempo real.....	39
2.2.4.2. Circulación forzada en flujo monofásico y bifásico variando el tiempo.....	41
2.2.4.3. Circulación natural en flujo monofásico y bifásico variando el tiempo y a presión reducida.....	45
2.2.5. Trabajos más recientes.....	46
Capítulo 3: Instalaciones experimentales .....	57
3.1. Introducción.....	57
3.1.1. Instalaciones Reduced-Height, Reduced-Pressure.....	58
3.1.2. Instalaciones Full-Height, Reduced-Pressure.....	62
3.1.3. Instalaciones Full-Height, Full -Pressure.....	63
3.2. La instalación experimental LSTF.....	73
3.2.1. Sistema primario LSTF .....	75
3.2.1.1. Vasija LSTF.....	75
3.2.1.2. Presionador LSTF .....	79
3.2.1.3. Lazos de refrigerante LSTF.....	79
3.2.2. Sistema secundario LSTF .....	80
3.2.2.1. Generadores de vapor LSTF .....	80
3.2.2.2. Líneas de vapor LSTF .....	81
3.2.2.3. Sistemas de agua de alimentación LSTF .....	81
3.2.3. Sistemas de inyección de seguridad LSTF .....	81
3.2.3.1. Sistema de inyección de alta presión (HPI) LSTF.....	82
3.2.3.2. Sistema de acumuladores LSTF .....	82
3.2.3.3. Sistema de inyección de baja presión (LPI) LSTF .....	82
3.2.3.4. Sistema de evacuación de calor residual (RHR) LSTF .....	82
3.2.4. Simulación de roturas LSTF.....	82
3.2.5. Especificaciones de la instalación LSTF.....	83

3.3.	La instalación experimental PKL .....	87
3.3.1.	Sistema primario PKL.....	87
3.3.1.1.	Vasija PKL.....	88
3.3.1.2.	Lazos de refrigerante PKL.....	90
3.3.1.3.	Bombas de refrigeración PKL.....	91
3.3.1.4.	Tubos en U PKL.....	91
3.3.1.5.	Presionador PKL.....	91
3.3.2.	Sistema secundario PKL.....	91
3.3.2.1.	Generadores de vapor PKL.....	92
3.3.2.2.	Líneas de vapor PKL.....	92
3.3.3.	Sistemas de control y de seguridad de la instalación PKL.....	93
3.3.3.1.	Sistema de extracción del calor residual PKL (RHRS).....	93
3.3.3.2.	Sistema de refrigeración PKL.....	94
	Sistema de inyección de alta presión PKL.....	94
	Sistema de inyección de los acumuladores PKL.....	94
	Sistema de inyección de baja presión PKL.....	94
3.3.3.3.	Sistema de control del presionador PKL.....	95
3.3.3.4.	Sistema de alimentación de emergencia PKL.....	95
3.3.3.5.	Sistema de purga de los generadores de vapor PKL.....	96
3.3.4.	Sistemas auxiliares PKL.....	96
3.3.4.1.	Suministro eléctrico PKL.....	96
3.3.4.2.	Sistema separador.....	96
3.3.4.3.	Sistema de refrigeración auxiliar.....	96
Capítulo 4:	Códigos termohidráulicos: TRACE5 .....	99
4.1.	Códigos termohidráulicos.....	99
4.2.	El código TRACE .....	104
4.2.1.	Características principales del código TRACE .....	105
4.2.2.	Ecuaciones de campo.....	106
4.2.3.	Variables calculadas.....	107
4.2.4.	Relaciones de cierre.....	107

4.2.4.1. Ecuaciones de estado: referidas a las propiedades de los fluidos	108
4.2.4.2. Arrastre con la pared y arrastre interfacial.....	108
4.2.4.3. Transferencia de calor entre el fluido y la pared y entre las fases	108
4.2.5. Regímenes de flujo.....	109
4.2.6. Métodos numéricos.....	111
4.2.7. Esquema de cálculo.....	112
4.2.8. Modelos especiales.....	112
4.2.8.1. Cambios abruptos de área.....	112
4.2.8.2. Modelo de flujo crítico o choked flow .....	113
4.2.8.3. Modelo de flujo a contracorriente (CCFL).....	114
4.2.8.4. Modelo offtake.....	114
Capítulo 5: Metodología aplicada al escalado.....	117
5.1. Introducción.....	117
5.2. Transitorios LOCA .....	119
5.2.1. SBLOCA .....	121
5.3. Proyectos OECD/NEA .....	122
5.3.1. Programa ROSA.....	123
5.3.2. Programa PKL.....	125
5.4. Experimentos .....	127
5.4.1. Experimento 6-1 .....	127
5.4.2. Experimento 3-1 .....	132
5.4.3. Experimento 1-2 .....	134
5.4.4. Experimento 2 serie ROSA-2.....	135
5.5. Modelo LSTF .....	137
5.5.1. Sistema primario .....	138
5.5.1.1. Modelo de la rotura.....	141
5.5.2. Sistema secundario.....	142
5.6. Simulación y análisis de los experimentos LSTF con TRACE5 .....	142
5.6.1. Estado estacionario.....	143
5.6.2. Transitorio del experimento 6-1.....	143

---

5.6.3. Transitorio del experimento 1-2.....	150
5.6.4. Transitorio del experimento 3-1.....	155
5.6.5. Transitorio del experimento 2.....	160
5.7. Aplicación del escalado volumétrico al modelo de TRACE5 de LSTF.....	164
5.7.1. Consideraciones de escalado.....	164
5.7.2. Modelo LSTF escalado.....	165
5.7.3. Estudio del efecto del factor volumétrico.....	167
Capítulo 6: Resultados.....	171
6.1. Introducción.....	171
6.2. Efecto del factor volumétrico, $K_v$ .....	172
6.2.1. Estado estacionario de los modelos escalados.....	172
6.2.2. Transitorio de los modelos escalados.....	172
6.3. Aplicación de los experimentos al modelo escalado.....	177
6.3.1. Estado estacionario del modelo escalado.....	177
6.3.2. Transitorio del experimento 6-1 con el modelo escalado.....	177
6.3.3. Transitorio del experimento 1-2 con el modelo escalado.....	182
6.3.4. Transitorio del experimento 3-1 con el modelo escalado.....	185
6.3.5. Transitorio del experimento 2 con el modelo escalado.....	190
6.4. Experimento <i>counterpart</i> serie ROSA2: comparación LSTF y PKL.....	194
6.4.1. Experimento 3 serie ROSA-2.....	194
<i>Fase de alta presión</i> .....	195
<i>Fase de acondicionamiento</i> .....	195
<i>Fase de baja presión</i> .....	196
6.4.2. Experimento G7.1 de PKL.....	197
<i>Fase de acondicionamiento</i> .....	197
<i>Fase del experimento</i> .....	198
6.4.3. Resultados del experimento 3 modelo LSTF y modelo escalado.....	199
6.4.4. Resultados de la comparación modelo LSTF y modelo PKL.....	204
Capítulo 7: Conclusiones.....	211
7.1. Conclusiones generales.....	211

7.1.1. Modelización de LSTF con el código TRACE5.....	213
7.1.2. Modelo escalado.....	216
7.1.3. Análisis del experimento counterpart. Comparación LSTF vs PKL.....	218
7.2. Líneas futuras de trabajo.....	220
7.3. Publicaciones.....	221
7.3.1. Publicaciones internacionales.....	221
7.3.2. Publicaciones nacionales.....	222
7.3.3. Comunicaciones internacionales.....	223
7.3.4. Comunicaciones nacionales.....	225
Referencias.....	227