

# Índice de contenidos

|   |           |
|---|-----------|
| Índice de contenidos  | v         |
| Índice de figuras   | ix        |
| Índice de tablas  | xi        |
| Resumen   | xiii      |
| <b>1. Introducción</b>  | <b>1</b>  |
| 1.0.1. Experiencia de INVAP S.E. en reactores de investigación. . . . .                             | 1         |
| 1.0.2. Objetivo del trabajo . . . . .   | 2         |
| <b>2. Descripción general de reactores de baja potencia</b>   | <b>3</b>  |
| 2.1. Breve descripción del Slowpoke . . . . .   | 3         |
| 2.2. Breve descripción del MNSR . . . . .   | 4         |
| 2.3. Breve descripción del LPRR . . . . .   | 5         |
| 2.4. Punto de partida: Diseño conceptual del reactor compacto . . . . .                             | 5         |
| 2.5. Análisis de las características del reactor compacto. . . . .                                  | 8         |
| 2.6. Comparación con los reactores Slowpoke, MNSR y LPRR . . . . .                                  | 10        |
| 2.7. Criterios de diseño utilizados en el diseño preliminar . . . . .                               | 11        |
| 2.7.1. Criterios de diseño generales . . . . .  | 11        |
| 2.7.2. Criterios de diseño neutrónicos . . . . .  | 12        |
| 2.7.3. Criterio de diseño termohidráulico . . . . .   | 12        |
| 2.8. Herramientas de cálculo y análisis utilizadas. . . . .   | 13        |
| <b>3. Diseño neutrónico</b>   | <b>15</b> |
| 3.1. Introducción . . . . .   | 15        |
| 3.2. Características del núcleo del reactor del diseño conceptual . . . . .                         | 15        |
| 3.3. Opciones para el aumento del exceso de reactividad a realizar en el diseño preliminar. . . . . | 17        |
| 3.4. Análisis sobre el uso del reflector inferior . . . . .   | 19        |
| 3.5. Análisis sobre el aumento del número de placas combustibles . . . . .                          | 21        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 3.5.1.    | Análisis sobre el agregado de placas combustibles en el primer cuerpo del núcleo . . . . .                           | 21        |
| 3.5.2.    | Análisis sobre el agregado de placas combustibles en el segundo cuerpo del núcleo . . . . .                          | 22        |
| 3.5.3.    | Análisis sobre el agregado de placas combustibles en el tercer cuerpo del núcleo . . . . .                           | 23        |
| 3.5.4.    | Agregado de placas combustibles: Opciones más viables . . . . .  | 24        |
| 3.6.      | Análisis de la longitud activa del reactor . . . . .   | 26        |
| 3.7.      | Análisis sobre la ubicación de las zonas de irradiación . . . . .  | 27        |
| <b>4.</b> | <b>Análisis termohidráulico del reactor</b>  | <b>31</b> |
| 4.1.      | Introducción . . . . .   | 31        |
| 4.2.      | Uso del código termohidráulico CONVEC . . . . .  | 33        |
| 4.2.1.    | Factores de Ingeniería . . . . .   | 35        |
| 4.3.      | Análisis termohidráulico a una potencia de 30 kW. Resultados obtenidos   | 35        |
| 4.4.      | Análisis sobre el uso de una chimenea . . . . .  | 37        |
| <b>5.</b> | <b>Evolución temporal de la potencia ante un accidente RIA</b>   | <b>39</b> |
| 5.1.      | Introducción . . . . .   | 39        |
| 5.2.      | Desarrollo del modelo neutrónico . . . . .   | 39        |
| 5.3.      | Desarrollo del modelo termohidráulico . . . . .  | 41        |
| 5.4.      | Desarrollo del modelo del envenenamiento por Xenón . . . . .   | 45        |
| 5.5.      | Reactividad introducida por el Xenón . . . . .   | 46        |
| 5.6.      | Validación del modelo neutrónico . . . . .   | 47        |
| 5.7.      | Validación del modelo termohidráulico . . . . .  | 48        |
| 5.8.      | Evaluación del accidente de inserción de Reactividad por extracción imprevista de las barras de regulación . . . . . | 49        |
| 5.8.1.    | Determinación de la reactividad máxima permitida en el reactor   | 50        |
| 5.8.2.    | Evolución temporal de la potencia del reactor ante una inserción de reactividad de 700 pcm . . . . .                 | 52        |
| 5.8.3.    | Evolución temporal de la temperatura del combustible ante una inserción de reactividad de 700 pcm . . . . .          | 53        |
| 5.8.4.    | Evolución temporal de la temperatura del refrigerante ante una inserción de reactividad de 700 pcm . . . . .         | 54        |
| 5.8.5.    | Análisis de los coeficientes de realimentación de reactividad . . . . .  | 55        |
| <b>6.</b> | <b>Análisis y diseño de las barras de control</b>  | <b>59</b> |
| 6.1.      | Introducción . . . . .   | 59        |
| 6.2.      | Estrategia de movimiento de las Barras de Control . . . . .  | 60        |
| 6.3.      | Modelado de las barras de control . . . . .  | 60        |

---

|   |           |
|---|-----------|
| <b>7. Quemado</b>   | <b>65</b> |
| 7.1. Introducción . . . . .   | 65        |
| 7.2. Determinación de los núcleos utilizados para los distintos ciclos de quemado . . . . .   | 69        |
| 7.3. Determinación de la duración de cada ciclo de quemado . . . . .                          | 72        |
| 7.4. Determinación del valor del Factor de Pico de Potencia . . . . .                         | 73        |
| 7.5. Reactividad en exceso al inicio de cada ciclo de quemado . . . . .                       | 74        |
| 7.6. Margen de apagado . . . . .  | 74        |
| 7.7. Valores obtenidos del FSR . . . . .  | 75        |
| 7.8. Velocidad máxima de extracción de las barras de control. . . . .                         | 76        |
| 7.9. Cálculo de la reactividad mínima de ciclo de quemado. . . . .                            | 76        |
| 7.10. Magnitud del flujo neutrónico en las zonas de irradiación. . . . .                      | 77        |
| 7.11. Verificación de los criterios de diseño. . . . .  | 77        |
| 7.11.1. Verificación de los criterios de diseño generales. . . . .                            | 77        |
| 7.11.2. Verificación de los criterios de diseño neutrónicos. . . . .                          | 78        |
| 7.12. Comparación final del reactor compacto con los reactores Slowpoke, MNSR y LPRR. . . . . | 79        |
| <b>8. Análisis del uso del reflector de grafito</b>   | <b>81</b> |
| 8.1. Introducción . . . . .   | 81        |
| 8.2. Análisis del uso de un reflector mixto de Berilio y grafito . . . . .                    | 82        |
| <b>9. Conclusiones y Trabajo a futuro</b>   | <b>85</b> |
| 9.1. Conclusiones . . . . .   | 85        |
| 9.2. Trabajo a futuro y recomendaciones . . . . .   | 86        |
| <b>10. Apéndice</b>   | <b>89</b> |
| 10.1. Actividades de Proyecto y Diseño . . . . .  | 89        |
| 10.2. Actividades relacionadas con la Práctica Profesional Supervisada . . . . .              | 90        |
| <b>Agradecimientos</b>  | <b>93</b> |