

# Índice de contenidos

<b>Índice de contenidos</b>	<b>ii</b>
<b>Resumen</b>	<b>vi</b>
<b>Abstract</b>	<b>vii</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos del Trabajo . . . . .	1
1.2. Estructura del Trabajo . . . . .	2
1.3. Diseño Nuclear . . . . .	3
1.4. Motivación . . . . .	3
1.5. Micro-Reactores de Aplicaciones Espaciales . . . . .	6
1.6. Reactor KiloPower - NASA . . . . .	8
<b>2. Verificación de la línea de cálculo</b>	<b>10</b>
2.1. Descripción de la Línea de Cálculo . . . . .	10
2.2. Metodología de Cálculo . . . . .	11
2.3. Modelo del Reactor Kilopower . . . . .	12
2.4. Verificación con el modelo MCNP . . . . .	13
2.4.1. Cálculo del Factor de Multiplicación Efectivo . . . . .	14
2.4.2. Variación en el porcentaje de Mo . . . . .	15
2.4.3. Variación en el porcentaje de densidad teórica del combustible . . . . .	16
2.4.4. Variación en el enriquecimiento . . . . .	17
2.4.5. Variación en la densidad del reflector . . . . .	18
2.4.6. Variación en la longitud del combustible . . . . .	19
2.4.7. Movimiento axial del reflector radial . . . . .	20
2.5. Conclusión . . . . .	21
<b>3. Análisis Preliminar</b>	<b>22</b>
3.1. Introducción . . . . .	22
3.2. Aspectos del Diseño . . . . .	22
3.3. Requerimientos del Diseño . . . . .	24

---

3.3.1. Potencia Térmica . . . . .	24
3.3.2. Enriquecimiento . . . . .	24
3.3.3. Tiempo de operación . . . . .	25
3.4. Espectro Neutrónico . . . . .	26
3.5. Material Moderador . . . . .	27
3.5.1. Hidruro de Zirconio (ZrH) . . . . .	27
3.5.2. Disociación Térmica del ZrH . . . . .	29
3.5.3. Estrategias para limitar la disociación térmica . . . . .	31
3.5.4. Otros Hidruros . . . . .	31
3.5.5. Conclusión . . . . .	32
3.6. Combustible Nuclear . . . . .	33
3.6.1. Elección del Combustible . . . . .	33
3.6.2. Conclusión . . . . .	35
3.7. Blindaje . . . . .	35
3.7.1. Blindaje de Neutrones . . . . .	36
3.7.2. Blindaje de Radiación Ionizante . . . . .	37
3.8. Sistema de Control de Reactividad . . . . .	38
3.8.1. Comparación entre Sistemas . . . . .	38
3.8.2. Conclusión . . . . .	40
<b>4. Diseño Neutrónico</b> . . . . .	<b>41</b>
4.1. Introducción . . . . .	41
4.2. Optimización de Masa Crítica . . . . .	43
4.3. Optimización de la Relación de Moderación . . . . .	43
4.4. Auto-apantallamiento en el Combustible . . . . .	43
4.5. Ciclo de Operación y Quemado . . . . .	45
4.6. Contenido energético del Uranio y el Quemado . . . . .	46
4.7. Coeficientes de Realimentación . . . . .	47
4.8. Diseño del Núcleo Desnudo . . . . .	49
4.9. Conclusiones Preliminares . . . . .	58
4.10. Diseño del Núcleo Reflejado . . . . .	58
4.11. Diseño Final del Núcleo . . . . .	62
4.12. Performance del Núcleo . . . . .	64
4.13. Aumento de la Longitud Activa . . . . .	67
4.14. Agregado de Venenos Quemables . . . . .	69
4.15. Factor de Multiplicación vs Posición del Reflector . . . . .	72
4.16. Agregado de una Barra de Control central . . . . .	75
4.17. Modelado de la Pérdida de Hidrógeno . . . . .	77
4.18. Coeficiente de Realimentación por Potencia . . . . .	81

---

<b>5. Análisis Térmico</b>	<b>83</b>
5.1. Sistema de Conversión de Potencia . . . . .	83
5.1.1. Sistemas Dinámicos . . . . .	83
5.1.2. Sistemas Pasivos . . . . .	84
5.1.3. Conclusión . . . . .	85
5.2. Generadores Termoeléctricos . . . . .	85
5.2.1. Cálculo de Eficiencia . . . . .	88
5.2.2. Degradación de los Termoeléctricos . . . . .	90
5.3. Diseño del Radiador . . . . .	92
5.3.1. Configuración del Radiador . . . . .	92
5.3.2. Marco Teórico . . . . .	93
5.3.3. Estimación de la Superficie Requerida . . . . .	96
5.4. Sistema de Refrigeración: Heat Pipes . . . . .	99
5.4.1. Descripción y Funcionamiento . . . . .	99
5.4.2. Limitaciones al Flujo de Calor . . . . .	102
5.4.3. Fluido de Trabajo . . . . .	103
5.4.4. Redundancia . . . . .	105
5.4.5. Confiabilidad . . . . .	105
5.4.6. Consideraciones ante Falla . . . . .	106
5.4.7. Heat Pipe de Referencia y estimación de la cantidad necesaria . . . . .	106
5.4.8. Modelo de Resistencias Térmicas . . . . .	108
5.4.9. Resultados del Modelo de Resistencias Térmicas . . . . .	116
5.4.10. Temperatura de pared del Heat Pipe . . . . .	122
5.4.11. Conclusión . . . . .	124
5.5. Modelo Térmico del Núcleo . . . . .	126
5.5.1. Núcleo de Referencia . . . . .	126
5.5.2. Desarrollo del Modelo Térmico . . . . .	127
5.5.3. Resultados del Modelo Térmico . . . . .	130
5.5.4. Modelo Térmico Complementario . . . . .	135
5.5.5. Resultados del Modelo Complementario . . . . .	139
<b>6. Análisis Mecánico</b>	<b>141</b>
6.1. Introducción . . . . .	141
6.2. Desarrollo . . . . .	141
6.3. Resultados del Modelo . . . . .	147
<b>7. Comentarios finales</b>	<b>151</b>
7.1. Resumen del Diseño . . . . .	151
7.2. Esquemas del Micro-Reactor . . . . .	153

---

<b>8. Conclusiones</b>	<b>156</b>
<b>A. Micro-reactores de aplicaciones terrestres</b>	<b>158</b>
A.1. Introducción . . . . .	158
A.2. Diseños disponibles . . . . .	161
A.2.1. eVinci - Westinghouse . . . . .	161
A.2.2. Megapower - LANL . . . . .	163
A.2.3. Holos micro-reactor . . . . .	164
A.2.4. U-Battery - URENCO . . . . .	165
<b>Bibliografía</b>	<b>167</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>170</b>