

# Índice de contenidos

Índice de contenidos	v
Índice de figuras	ix
Índice de tablas	xv
Resumen	xvii
Abstract	xix
<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
1.1. Neutrones fríos e interacción con la materia . . . . .	4
1.1.1. Neutrones fríos . . . . .	4
1.1.2. Modos normales en moléculas . . . . .	6
1.1.3. Enlaces Químicos . . . . .	7
1.2. Fuentes Frías de Neutrones . . . . .	9
1.2.1. Componentes principales de las fuentes frías de neutrones . . . . .	10
1.2.2. Estado del Arte en Fuentes Frías de Neutrones . . . . .	12
1.2.3. Usos y aplicaciones de los neutrones fríos . . . . .	15
1.2.4. Potenciales usos y aplicaciones en el RA-6 . . . . .	17
<b>2. Justificación del método de cálculo. Normas de seguridad implicadas para el desarrollo e instalación de una fuente fría de neutrones</b>	<b>19</b>
2.1. Introducción Teórica . . . . .	19
2.1.1. Termalización de neutrones . . . . .	19
2.1.2. Espectro de Maxwell . . . . .	20
2.1.3. Ecuación de Transporte de Boltzmann . . . . .	22
2.2. Métodos numéricos . . . . .	24
2.2.1. Método Monte Carlo . . . . .	25
2.3. Herramientas de cálculo computacional . . . . .	25
2.3.1. Código de cálculo MCNP . . . . .	25

2.3.2.	PHITS como recurso para el desarrollo del diseño . . . . .	26
2.4.	Normas y Leyes de Seguridad Nuclear en	
	Argentina . . . . .	27
2.4.1.	Reglamentación general en reactores de investigación . . . . .	27
2.4.2.	Reglamentación particular para fuentes de neutrones de baja energía. . . . .	29
<b>3.</b>	<b>Fundamentos de diseño</b>	<b>33</b>
3.1.	Consideraciones para diseñar una fuente fría . . . . .	33
3.2.	Lineamiento de las actividades a realizar . . . . .	35
3.3.	Localización de la Fuente Fría en el RA-6 . . . . .	37
3.4.	Facilidad de BNCT . . . . .	40
3.5.	Moderadores Fríos . . . . .	43
3.5.1.	Hidrógeno y deuterio . . . . .	44
3.5.2.	Metano . . . . .	45
3.5.3.	Etano Líquido . . . . .	45
3.5.4.	Benceno . . . . .	46
3.5.5.	Mesitileno . . . . .	46
3.6.	Premoderadores de neutrones . . . . .	50
3.7.	Sustancias Refrigerantes . . . . .	50
3.7.1.	Helio . . . . .	51
3.7.2.	Nitrógeno Líquido . . . . .	51
<b>4.</b>	<b>Validación del modelo en PHITS y de bibliotecas de datos nucleares</b>	<b>53</b>
4.1.	Validación del modelo en PHITS . . . . .	53
4.1.1.	Validación por comparación con MCNP . . . . .	53
4.1.2.	Obtención de perfiles de flujo en aire y fantoma . . . . .	58
4.2.	Validación de Bibliotecas de datos nucleares . . . . .	63
4.2.1.	Disposición espacial del material moderador . . . . .	64
4.2.2.	Posicionamiento de tallies para recolección de datos . . . . .	66
4.2.3.	Validación de bibliotecas a temperatura ambiente . . . . .	68
4.2.4.	Validación de bibliotecas a bajas temperaturas . . . . .	70
<b>5.</b>	<b>Modelado del moderador frío, análisis de sustancias moderadoras y optimización del moderador.</b>	<b>75</b>
5.1.	Disponibilidad espacial para la ubicación del moderador frío. . . . .	75
5.2.	Análisis de las sustancias moderadoras . . . . .	77
5.3.	Determinación del espesor óptimo de moderador . . . . .	80

---

5.3.1. Caso 1: Análisis del espesor de moderación con ubicación inicial en gap de aire. . . . .	80
5.3.2. Caso 2: Estudio del efecto de la separación del moderador respecto del bismuto. . . . .	86
<b>6. Análisis para la incorporación de un material premoderador de neutrones.</b>	<b>93</b>
6.1. Implementación de un premoderador de neutrones. . . . .	93
6.2. Análisis del espesor óptimo del material premoderador. . . . .	95
6.3. Acople del premoderador y la zona de moderación. . . . .	98
6.3.1. Ubicación del sistema premoderador - moderador . . . . .	98
6.3.2. Estudio del sistema premoderador - moderador . . . . .	99
<b>7. Recursos para la complementación de la fuente fría de neutrones</b>	<b>103</b>
7.1. Incorporación de Materiales absorbentes y reflectores de neutrones. . .	103
7.1.1. Características geométricas y ubicación espacial del recubrimiento.	104
7.1.2. Recubrimiento de Cadmio . . . . .	105
7.1.3. Recubrimiento de Polietileno . . . . .	107
7.2. Análisis de la utilización de un premoderador en U. . . . .	109
7.2.1. Disposición espacial y características geométricas. . . . .	109
7.2.2. Análisis neutrónico resultante de la implementación del premoderador en U. . . . .	110
<b>8. Conclusiones</b>	<b>115</b>
<b>A. Fuentes Frías Operativas en el mundo</b>	<b>119</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>121</b>