

Índice de contenidos

Resumen	v
Abstract	vii
Índice de contenidos	ix
Índice de figuras	xv
Índice de tablas	xxi
Índice de símbolos y abreviaturas	xxiii
1. Introducción	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Alcance y objetivos	2
1.3. Estructura	3
2. Espectrometría por tiempo de vuelo	5
2.1. Fundamentos físicos	5
2.2. Implementación en reactores experimentales	10
2.3. Resolución energética	12
2.4. Acoplamiento de los parámetros para un experimento de tiempo de vuelo	15
2.5. Estado del arte	16
3. Marco regulatorio, normativo y legal	19
3.1. Introducción al marco regulatorio internacional y nacional	19
3.2. Documentación mandatoria	21
3.2.1. Normas y guías internacionales	21
3.2.2. Normas y guías nacionales	21
3.3. Definiciones	22
3.4. Procedimiento para realizar experimentos o modificaciones en el RA-6 .	22
3.5. Estudios técnicos necesarios para las propuestas de experimentos o mo- dificaciones	26

3.6.	Requisitos generales para las propuestas de experimentos o modificaciones	27
3.7.	Conclusiones parciales	28
4.	Descripción del dispositivo experimental para espectrometría por tiempo de vuelo en el RA-6	29
4.1.	Descripción del RA-6	29
4.2.	Descripción del conducto de irradiación N°5	31
4.3.	Requerimientos para la extracción de haces de neutrones utilizando los conductos de irradiación del RA-6	34
4.3.1.	Requerimientos obligatorios	34
4.3.2.	Requerimientos deseables	35
4.4.	Propuesta de dispositivo experimental	35
4.4.1.	Descripción de la propuesta	36
4.4.2.	Justificación y usos	36
4.5.	Categorización preliminar de la propuesta	38
4.6.	Conclusiones parciales	38
5.	Diseño conceptual del dispositivo experimental	39
5.1.	Criterios y bases de diseño	39
5.2.	Descripción de los componentes del dispositivo experimental y su funcionamiento	40
5.2.1.	Fuente de radiación	41
5.2.2.	Contenedor interno	42
5.2.3.	Colimador de radiaciones	43
5.2.4.	Blindajes	45
5.2.5.	Obturador neutrónico	45
5.2.6.	Detectores de neutrones	47
5.2.7.	Caja contenedora del haz	47
5.2.8.	Beam-catcher	49
5.2.9.	Paredes de concreto	50
5.3.	Parámetros de diseño	51
5.4.	Descripción de los sistemas y las medidas de seguridad	52
5.4.1.	Seguridad nuclear	52
5.4.2.	Seguridad radiológica	54
5.5.	Descripción del procedimiento operativo del dispositivo experimental	55
5.6.	Conclusiones parciales	56
6.	Verificación del diseño conceptual	57
6.1.	Cálculo del campo radiante ingresante al conducto N°5	57
6.1.1.	Caracterización de la fuente de neutrones	60

6.1.2.	Caracterización de la fuente de fotones instantáneos y retardados de fisión	62
6.1.3.	Análisis dosimétrico de las fuentes de radiación	64
6.2.	Cálculo del campo radiante saliente del conducto N°5	66
6.2.1.	Caracterización de la corriente de neutrones	66
6.2.2.	Caracterización de la corriente de fotones	68
6.3.	Caracterización dosimétrica de los blindajes	70
6.4.	Caracterización del obturador neutrónico	75
6.5.	Prototipo de obturador	77
6.5.1.	Señal de prueba	78
6.5.2.	Obturador mecánico	79
6.5.3.	Optoacoplador	79
6.5.4.	Configuración experimental	80
6.5.5.	Cálculo de la velocidad del sonido mediante el método de tiempo de vuelo	82
6.6.	Conclusiones parciales	84
7.	Fabricación y montaje del dispositivo experimental	85
7.1.	Descripción de los procesos de fabricación	86
7.1.1.	Contenedor interno	86
7.1.2.	Piezas del colimador	91
7.1.3.	Beam-catcher y blindajes	92
7.1.4.	Obturador	94
7.1.5.	Caja contenedora del haz	94
7.2.	Descripción de los procedimientos de montaje	95
7.2.1.	Instalación del beam-catcher	95
7.2.2.	Inspección del conducto de irradiación N°5	96
7.2.3.	Instalación del colimador	97
7.2.4.	Disposición de las paredes de concreto	98
7.2.5.	Instalación de los blindajes	99
7.2.6.	Instalación de la cadena de detectores	99
7.2.7.	Instalación del obturador neutrónico	99
7.3.	Conclusiones parciales	100
8.	Ensayos y pruebas preliminares	101
8.1.	Relevamiento radiológico preliminar en el dispositivo experimental	101
8.2.	Agregado de blindajes para aumentar la potencia de operación	107
8.3.	Medición del flujo neutrónico a la salida del colimador	109
8.4.	Pruebas para la reubicación y ajuste de disparo del monitor de área	110

8.5. Pruebas funcionales de los sistemas de seguridad	111
8.6. Conclusiones parciales	111
9. Evaluaciones preliminares de seguridad nuclear y radiológica	113
9.1. Análisis de Eventos Iniciantes	113
9.2. Análisis de los riesgos radiológicos	115
9.2.1. Condiciones normales	116
9.2.2. Condiciones anormales	116
9.3. Evaluación de los procedimientos operacionales	117
9.4. Evaluación de seguridad tecnológica de la facilidad	119
9.5. Categorización preliminar del dispositivo	121
9.6. Conclusiones parciales	123
10. Conclusiones finales y trabajo a futuro	125
10.1. Conclusiones finales	125
10.2. Trabajo a futuro	127
A. Códigos de cálculo computacional utilizados	129
A.1. OpenMC	129
A.2. McStas	130
A.3. MCPL	130
B. Bibliotecas de datos nucleares utilizadas	131
B.1. ENDF	131
B.2. Inclusión de los fotones retardados de fisión	132
C. Modelado del RA-6 y validación del modelo	135
C.1. Utilización del código OpenMC	135
C.1.1. Validación del modelo	135
C.1.2. Simulaciones de cálculo de criticidad	137
C.1.3. Simulaciones de fuente fija	137
C.2. Utilización del código McStas	138
C.3. Acople de los códigos OpenMC y McStas	138
C.4. Muestreo de partículas a partir de los archivos de fuente	139
C.4.1. Descripción del método de muestreo por KDE	140
D. Comparación de los resultados para diferentes propuestas de configuraciones de núcleo	143
D.1. Propuestas de configuraciones de núcleo	143
D.2. Caracterización del campo radiante ingresante al conducto N°5	145

Índice de contenidos	xiii
Bibliografía	147
Agradecimientos	153