

Índice general

Acrónimos	v
Símbolos	vii
Índice de figuras	xix
Índice de tablas	xxii
Resumen	xxiv
Abstract	xxvi
1. Introducción	1
1.1. Estructura y alcance de esta tesis	2
2. Reflector de un reactor nuclear	3
2.1. Reactor CAREM-25	3
2.2. Modelo del fluido refrigerante	5
2.2.1. Conservación de masa	7
2.2.2. Conservación de momento	7
2.2.3. Conservación de energía	9
2.2.4. Densidad	10
2.2.5. Factor de fricción	10
2.2.6. Cálculo del jacobiano	10
2.3. Modelo del sólido-reflector	11
2.3.1. Dominio	12
2.3.2. Condiciones de borde	12
2.4. Acople sólido-fluido	14
2.5. Algoritmos de optimización	15
2.5.1. Algoritmo genético	15
2.5.2. Derivada topológica	18
2.6. Motivación y objetivos	18
3. Marco teórico	21
3.1. Funcional costo u objetivo	21
3.2. Derivada topológica	22
3.3. Análisis por sensibilidad de forma	24
3.4. Método del Lagrangiano	26

3.5.	Formulación en problemas de transferencia de calor	29
3.5.1.	Problema directo	29
3.5.1.1.	Formulación fuerte	29
3.5.1.2.	Formulación débil	31
3.5.2.	Problema adjunto	31
3.5.2.1.	Formulación débil	32
3.5.2.2.	Formulación fuerte	32
3.6.	Expresión integral de la derivada topológica	33
3.6.1.	Caso 1: Funcionales (a), (b) y (c)	34
3.6.2.	Caso 2: Funcional (d)	36
3.7.	Análisis asintótico	38
3.7.1.	Solución al problema directo	38
3.7.2.	Solución al problema adjunto	41
3.8.	Cálculo de la derivada topológica	43
3.8.1.	Funcional costo: (c) Energía potencial total	44
3.8.1.1.	Condición de Dirichlet en el agujero	44
3.8.1.2.	Condición de Neumann homogéneo en el agujero	44
3.8.1.3.	Condición de Neumann no homogéneo en el agujero	45
3.8.1.4.	Condición de Robin en el agujero	45
3.8.2.	Funcional costo: (d) Energía en tránsito	46
3.8.2.1.	Condición de Dirichlet en el agujero	46
3.8.2.2.	Condición de Neumann homogéneo en el agujero	46
3.8.2.3.	Condición de Neumann no homogéneo en el agujero	47
3.8.2.4.	Condición de Robin en el agujero	48
3.8.3.	Resumen	48
4.	Descripción general de las herramientas numéricas	51
4.1.	Estructura general del proyecto	51
4.1.1.	Paquetes en Python	51
4.1.2.	Casos de resolución	54
4.2.	Malla	54
4.2.1.	Definición de geometría del reflector	55
4.2.2.	Generación de malla del reflector	55
4.3.	Modelo del fluido	57
4.4.	Modelo del sólido	57
4.4.1.	Problema directo	60
4.4.2.	Problema adjunto	62
4.5.	Acople sólido-fluido	64
4.6.	Optimización topológica del reflector	66
5.	Resultados	69
5.1.	Problemas bidimensionales	69
5.1.1.	Caso A	70
5.1.2.	Caso B	72
5.2.	Reflector CAREM-25	74
5.2.1.	Modelo	75
5.2.2.	Proceso de optimización	75
5.2.3.	Análisis de diseño con canales de 14mm	78

5.2.4. Análisis y comparación entre diseños	82
6. Conclusiones y trabajos futuros	91
6.1. Conclusiones	91
6.2. Trabajos futuros	92
Bibliografía	93
Apéndices	94
A. Notación Matemática	95
A.1. Coordenadas naturales	95
A.2. Aclaración general sobre la notación	96
B. Armónicos Esféricos	97
B.1. Armónicos con $l = 0, 1$	98
B.2. Integrales de armónicos con $l = 1$	98
C. Teorema de Localización	99
C.1. Cálculo asintótico en términos de orden 0	100
C.2. Cálculo asintótico en términos de orden 1	101
D. Cálculos auxiliares en problema asintótico	105
D.1. Funciones modelo	105
D.2. Derivadas parciales	106
D.3. Cálculo de integrales	108
D.4. Coeficientes y funciones del problema directo	109
D.5. Coeficientes y funciones del problema adjunto	112
E. Derivadas Materiales	115
E.1. Derivada material de cantidades integrales	117
E.2. Operador bilineal $a_\tau(u_\tau, v_\tau)$	118
E.3. Operador lineal $l_\tau(v_\tau)$	119
E.4. Funcional costo: Energía en tránsito	121
F. Derivadas direccionales	123
F.1. Diferencial en el sentido de Fréchet	124
F.1.1. Operador bilineal	124
F.1.2. Funcional lineal	124
F.2. Aplicación al funcional costo	125
F.2.1. Energía interna	125
F.2.2. Trabajo de las fuentes externas	125
F.2.3. Energía potencial total	125
F.2.4. Energía en tránsito	126
G. Tensor de Eshelby	127
G.1. Definición	127
G.2. Condición de divergencia nula	127
G.3. Propiedad de simetría	129

G.4. Componente normal y su proyección sobre el plano normal	129
H. Reflector - Resultados extras	131
H.1. Resultados - Diseño con canales de 20mm	132
H.2. Resultados - Diseño con canales de 24mm	136
I. Diseños de reflector	141
J. Datos CAREM-25	147