

# Índice general

Resumen	I
Abstract	III
Resum	V
Agradecimientos	IX
Índice general	XI
Índice de siglas y acrónimos	XV
Índice de nomenclatura	XVII
Índice de figuras	XXIX
Índice de cuadros y tablas	XXXV
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Objetivos . . . . .	3
1.3. Organización de la tesis . . . . .	4
<b>2. Problema mecánico de la fractura elástico lineal</b>	<b>5</b>
2.1. Repaso histórico del problema tridimensional . . . . .	5
2.2. Formulación en 3D. Serie de Williams . . . . .	8
2.3. Situaciones triaxiales. Estudio del efecto de la constricción . . . . .	10
2.3.1. Análisis mediante $t_{ij}$ . . . . .	11
2.3.2. Factor $T_z$ . . . . .	13
2.4. Ejemplos numéricos . . . . .	14
2.4.1. Placa finita . . . . .	14
2.4.2. Grieta de un cuarto de elipse en esquina . . . . .	22

<b>3. Aproximación numérica mediante elementos finitos extendidos</b>	<b>37</b>
3.1. Motivación y antecedentes . . . . .	37
3.2. XFEM en grietas tridimensionales . . . . .	40
3.2.1. Descripción de la grieta tridimensional mediante <i>level sets</i> . . .	40
3.2.2. Implementación de <i>level sets</i> en elementos finitos . . . . .	44
3.2.3. Funciones de enriquecimiento para grietas tridimensionales . .	45
3.2.4. Subdivisión e integración numérica . . . . .	47
3.2.5. Error y convergencia . . . . .	50
3.3. Verificación numérica . . . . .	53
<b>4. Métodos para el cálculo de los FIT en XFEM</b>	<b>57</b>
4.1. Motivación y antecedentes . . . . .	57
4.2. Integral $J$ . . . . .	58
4.2.1. Formulación en integral de contorno e independencia del camino	58
4.2.2. Formulación en integral de dominio . . . . .	60
4.2.3. Relación con los factores de intensidad de tensiones . . . . .	62
4.3. Integral de interacción . . . . .	63
4.3.1. Campos auxiliares . . . . .	64
4.3.2. Relación con los factores de intensidad de tensiones . . . . .	66
4.4. Integrales de dominio en grietas con curvatura . . . . .	67
4.4.1. Problemática en grietas con curvatura . . . . .	67
4.4.2. Modificaciones a la integral de interacción en grietas con curvatura	68
4.4.3. Gradiente en curvilíneas. Derivadas de los campos auxiliares en la base de coordenadas curvilíneas . . . . .	70
4.5. Definición del dominio de extracción . . . . .	73
<b>5. Ejemplos numéricos de cálculo de los FIT en XFEM</b>	<b>79</b>
5.1. Ejemplos numéricos en 2-D . . . . .	79
5.1.1. Introducción y caso de referencia grieta curva . . . . .	79
5.1.2. Análisis de grieta curva . . . . .	80
5.2. Ejemplos numéricos en 3-D . . . . .	88
5.2.1. Problema de Westergaard . . . . .	88
5.2.2. Problema de grieta-arco . . . . .	93
5.2.3. Problema aproximado a grieta circular . . . . .	101
5.2.4. Problema aproximado a grieta elíptica . . . . .	110
<b>6. Singularidad de esquina</b>	<b>119</b>
6.1. Motivación y antecedentes . . . . .	119
6.2. Breve revisión de teorías sobre la singularidad de esquina . . . . .	120
6.3. Enriquecimiento para la singularidad del borde libre . . . . .	127
6.3.1. Breve introducción a los armónicos esféricos . . . . .	127
6.3.2. Armónicos esféricos como enriquecimiento para la singularidad de borde libre . . . . .	128
6.4. Verificación numérica . . . . .	130
6.4.1. Modelo geométrico y problema de referencia . . . . .	130

6.4.2.	Modelos de elementos finitos . . . . .	131
6.4.3.	Resultados para los factores de intensidad de tensiones . . . . .	132
6.4.4.	Resultados en los campos de tensiones . . . . .	135
<b>7.</b>	<b>Conclusiones, aportaciones y trabajos futuros</b>	<b>139</b>
7.1.	Conclusiones y aportaciones . . . . .	139
7.1.1.	Estudio de los campos asintóticos en la grieta tridimensional .	139
7.1.2.	Adaptación del método de los elementos finitos extendido al estudio de grietas tridimensionales . . . . .	140
7.1.3.	Cálculo de los factores de intensidad de tensiones . . . . .	140
7.1.4.	Estudio y enriquecimiento de la singularidad en el borde libre .	141
7.2.	Trabajos futuros . . . . .	142
7.2.1.	Trabajos relacionados con la malla de elementos finitos . . . . .	142
7.2.2.	Trabajos relacionados con las integrales de dominio . . . . .	145
7.2.3.	Trabajos relacionados con otro tipo de singularidades . . . . .	146
	<b>Bibliografía</b>	<b>149</b>