

ÍNDICE

	<i>pag.</i>
Prólogo de la edición española	xv
Prólogo	xvii
Agradecimientos	xix
Lista de símbolos	xxi
Capítulo 1 PRELIMINARES: LOS SISTEMAS DISCRETOS EN GENERAL	1
1.1 Introducción	1
1.2 Elementos y sistemas estructurales	3
1.3 Ensamblaje y análisis de una estructura	9
1.4 Condiciones de contorno	11
1.5 Redes hidráulicas y eléctricas	12
1.6 El proceso general	14
1.7 El sistema discreto general	16
1.8 Transformación de coordenadas	18
Capítulo 2 ELEMENTOS FINITOS DE UN CONTINUO ELÁSTICO. MÉTODO DE LOS DESPLAZAMIENTOS	21
2.1 Introducción	21
2.2 Formulación directa de las características de un elemento finito	23
2.3 Generalización al dominio completo. Abandono del concepto de fuerza nodal	31
2.4 El método de los desplazamientos como minimización de la energía potencial total	33
2.5 Criterios de convergencia	36
2.6 Error de discretización e índice de convergencia	37
2.7 Funciones de desplazamientos discontinuos entre elementos. Elementos no conformes y el test de la parcela	39

	2.8	Límite de la energía de deformación en el método de los desplazamientos	40
	2.9	Minimización directa	41
	2.10	Un ejemplo	42
	2.11	Observación final	44
Capítulo 3		TENSIÓN Y DEFORMACIÓN PLANA	47
	3.1	Introducción	47
	3.2	Características de los elementos	48
	3.3	Ejemplos. Estimación de la precisión	58
	3.4	Algunas aplicaciones prácticas	61
	3.5	Tratamiento particular de la deformación plana en los materiales incompresibles	72
	3.6	Observación final	72
Capítulo 4		ANÁLISIS DE TENSIONES EN CUERPOS DE REVOLUCIÓN	75
	4.1	Introducción	75
	4.2	Características de los elementos	76
	4.3	Algunos ejemplos de comprobación	84
	4.4	Aplicaciones prácticas	88
	4.5	Cargas asimétricas	89
	4.6	Simetría de revolución, deformación plana y tensión plana	90
Capítulo 5		ANÁLISIS TRIDIMENSIONAL DE TENSIONES	93
	5.1	Introducción	93
	5.2	Características de los elementos tetraédricos	94
	5.3	Elementos compuestos de ocho nodos	99
	5.4	Ejemplos y observaciones finales	101
Capítulo 6		NOTACIÓN TENSORIAL EN LA APROXIMACIÓN DE PROBLEMAS DE ELASTICIDAD	107
	6.1	Introducción	107
	6.2	Notación indicial	107
	6.3	Derivadas y relaciones tensoriales	108
	6.4	Materiales elásticos y discretización por elementos finitos	111

Capítulo 7	FUNCIONES DE FORMA PARA ELEMENTOS “ESTÁNDAR” Y “JERÁRQUICOS”; ALGUNAS FAMILIAS GENERALES DE CONTINUIDAD C_0	115
7.1	Introducción	115
7.2	Conceptos de elementos estándar y jerárquico	116
7.3	Elementos rectangulares. Algunas consideraciones preliminares	119
7.4	Polinomios completos	123
7.5	Elementos rectangulares. Familia de Lagrange	124
7.6	Elementos rectangulares. Familia “serendípita”	127
7.7	Eliminación de variables internas antes del ensamblaje. Subestructuras	131
7.8	Familia de elementos triangulares	133
7.9	Elementos lineales	137
7.10	Prismas rectangulares. Familia “serendípita”	138
7.11	Prismas rectangulares. Familia de Lagrange	140
7.12	Elementos tetraédricos	141
7.13	Otros elementos tridimensionales sencillos	143
7.14	Polinomios jerárquicos en una dimensión	146
7.15	Elementos jerárquicos en dos y tres dimensiones del tipo “rectángulo” o “ladrillo”	148
7.16	La familia del triángulo y el tetraedro	150
7.17	Aproximación global y local por elemento finitos	151
7.18	Mejora del condicionamiento con formas jerárquicas	153
7.19	Observaciones finales	154
Capítulo 8	ELEMENTOS TRANSFORMADOS E INTEGRACIÓN NUMÉRICA—ELEMENTOS “INFINITOS” Y “DE SINGULARIDAD”	157
8.1	Introducción	157
8.2	El empleo de “funciones de forma” para establecer transformaciones de coordenadas	160
8.3	Conformidad geométrica de los elementos	165
8.4	Variación de la función incógnita en el interior de elementos curvilíneos distorsionados. Condiciones de continuidad	166
8.5	Cálculo de las matrices de los elementos (transformación en las coordenadas ξ, η, ζ)	167
8.6	Matrices del elemento. Coordenadas de área y volumen	171
8.7	Convergencia de los elementos en coordenadas curvilíneas	173
8.8	Integración numérica unidimensional	178
8.9	Integración numérica en regiones rectangulares o prismáticas rectas	181

8.10	Integración numérica en regiones triangulares o tetraédricas	183
8.11	Orden de integración numérica necesario	185
8.12	Generación de mallas de elementos finitos mediante transformaciones. Función de comprobación	188
8.13	Dominios infinitos y elementos infinitos	190
8.14	Elementos singulares por transformación para mecánica de fractura, etc.	197
8.15	Ventajas computacionales de los elementos finitos integrados numéricamente	199
8.16	Algunos ejemplos prácticos de análisis bidimensional de tensiones	200
8.17	Análisis tridimensional de tensiones	203
8.18	Simetría y repetibilidad	209
Capítulo 9	GENERALIZACIÓN DE LOS CONCEPTOS DE ELEMENTOS FINITOS. MÉTODOS DE RESIDUOS PONDERADOS Y VARIACIONALES	215
9.1	Introducción	215
9.2	Equivalencia entre las ecuaciones diferenciales y las formas integrales o "débiles"	219
9.3	Forma débil de la ecuación de transmisión del calor por conducción con condiciones de contorno naturales y forzadas	221
9.4	Aproximación a formulaciones integrales: método de residuos ponderados (Galerkin)	223
9.5	Ejemplos	225
9.6	El principio de los trabajos virtuales como "forma débil" de las ecuaciones de equilibrio en el análisis de sólidos y fluidos	232
9.7	Discretización parcial	235
9.8	Convergencia	238
9.9	¿Qué son los "principios variacionales"?	240
9.10	Los principios variacionales "naturales" y su relación con las ecuaciones diferenciales del problema	243
9.11	Establecimiento de principios variacionales naturales en el caso de ecuaciones diferenciales lineales autoadjuntas	248
9.12	¿Máximo, mínimo o punto de ensilladura?	251
9.13	Principios variacionales condicionados. Multiplicadores de Lagrange y funciones adjuntas	253
9.14	Principios variacionales condicionados. Funciones de penalización y el método de los mínimos cuadrados	259
9.15	Observaciones finales	266

Capítulo 10	PROBLEMAS DE CAMPOS EN RÉGIMEN PERMANENTE: TRANSMISIÓN DEL CALOR, POTENCIAL ELÉCTRICO Y MAGNÉTICO, FLUJO DE UN FLUIDO, ETC.	271
10.1	Introducción	271
10.2	Ecuación cuasi-armónica general	272
10.3	Discretización en elementos finitos	274
10.4	Casos particulares desde el punto de vista económico	275
10.5	Ejemplos. Estimaciones de la precisión	278
10.6	Algunas aplicaciones prácticas	281
10.7	Observaciones finales	298
Capítulo 11	EL TEST DE LA PARCELA, INTEGRACIÓN REDUCIDA Y ELEMENTOS NO CONFORMES	303
11.1	Introducción	303
11.2	Requisitos de convergencia	304
11.3	El test de la parcela simple (formas A y B)—una condición necesaria de convergencia	306
11.4	Test de la parcela generalizado (test C) y test para un elemento aislado	309
11.5	Test de la parcela de mayor orden	311
11.6	Aplicación del test de la parcela a elementos de elasticidad plana con cuadraturas “estándar” y “reducidas”	311
11.7	Aplicación del test de la parcela a un elemento incompatible	315
11.8	Generación de funciones incompatibles que satisfacen el test de la parcela	321
11.9	El test de la parcela débil—ejemplo	324
11.10	Ejemplo de test de la parcela de alto orden—robustez	325
11.11	Conclusión	330
Capítulo 12	FORMULACIÓN MIXTA Y RESTRICCIONES. MÉTODOS DE CAMPO COMPLETO	333
12.1	Introducción	333
12.2	Discretización de formas mixtas - Algunas observaciones generales	335
12.3	Estabilidad de la aproximación mixta. El test de la parcela.	338
12.4	Formulación mixta en elasticidad	341
12.5	Elasticidad incompresible (o cuasi-incompresible)	348
12.6	Alisado de tensiones / muestreo óptimo	360
12.7	Integración reducida y selectiva y su equivalencia con problemas mixtos penalizados	366

12.8	Un procedimiento simple de resolución para problemas mixtos	372
12.9	Formas complementarias con restricción directa	377
12.10	Comentarios finales - la formulación mixta o una prueba de la "robustez" de un elemento	382
Capítulo 13	FORMULACIÓN MIXTA Y RESTRICCIONES. MÉTODOS DE CAMPO INCOMPLETO (HÍBRIDOS)	389
13.1	Generalidades	389
13.2	Conexión a través de fuerzas en la interfase entre dos (o más) subdominios con formas irreducibles	389
13.3	Conexión a través de fuerzas en la interfase de dos o más subdominios con formas mixtas	392
13.4	"Marco" de interfase en desplazamientos	393
13.5	Conexión de soluciones de contorno (o tipo Trefftz) mediante "marcos" de desplazamientos prescritos	405
13.6	Subdominios con elementos "estándar" y funciones globales	410
13.7	Comentarios finales	412
Capítulo 14	ESTIMACIÓN DE ERROR Y REFINAMIENTO ADAPTABLE EN ELEMENTOS FINITOS	415
14.1	Introducción	415
14.2	Normas de error y velocidad de convergencia	416
14.3	Estimación de error—un procedimiento simple y efectivo para el refinamiento tipo h	424
14.4	El proceso de refinamiento h — Adaptabilidad	439
14.5	Estimadores de error para formulaciones jerárquicas. Una base para el refinamiento adaptable tipo p	443
14.6	Comentarios finales	447
Capítulo 15	MÉTODOS DE CÁLCULO POR ORDENADOR PARA ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS	453
15.1	Introducción	453
15.2	Módulo de entrada de datos	456
15.3	Instrucciones del programa	468
15.4	La solución de problemas de elementos finitos y el lenguaje de macroprogramación	478
15.5	Cálculo de los módulos de solución de elementos finitos	486
15.6	Solución de ecuaciones algebraicas simultáneas lineales	499
15.7	Ampliación y modificación del programa	512
15.8	Listado del programa de elementos finitos	514

Apéndice 1	ALGEBRA MATRICIAL	611
Apéndice 2	ECUACIONES BÁSICAS DEL ANÁLISIS POR EL MÉTODO DE LOS DESPLAZAMIENTOS	617
Apéndice 3	ALGUNAS FÓRMULAS DE INTEGRACIÓN PARA TRIÁNGULOS	619
Apéndice 4	ALGUNAS FÓRMULAS DE INTEGRACIÓN PARA TETRAEDROS	621
Apéndice 5	ELEMENTOS DE ÁLGEBRA VECTORIAL	623
Apéndice 6	INTEGRACIÓN POR PARTES EN DOS O TRES DIMENSIONES (TEOREMA DE GREEN)	629
Apéndice 7	SOLUCIONES NODALMENTE EXACTAS	631
Apéndice 8	DIAGONALIZACIÓN DE MATRICES O "AGLUTINAMIENTO"	635
	Índice de autores	641
	Índice temático	647