

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

SUMMARY

ÍNDICE

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1.- INTRODUCCIÓN.	1
1.2.- SITUACIÓN ACTUAL.	2
1.3.- OBJETIVOS DE LA TESIS.	3
1.4.- CONTENIDO DEL DOCUMENTO.	4

Capítulo 2. ESTADO DEL ARTE

2.1.- INTRODUCCIÓN.	7
2.2.- EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL CONOCIMIENTO Y SITUACIÓN ACTUAL.	7
2.2.1.- Introducción.	7
2.2.2.- Evolución histórica.	8
2.2.3.- Situación actual.	12
2.3.- NORMATIVAS Y GUÍAS DE DISEÑO.	13
2.4.- EL ACERO INOXIDABLE COMO MATERIAL ESTRUCTURAL.	15
2.4.1.- Introducción.	15
2.4.2.- El material acero inoxidable.	15
2.4.3.- Caracterización mecánica.	18
2.4.4.- Realizaciones estructurales.	20
2.5.- COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE ESTRUCTURAS DE ACERO INOXIDABLE.	22
2.5.1.- Introducción.	22
2.5.2.- Cálculo de flechas. Verificación del estado límite de deformaciones.	23
2.5.3.- Estudio del cortante. Verificación del estado límite último de cortante.	24

Capítulo 3. MODELO NUMÉRICO

3.1.- INTRODUCCIÓN.	29
3.2.- ELEMENTOS ESTRUCTURALES ANALIZADOS.	30
3.3.- MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS.	30
3.4.- TIPOS DE ELEMENTOS FINITOS.	33
3.4.1.- Introducción.	33
3.4.2.- Elementos tipo viga.	33
3.4.3.- Elementos de lámina.	34
3.5.- ECUACIÓN CONSTITUTIVA. MODELIZACIÓN DE LA ROTURA.	37
3.5.1.- Modelos constitutivos elásticos y plásticos.	37
3.5.2.- Modelo constitutivo para el acero inoxidable.	38

3.6.- ESTRATEGIAS DE ANÁLISIS NO LINEAL. NO LINEALIDAD DEL MATERIAL Y NO LINEALIDAD GEOMÉTRICA.	39
3.6.1.- Introducción.	39
3.6.2.- Método de Newton-Raphson. Solución de problemas no lineales.	40
3.6.3.- No linealidad del material.	41
3.6.4.- No linealidad geométrica.	42
3.6.5.- Estabilidad. Análisis de autovalores y comportamiento postcrítico.	44
<u>Análisis de autovalores</u>	
<u>Colapso inestable y análisis postcrítico</u>	
3.7.- VERIFICACIÓN DE RESULTADOS.	47

Capítulo 4. CAMPAÑA EXPERIMENTAL DE VIGAS DE ACERO INOXIDABLE A FLEXIÓN. DETERMINACIÓN DE FLECHAS

4.1.- INTRODUCCIÓN.	49
4.2.- CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL ENSAYADO.	50
4.2.1.- Geometría de las vigas.	50
4.2.2.- Propiedades del material acero inoxidable.	51
4.2.3.- Clasificación de las secciones.	54
4.2.4.- Predimensionamiento.	55
4.3.- INSTRUMENTACIÓN, EQUIPOS Y MATERIAL.	56
4.3.1.- Instrumentación de las vigas.	56
<u>Galgas extensométricas</u>	
<u>Transductores de desplazamiento</u>	
<u>Células de carga</u>	
<u>Disposición de la instrumentación</u>	
4.3.2.- Diseño de los ensayos.	59
<u>Aparatos de apoyo</u>	
<u>Viga cargadero</u>	
4.3.3.- Instalación, prensa y sistema de adquisición de datos.	60
4.4.- RESULTADOS EXPERIMENTALES.	61
4.4.1.- Transductores de desplazamiento.	62
4.4.2.- Galgas extensométricas.	62
4.4.3.- Células de carga.	63
4.5.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES.	63
4.5.1.- Transductores de desplazamiento.	63
<u>Método de Eurocódigo 3. Parte 1-4</u>	
<u>Modelo numérico</u>	
<u>Usando coeficientes de ajuste</u>	
<u>Análisis comparativo de las flechas calculadas</u>	
4.5.2.- Galgas extensométricas.	71
4.6.- CONCLUSIONES.	76

Capítulo 5. DIMENSIONAMIENTO DE VIGAS FRENTE A ELS. CÁLCULO DE FLECHAS

5.1.- INTRODUCCIÓN.	79
5.2.- MÓDULO DE ELASTICIDAD SECANTE.	80
5.2.1.- Cálculo de flechas.	80
5.2.2.- Análisis de la sección transversal.	83
5.3.- DIAGRAMA MOMENTO-CURVATURA.	84
5.3.1.- Diagrama momento-curvatura.	84
5.3.2.- Calibración de la fórmula momento-curvatura propuesta.	88
5.3.3.- Determinación del momento cuando la tensión máxima es el límite elástico (M_{02}).	92

5.3.4.- Cálculo de flechas.	95
5.3.5.- Secciones no simétricas y secciones esbeltas.	99
5.4.- FLECHAS EN VIGAS CONTINUAS.	99
5.4.1.- Introducción.	99
5.4.2.- Módulo de elasticidad equivalente (E_{eq}).	101
5.4.3.- Determinación del coeficiente de ajuste del módulo de elasticidad equivalente.	104
5.4.4.- Utilización de coeficientes de ajuste.	108
5.5.- CONCLUSIONES.	109

Capítulo 6. CAMPAÑA EXPERIMENTAL DE VIGAS ARMADAS DE ACERO INOXIDABLE A FLEXIÓN. AGOTAMIENTO POR CORTANTE

6.1.- INTRODUCCIÓN.	113
6.2.- PLANTEAMIENTO DE LA CAMPAÑA EXPERIMENTAL.	114
6.2.1.- Descripción del fenómeno.	114
6.2.2.- Geometría de las vigas.	117
6.2.3.- Caracterización del material.	118
6.3.- INSTRUMENTACIÓN, EQUIPOS Y MATERIAL	120
6.3.1.- Instrumentación de las vigas.	120
<u>Galgas extensométricas</u>	
<u>Transductores de desplazamiento</u>	
<u>Disposición de la instrumentación</u>	
6.3.2.- Método de carga. Prensa.	124
6.3.3.- Materialización y diseño de los ensayos.	125
<u>Aparatos de apoyo</u>	
<u>Viga soporte</u>	
<u>Dispositivos de seguridad</u>	
<u>Tablas de madera</u>	
<u>Placa de carga</u>	
6.3.4.- Instalación y sistema de adquisición de datos.	126
6.4.- DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS. RESULTADOS EXPERIMENTALES.	128
6.4.1.- Introducción.	128
6.4.2.- Viga ad1w8.	128
6.4.3.- Viga ad1w6.	130
6.4.4.- Viga ad15w8.	130
6.4.5.- Viga ad15w6.	132
6.4.6.- Viga ad2w8.	133
6.4.7.- Viga ad2w6.	134
6.4.8.- Viga ad05w8.	135
6.4.9.- Viga ad05w6.	136
6.4.10.- Viga ad05w4.	137
6.4.11.- Viga ad1w4.	138
6.4.12.- Viga ad15w4.	139
6.4.13.- Viga ad2w4.	140
6.5.- CONCLUSIONES.	142

Capítulo 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA CAMPAÑA EXPERIMENTAL DE VIGAS ARMADAS DE ACERO INOXIDABLE A FLEXIÓN. AGOTAMIENTO POR CORTANTE

7.1.- INTRODUCCIÓN.	145
7.2.- ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO EXPERIMENTAL Y NUMÉRICO DEL ALMA DE LAS VIGAS.	145

7.3.- CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL COMPORTAMIENTO DE LAS VIGAS.	147
7.4.- ANÁLISIS DETALLADO DEL COMPORTAMIENTO HASTA ROTURA DE VIGAS ARMADAS DE ACERO INOXIDABLE.	154
<u>Viga ad2w4</u>	
<u>Viga ad15w4</u>	
<u>Viga ad15w8</u>	
7.5.- CONCLUSIONES.	164

Capítulo 8. AGOTAMIENTO POR CORTANTE

8.1.- INTRODUCCIÓN.	165
8.2.- TENSIÓN CRÍTICA INICIAL DE ABOLLADURA.	166
8.2.1.- Abolladura por cortante en placas simplemente apoyadas.	166
<u>Modelo numérico: material, geometría, malla, imperfección inicial</u>	
<u>Análisis de placas</u>	
8.2.2.- Tensión crítica inicial de abolladura.	169
8.2.3.- Influencia de las alas.	174
8.3.- CORTANTE ÚLTIMO.	177
8.3.1.- Introducción.	177
8.3.2.- Métodos de cortante último.	177
<u>Eurocódigo 3, Parte 1-4. Método postcrítico simple</u>	
<u>Campo diagonal de tracciones</u>	
<u>Método rotacional</u>	
8.3.3.- Comparación de resultados.	179
8.4.- CONCLUSIONES.	184

Capítulo 9. CONCLUSIONES

9.1.- RESUMEN Y CONCLUSIONES GENERALES.	187
9.2.- CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.	189
9.2.1.- Campaña experimental de vigas de acero inoxidable a flexión. Determinación de flechas.	189
9.2.2.- Dimensionamiento de vigas de acero inoxidable frente al estado límite de deformaciones.	190
9.2.3.- Campaña experimental de vigas armadas de acero inoxidable a flexión. Agotamiento por cortante.	193
9.2.4.- Análisis de resultados de la campaña experimental de vigas armadas de acero inoxidable a flexión. Agotamiento por cortante.	194
9.2.5.- Agotamiento por cortante. Dimensionamiento de vigas.	194
9.3.- PERSPECTIVAS FUTURAS.	196

BIBLIOGRAFÍA	199
---------------------	------------

Anejo 1. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CAMPAÑA EXPERIMENTAL DE VIGAS DE ACERO INOXIDABLE A FLEXIÓN

A1.1.- ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL
A1.2.- INSTRUMENTACIÓN DE LAS VIGAS
A1.3.- RESULTADOS EXPERIMENTALES

***Anejo 2.* RESULTADOS OBTENIDOS EN LA CAMPAÑA
EXPERIMENTAL DE AGOTAMIENTO POR
CORTANTE**

A2.1.- ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

A2.2.- INSTRUMENTACIÓN DE LAS VIGAS

A2.3.- RESULTADOS EXPERIMENTALES

