

ÍNDICE

1. MARCO LEGAL EN MATERIA DE SEGURIDAD DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO CONTRA EL INCENDIO	13
2. SEGURIDAD ESTRUCTURAL BAJO LA ACCIÓN DEL INCENDIO	19
2.1. CONCEPTO DE SEGURIDAD DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO ANTE EL INCENDIO	19
2.2. ESTADOS LÍMITE DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO BAJO LA ACCIÓN DEL INCENDIO	25
2.2.1. Criterio de colapso	26
2.2.2. Criterio de velocidad de deformación excesiva	27
2.2.3. Criterio de deformación excesiva	28
2.3. COEFICIENTES DE SEGURIDAD	29
2.3.1. Ponderación y combinación de acciones mecánicas	29
2.3.2. Coeficiente de minoración del material	32
2.3.3. Coeficiente de ponderación de la acción de incendio	32
2.3.4. Verificación de la seguridad de la estructura frente al incendio: concepto de temperatura crítica y sus limitaciones. Comprobación general basada en la resistencia estructural	40

3. PROPIEDADES DEL ACERO ESTRUCTURAL A TEMPERATURAS ELEVADAS	45
3.1. DENSIDAD	45
3.2. DIAGRAMA CONVENCIONAL TENSIÓN-DEFORMACIÓN	45
3.3. LÍMITE ELÁSTICO EFECTIVO	50
3.4. MÓDULO DE DEFORMACIÓN	50
3.5. CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	51
3.6. CALOR ESPECÍFICO	53
3.7. COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA	54
4. ACCIÓN DE INCENDIO	55
4.1. CLASES DE ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES SOMETIDOS A LA ACCIÓN DEL INCENDIO	55
4.1.1. Método de nivel I	57
4.1.2. Método de nivel II	59
4.1.3. Método de nivel III	61
4.2. ENSAYO DE INCENDIO NORMALIZADO	62
4.2.1. Otras curvas temperatura-tiempo nominales	64
4.2.2. Resistencia al fuego de una pieza de acero	65
4.3. INCENDIO REAL	66
4.4. RECINTO DE INCENDIO	68
4.5. CARGA DE FUEGO	68
4.5.1. Densidades de carga de fuego tipificadas	72
4.5.1.1. Densidades de cargas de fuego variables	71
4.5.1.2. Densidades de cargas de fuego fijas	72
4.5.2. Densidad de carga de fuego evaluada específicamente	72
4.5.2.1. Cargas de fuego protegidas	74
4.5.2.2. Cargas de fuego variables	74
4.5.3. Densidad de carga de fuego de cálculo	75
4.6. VENTILACIÓN	78

ÍNDICE

4.7.	INFLUENCIA DE LA NATURALEZA DE LAS PAREDES DEL RECINTO DE INCENDIO	82
4.8.	DURACIÓN EQUIVALENTE DEL INCENDIO	86
4.9.	DIAGRAMAS TEMPERATURA TIEMPO DE LOS INCENDIOS REALES	89
4.10.	ESCENARIOS DE INCENDIO	95
4.11.	FUEGOS DE CÁLCULO	98
4.12.	FUEGOS DE CÁLCULO BASADOS EN INCENDIOS REALES O NATURALES	100
4.12.1.	Curvas paramétricas tiempo temperatura	103
4.12.2.	Fuegos localizados	106
4.12.3.	Modelos avanzados «de una zona»	110
5.	ANÁLISIS DEL PROCESO DE TRANSFERENCIA TÉRMICA	113
5.1.	CÁLCULO DE TEMPERATURAS EN PIEZAS METÁLICAS NO PROTEGIDAS	113
5.1.1.	Fundamentación	114
5.1.2.	Algoritmo de cálculo de temperaturas	116
5.1.3.	Aplicación práctica	118
5.2.	CÁLCULO DE LAS TEMPERATURAS DEL ACERO EN LAS PIEZAS PROTEGIDAS	127
5.2.1.	Fundamentación	127
5.2.2.	Propiedades de los materiales de protección	133
5.2.3.	Algoritmo de cálculo de temperaturas	136
5.2.3.1.	Materiales de protección con humedad permanente	137
5.2.3.2.	Pinturas intumescentes	138
5.2.4.	Aplicación práctica	139
5.2.5.	Introducción de la seguridad en las características de los materiales de protección	146
5.2.6.	Conversión de valores experimentales	149
5.2.6.1.	Ejemplos numéricos	151

6. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO SOMETIDAS AL INCENDIO	157
6.1. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA	157
6.1.1. Cálculo plástico	158
6.2. COMPROBACIÓN DE LAS PIEZAS PRISMÁTICAS SOMETIDAS A LA ACCIÓN DEL INCENDIO	161
6.3. CAPACIDAD RESISTENTE DE LAS PIEZAS PRISMÁTICAS SOMETIDAS A LA ACCIÓN DEL INCENDIO	163
6.3.1. Clasificación de las secciones transversales	163
6.3.2. Capacidad resistente de piezas solicitadas a tracción pura	164
6.3.3. Capacidad resistente de piezas solicitadas a compresión centrada	165
6.3.4. Vigas arriostradas frente al pandeo lateral	172
6.3.5. Pandeo lateral de piezas sometidas a flexión	181
6.3.6. Piezas sometidas a compresión y flexión	182
6.3.7. Piezas con sección de clase 4	184
6.4. COMPROBACIÓN EN EL DOMINIO DE LAS TEMPERATURAS	187
6.4.1. Temperatura crítica de piezas cuya sección es de clase 1, 2 o 3	187
6.4.2. Temperatura crítica de las piezas cuya sección es de clase 4	191
6.5. COMPROBACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LAS UNIONES	191
7. EJEMPLOS	193
7.1. DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO DE CÁLCULO. OFICINA	193
7.2. DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO DE CÁLCULO. ESCUELA I	195
7.3. TIEMPO EQUIVALENTE. ESCUELA I	197
7.4. CURVA PARAMÉTRICA. ESCUELA I	199
7.5. CURVA PARAMÉTRICA ESCUELA II (CON VENTILACIÓN MODIFICADA)	205
7.6. TIEMPO EQUIVALENTE. ESCUELA II	208
7.7. FUEGOS LOCALIZADOS. POLIDEPORTIVO	209

ÍNDICE

7.8.	FUEGOS LOCALIZADOS. SALA POLIVALENTE	211
7.9	COMPROBACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE UN PÓRTICO SIMPLE ARRIOSTRADO	217
7.9.1.	Cálculo de las temperaturas en los elementos del pórtico	221
7.9.1.1.	Cálculo de la temperatura en los pilares	222
7.9.1.2.	Cálculo de la temperatura en las vigas	224
7.9.2.	Cálculo de las solicitaciones concomitantes con el incendio	226
7.9.3.	Comprobación de la capacidad portante en vigas	228
7.9.3.1.	Capacidad portante con distribución homogénea de temperaturas	229
7.9.3.2.	Comprobación con distribución no homogénea de temperaturas	230
7.9.3.3.	Comprobación según el criterio de temperatura	232
7.9.4.	Comprobación de la capacidad portante de pilar sometido a compresión centrada	234
7.9.4.1.	Método del código técnico de la edificación	235
7.9.4.2.	Método de la UNE EN1993-1-2	236
7.9.5.	Comprobación de la capacidad portante de un pilar sometido a compresión y flexión	238
7.9.5.1.	Procedimiento simplificado	240
7.9.5.2.	Método de la UNE EN1993-1-2	243
7.10.	RESISTENCIA AL FUEGO DE VIGAS	246
7.10.1.	Cálculo de la temperatura crítica en vigas	247
7.10.1.1.	Distribución homogénea de temperaturas	248
7.10.1.2.	Distribución no homogénea de temperaturas	251
7.10.2.	Cálculo del tiempo de resistencia al fuego de vigas	254
7.10.2.1.	Cálculo de la temperatura de la viga según la fórmula que propone el CTE	255
7.10.2.2.	Cálculo de la temperatura de la viga según la fórmula de la UNE EN1993.1-2 (2005) (EC3)	258

7.11.	RESISTENCIA AL FUEGO DE PILARES	261
7.11.1.	Cálculo de la temperatura crítica en pilares	262
7.11.2.	Cálculo del tiempo de resistencia al fuego de pilares	267
7.12.	PILARES MODERADAMENTE PROTEGIDOS	269
7.12.1.	Análisis de nivel I	272
7.12.1.1.	Procedimiento del CTE. Método simplificado	272
7.12.1.2.	Otros procedimientos	275
7.12.1.3.	Otros procedimientos. Fórmula simplificada	279
7.12.2.	Análisis de nivel II. Tiempo equivalente	280
7.12.2.1.	Procedimiento del CTE, utilización de la tabla D.1	288
7.12.2.2.	Otros procedimientos	289
7.12.3.	Análisis de nivel III. Incendio real	290
7.13.	VIGAS. FUERTEMENTE PROTEGIDAS	291
7.13.1.	Análisis de nivel I	293
7.13.1.1.	Procedimiento del CTE. Método simplificado	293
7.13.1.2.	Otros procedimientos	297
7.13.2.	Análisis de nivel II. Tiempo equivalente	304
7.13.2.1.	Procedimiento del CTE	304
7.13.2.2.	Otros procedimientos	307
7.13.3.	Análisis de nivel III. Incendio real	311
7.14.	EJEMPLOS DE CÁLCULO SIMPLIFICADO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LOS NOMOGRAMAS DE LA ECCS	312
7.14.1.	Vigas de acero sin proteger	315
7.14.2.	Vigas de acero protegidas	317
7.15.	ANEJO: TABLAS	322
	SIMBOLOGÍA	327
	BIBLIOGRAFÍA	339