

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	21
1.1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	21
1.2. RESUMEN DE CONTENIDOS	22
1.3. NORMATIVA	23
2. BASES DE DISEÑO	25
2.1. EL USO DE ACERO EN NAVES INDUSTRIALES	25
2.2. VENTAJAS DEL ACERO EN LAS FASES DE PROYECTO, FABRICACIÓN Y MONTAJE	25
2.3. CONDICIONANTES Y REQUISITOS PREVIOS	27
2.4. CRITERIOS DE DISEÑO RESISTENTE	30
2.4.1. Dimensionamiento general. Formas	30
2.4.2. Esquema resistente y cimientos	31
2.4.3. Juntas de dilatación	31
2.4.4. Tipología de pórticos	32
2.4.5. Arriostrados y contravientos	32
2.4.6. Sistemas de montaje	33
2.5. PROTECCIÓN ANTI-INCENDIO	34

2.6.	PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN	36
2.7.	CLASIFICACIÓN DE NAVES. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	37
3.	ACCIONES, CARGAS Y SOBRECARGAS	39
3.1.	OBJETO	39
3.2.	ESTADOS LÍMITE	40
3.3.	ACCIONES PERMANENTES G	40
3.4.	SOBRECARGAS DE EJECUCIÓN Q_S	41
3.5.	SOBRECARGAS DE INSTALACIONES Q_I	41
3.6.	ACCIONES CLIMÁTICAS: NIEVE Q_N , VIENTO Q_W Y TEMPERATURA	42
3.6.1.	Nieve Q_N	42
3.6.2.	Viento Q_W	43
3.6.3.	Temperatura Q_{TEM}	45
3.7.	PUENTES GRÚA	45
3.8.	ACCIONES ACCIDENTALES A	46
3.8.1.	Impactos	47
3.8.2.	Sismos	47
3.8.3.	Explosiones	49
3.9.	COMBINACIÓN DE ACCIONES	49
3.9.1.	Coeficientes de combinación	49
3.9.2.	Estado límite de servicio	50
3.9.3.	Estado límite último	52
3.9.4.	Estado límite último con acciones accidentales	54
4.	ESTRUCTURA DE LA NAVE	57
4.1.	INTRODUCCIÓN	57
4.1.1.	Métodos de cálculo	57
4.1.2.	Análisis elástico de pórticos	59

ÍNDICE

4.1.3.	Análisis plástico de pórticos	60
4.1.4.	Requisitos para el análisis plástico	60
4.1.5.	Método general de análisis no lineal en teoría de segundo orden	61
4.2.	TIPOS DE NAVES. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS	62
4.3.	PÓRTICOS TRANSVERSALES	66
4.3.1.	Grado de hiperestatismo. Cimentación	66
4.3.2.	Uniones	67
4.3.3.	Tipos de sección	69
4.3.4.	Requisitos de arriostramiento	71
4.4.	CERCHAS DE CUBIERTA	71
4.5.	CORREAS DE CUBIERTA Y FACHADA	73
4.6.	SISTEMAS DE ARRIOSTRADOS DE CUBIERTA	76
4.7.	PÓRTICOS TESTEROS Y ARRIOSTRADOS	79
4.8.	RECOMENDACIONES DE PREDIMENSIONAMIENTO	82
5.	COBERTURA Y CERRAMIENTOS	85
5.1.	REQUISITOS FUNCIONALES	85
5.2.	TIPOS DE CUBIERTA Y CERRAMIENTOS	86
5.2.1.	Chapa simple	86
5.2.2.	Sándwich	87
5.2.3.	Cubierta deck	91
5.2.4.	Aluminio	93
5.2.5.	Vidrio, Policarbonato, Poliéster	93
5.2.6.	Prefabricados de hormigón	94
5.3.	CÁLCULO DE CHAPA	95
5.3.1.	Materiales	95
5.3.2.	Características generales	96
5.3.3.	Límite elástico promedio	97

5.3.4.	Relaciones ancho/espesor	97
5.3.5.	Abolladura por tensiones normales	98
5.3.5.1.	Planteamiento	99
5.3.5.2.	Esbeltez de chapa	99
5.3.5.3.	Ancho eficaz	101
5.3.5.4.	Resistencia de las secciones	102
5.3.5.5.	Secciones de clase 3	103
5.3.5.6.	Resistencia a pandeo. Interacción	104
5.3.5.7.	Flechas	106
5.4.	FIJACIONES	106
5.4.1.	Tornillos roscachapa	107
5.4.2.	Arriostramiento de correas	111
5.5.	REMATES, TIRANTILLAS Y SEPARADORES INTEGRADOS	112
5.6.	EJEMPLO DE DISEÑO DE COBERTURA CON CHAPA PERFILADA	114
	Planteamiento	114
	Diseño propuesto	115
	Características de la sección	116
	Clasificación de la sección. Factores de agotamiento	117
	Resistencia en apoyos. Carga descendente	119
	Resistencia en apoyos. Carga ascendente	120
	Comprobación frente a carga descendente	121
	Comprobación frente a carga ascendente	122
	Comprobación en estado límite de servicio	122
	Cargas en correas	124
	Comprobación de correas	125

ÍNDICE

6. CORREAS	127
6.1. INTRODUCCIÓN	127
6.2. SISTEMAS DE CORREAS	130
6.2.1. Generalidades	130
6.2.2. Sistemas con vanos iniciales especiales	132
6.2.3. Sistemas alternados	133
6.2.4. Empalmes de correas	133
6.3. CÁLCULO DE ESFUERZOS Y FLECHAS	135
6.4. RESISTENCIA DE LA SECCIÓN Y PANDEO LATERAL	138
6.5. PERFILES LAMINADOS EN CALIENTE Y PERFILES CONFORMADOS EN FRÍO	142
6.6. MÉTODO SIMPLIFICADO DE EUROCÓDIGO 3, PARTE 1-3	145
6.6.1. Introducción	145
6.6.2. Campo de aplicación. Dimensiones	145
6.6.3. Campo de aplicación. Estructura	146
6.6.4. Proceso de cálculo	147
6.6.5. Rigidez torsional C_D	150
6.6.6. Correas sin pandeo lateral	152
6.6.7. Conclusiones. Ejemplos	153
Ejemplo 1	153
Ejemplo 2	157
7. PÓRTICOS	161
7.1. INTRODUCCIÓN	161
7.2. CÁLCULO DE ESFUERZOS	164
7.2.1. Cálculo elástico	164
7.2.2. Cálculo plástico	167
7.3. LONGITUDES DE PANDEO	169

7.4.	INFLUENCIA DE LAS IMPERFECCIONES	177
7.5.	INFLUENCIA DE LA RIGIDEZ DE CONJUNTO	178
7.5.1.	Rigidez lateral	178
7.5.2.	Clasificación de pórticos	178
7.6.	ESFUERZOS CON TEORÍA DE SEGUNDO ORDEN	181
7.6.1.	Introducción	181
7.6.2.	Método de aplicación	181
7.6.3.	Imperfecciones globales	182
7.6.3.1.	Imperfecciones globales laterales	184
7.6.3.2.	Imperfecciones de curvatura intermedia	184
7.6.4.	Fuerzas transversales equivalentes a las imperfecciones	185
7.7.	VERIFICACIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO	187
7.8.	VERIFICACIÓN DEL ESTADO LÍMITE ÚLTIMO	189
7.9.	EJEMPLO DE COMPROBACIÓN DE UN PÓRTICO A DOS AGUAS	192
	Planteamiento	192
	Resolución	193
8.	CERCHAS	227
8.1.	INTRODUCCIÓN	227
8.2.	TIPOS DE CERCHA	230
8.3.	CÁLCULO DE ESFUERZOS	231
8.4.	SECCIONES DE BARRAS	237
8.5.	PIEZAS DE SECCIÓN COMPUESTA	238
8.6.	LONGITUDES DE PANDEO, INFLUENCIA DE ARRIOSTRADOS	240
8.7.	CERCHAS DE PERFILES TUBULARES	241
8.8.	VERIFICACIÓN DEL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO	243
8.9.	VERIFICACIÓN DEL ESTADO LÍMITE ÚLTIMO	244

9. UNIONES	247
9.1. PLANTEAMIENTO	247
9.2. UNIONES SOLDADAS Y UNIONES ATORNILLADAS	248
9.3. APOYOS Y EJIONES DE CORREAS	250
9.4. EL NUDO DE HOMBRO	253
9.5. EMPALMES Y CLAVE EN PÓRTICOS	257
9.6. NUDOS Y CARTELAS DE CERCHAS	258
9.7. PLACA BASE. ANCLAJES	260
9.8. EJEMPLO DE DISEÑO DE UNA PLACA BASE Y ZAPATA	264
Planteamiento	264
Diseño propuesto	265
Comprobación preliminar	267
Áreas de contacto	269
Esfuerzos en placa y pernos	270
Anclaje de pernos en la zapata	272
Comprobación de chapa de base y cartelas	274
Comprobación de la zapata típica	278
Comprobación de las zapatas de núcleo de rigidez	280
9.9. EJEMPLO DE COMPROBACIÓN DE UN NUDO ATORNILLADO DE HOMBRO	281
Planteamiento	281
Diseño propuesto	282
Esfuerzos en la unión	283
Comprobación de sección	283
Obtención de esfuerzos en tornillos	284
Comprobación de la placa de testa	288
Interacción tracción-cortante en tornillos	290
Comprobación del recuadro de hombro	291

10. ARRIOSTRADOS	295
10.1. SISTEMAS DE ARRIOSTRADOS Y CONTRAVIENTOS. CRITERIOS DE DISEÑO	295
10.2. TIPOS DE BARRAS	297
10.3. ARRIOSTRADOS DE FACHADAS	299
10.4. ARRIOSTRADOS DE CUBIERTA	303
10.5. UNIONES EN ARRIOSTRADOS	308
10.6. BASES DE ARRIOSTRADOS	309
10.7. EJEMPLO DE ARRIOSTRADO DE CUBIERTA	312
Planteamiento	312
Diseño propuesto	313
Acciones de viento	313
Acciones de estabilización de dinteles	314
Comprobación de rigidez de la viga contraviento	316
Esfuerzos en la viga contraviento	316
Consideraciones adicionales	318
10.8. EJEMPLO DE ARRIOSTRADO DE FACHADA	319
Planteamiento	319
Diseño propuesto	321
Acciones de estabilización de pilares	322
Comprobación de rigidez	322
Comprobación de barras. Diagonales	324
Comprobación de uniones	324
Comprobación de barras. Pilares	328
ANEJO A. RESISTENCIA AL FUEGO DE NAVES PORTICADAS	333
A.1. NORMATIVA ESPAÑOLA Y EUROPEA	333
A.2. CONFIGURACIÓN, DISEÑO Y REQUISITOS EXIGIBLES	334

ÍNDICE

A.3.	MÉTODO SIMPLIFICADO	337
A.4.	TEMPERATURA CRÍTICA	339
A.5.	TIEMPO DE ESTABILIDAD	341
A.6.	ELEMENTOS PROTEGIDOS Y NO PROTEGIDOS	344
A.7.	EJEMPLOS DE SECCIÓN DE CLASE 4	349
	Planteamiento	349
	Resolución	349
ANEJO B.	LA NAVE CON PUENTE GRÚA	355
B.1.	NORMATIVA ESPAÑOLA Y EUROPEA	355
B.2.	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO. ACCIONES	356
B.3.	CLASIFICACIÓN DE PUENTES GRÚA	358
B.4.	CARGAS VERTICALES Y HORIZONTALES	360
	B.4.1. Cargas verticales.	360
	B.4.2. Efectos dinámicos verticales	361
	B.4.3. Fuerzas horizontales transversales	362
	B.4.4. Fuerzas horizontales longitudinales	365
B.5.	TIPOS DE CARRILERAS. CARRILES. JUNTAS	367
B.6.	LIMITACIONES DE FLECHAS	371
B.7.	CÁLCULO DE ESFUERZOS. TENSIONES LOCALES	372
B.8.	VERIFICACIÓN DE ESTADO LÍMITE ÚLTIMO	376
B.9.	VERIFICACIÓN A FATIGA	379
B.10.	COMPROBACIÓN DE UNA VIGA CARRILERA A FATIGA	383
	Planteamiento	383
	Comprobación	383
B.11.	EJEMPLO DE PÓRTICO DE FRENADO	384
	Planteamiento	384
	Diseño propuesto	385

Comprobación de rigidez	385
Comprobación de la barra	387
Comprobaciones complementarias	387
Comprobación de uniones	389
B.12. CARACTERÍSTICAS MEDIAS DE PUENTES-GRÚA	391
ANEJO C. EL PLIEGO DE CONDICIONES DE UNA NAVE	395
C.1. NORMATIVA. CLASIFICACIÓN	395
C.2. MATERIALES	397
C.3. PROTECCIÓN	398
C.4. REQUISITOS DE FABRICACIÓN EN TALLER	399
C.5. MONTAJE EN OBRA	400
C.6. MEDIOS DE UNIÓN	402
C.6.1. Uniones atornilladas	402
C.6.2. Uniones soldadas	403
C.7. TOLERANCIAS	406
C.7.1. Tolerancias normales	406
C.7.2. Tolerancias especiales	414
C.8. INSPECCIÓN Y ENSAYOS	415
C.8.1. Introducción	415
C.8.2. Plan de Control y Plan de Inspección y Ensayos	416
C.8.3. Conformidad de los materiales	417
C.8.4. Conformidad de los procesos de ejecución	418
C.8.5. Criterios generales para el control de la ejecución	418
C.8.5.1. Organización del control	418
C.8.5.1.1. Niveles de control de ejecución	419
C.8.5.1.2. Lotes de ejecución	419
C.8.5.1.3. Unidades de inspección	419

ÍNDICE

C.8.5.2.	Frecuencia de las inspecciones	420
C.8.5.3.	Inspecciones preliminares	421
C.8.5.3.1.	Comprobaciones de documentación	421
C.8.5.3.2.	Visita a las instalaciones	422
C.8.6.	Control durante la fabricación	422
C.8.6.1.	Control documental	422
C.8.6.2.	Comprobaciones durante la fabricación	422
C.8.6.2.1.	Operaciones de corte y taladros	422
C.8.6.2.2.	Control dimensional de piezas	423
C.8.6.2.3.	Cualificación de soldadores	423
C.8.6.2.4.	Cualificación de procedimientos de soldeo	423
C.8.6.2.5.	Comprobación de soldaduras	424
C.8.6.2.6.	Comprobación de uniones atornilladas	426
C.8.6.2.7.	Armado en taller	427
C.8.7.	Control durante el montaje	428
C.8.7.1.	Comprobaciones previas al montaje	428
C.8.7.2.	Memoria de montaje	428
C.8.7.3.	Programa de Puntos de Inspección	428
C.8.7.4.	Comprobaciones durante el montaje	429
C.8.8.	Comprobación de la conformidad de la estructura terminada	429
C.9.	PUNTOS A INCLUIR EN EL PLIEGO DE UNA NAVE DE CLASE 2	429
ANEJO D.	REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA	431
D.1.	NORMAS Y REGLAMENTOS	431
D.2.	LIBROS Y GUÍAS DE DISEÑO	433