

ÍNDICE

1. Introducción	11
1.1 ALCANCE Y OBJETIVOS QUE SE PERSIGUEN	11
1.2 USO DE ESTA MONOGRAFÍA	12
2. Proceso de evaluación de una estructura de hormigón armado	15
2.1 PROCESO DE EVALUACIÓN PRELIMINAR.....	17
2.2 PROCESO DE EVALUACIÓN DETALLADO.....	19
3. Normativa existente en España.....	23
3.1 NORMATIVA EXISTENTE EN ESPAÑA SOBRE LOS MATERIALES	23
3.1.1 NORMATIVA EXISTENTE EN ESPAÑA SOBRE EL HORMIGÓN.	23
3.1.2 NORMATIVA EXISTENTE EN ESPAÑA SOBRE EL ACERO	28
3.1.3 NORMATIVA EXISTENTE EN ESPAÑA SOBRE EL CEMENTO.	34
3.1.3.1 Clasificación cronológica de los cementos.....	36
3.1.3.2 Situación actual (2017) y futura en la normativa de cemento	41
3.1.3.3 Evolución de los tipos de cemento utilizados en España	41
3.1.4 NORMATIVA EXISTENTE EN ESPAÑA PARA LA EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN	44
3.2 NORMATIVA EXISTENTE EN ESPAÑA SOBRE ACCIONES	47
3.2.1 NORMATIVA EXISTENTE EN ESPAÑA SOBRE ACCIONES EN EDIFICACIÓN	47
3.2.1.1 Relación y comentarios de la normativa referente a acciones en la edificación en España.	58
3.2.1.2 Clasificación de las Acciones en la edificación.	78
3.2.2 NORMATIVA EXISTENTE EN ESPAÑA SOBRE ACCIONES EN PUENTES.....	84
3.2.2.1 Acciones en puentes de carretera	84
3.2.2.2 Acciones en puentes de ferrocarril	91
3.2.2.3 Tablas recapitulativas	97
3.3 OTRA NORMATIVA RELACIONADA	99
3.3.1 NORMATIVA EXISTENTE EN ESPAÑA PARA LLEVAR A CABO UNA INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS	99
3.3.1.1 Principios básicos de la inspección por muestreo.....	99
3.3.1.2 Planes de muestreo	101
3.3.1.3 Normativa sobre procedimientos de muestreo para la inspección por atributos	105

4. Aspectos importantes en la evaluación de estructuras	109
4.1 ASPECTOS IMPORTANTES A TENER EN CUENTA A LA HORA DE EVALUAR LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN Y ACERO DE UNA ESTRUCTURA EXISTENTE	109
4.1.1 INTRODUCCIÓN	109
4.1.1.1 Generalidades.....	109
4.1.1.2 Definiciones de resistencia	110
4.1.1.3 Ensayos de información para conocer la resistencia del hormigón	113
4.1.1.4 Características mecánicas de los aceros	114
4.1.2 ASPECTOS A TENER EN CUENTA PARA EVALUAR LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN	115
4.1.2.1 Edad de la Estructura.....	115
4.1.2.2 Ambiente en que se encuentra el hormigón	116
4.1.2.3 Métodos de ensayo	117
4.1.3 COMENTARIOS GENERALES SOBRE MÉTODOS DE CONTROL NO DESTRUCTIVOS	129
4.1.3.1 Resumen métodos de ensayo.....	129
4.1.3.2 Número de muestras	130
4.1.3.3 Dispersión de las medidas	131
4.1.3.4 Probetas testigo – Condicionantes y limitaciones	132
4.1.3.5 Velocidad de propagación de ultrasonidos Condicionantes y limitaciones	135
4.1.3.6 Reconocimientos esclerométricos - Condicionantes y limitaciones	136
4.1.3.7 Método de tracción o <i>pull-off</i> - Condicionantes y limitaciones	137
4.1.3.8 Profundidad de carbonatación- Condicionantes y limitaciones.....	138
4.1.4 DIRECTRICES PARA LA PLANIFICACIÓN, MUESTREO Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ENSAYO CUANDO SE EVALÚA LA RESISTENCIA <i>IN SITU</i>	139
4.1.4.1 Planificación.....	139
4.1.4.2 Muestreo	139
4.1.4.3 Programa de ensayos	140
4.1.4.4 Evaluación.....	140
4.1.5 EJEMPLO DE APLICACIÓN	140
4.1.6 COMENTARIOS FINALES	151
4.2 ASPECTOS IMPORTANTES A TENER EN CUENTA A LA HORA DE EVALUAR LA DURABILIDAD DEL HORMIGÓN DE UNA ESTRUCTURA EXISTENTE.....	153
4.2.1 INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES	153
4.2.1.1 Durabilidad del hormigón.....	153

4.2.1.2 Durabilidad de la armadura	155
4.2.2 ASPECTOS DE DURABILIDAD EN LA EHE-08	163
4.2.2.1 Clases de exposición ambiental, según la EHE-08.....	163
4.2.2.2 Información de la fase de diseño y la puesta en obra.....	166
4.2.2.3 Aportaciones de las consideraciones de la durabilidad en la fase de proyecto	167
4.2.2.4 Aportaciones de la consideración de la durabilidad en la fase de ejecución	168
4.2.2.5 Estrategia para la durabilidad aplicada a estructuras existentes	168
4.2.2.6 Cálculos relativos al estado límite de durabilidad en estructuras existentes	171
4.2.3 APLICACIÓN DE MEDIDAS PARA GARANTIZAR LA DURABILIDAD EN ESTRUCTURAS EXISTENTES.....	177
4.2.3.1 Contribución de los morteros de revestimiento al recubrimiento de las armaduras	178
4.2.3.2 Control de la durabilidad del hormigón	180
4.2.3.3 Medida y control de la permeabilidad	180
4.2.3.4 Medios especiales de protección.....	180
4.2.3.5 Barreras	181
4.3 Aspectos importantes a tener en cuenta a la hora de definir los esquemas de armado de los distintos elementos estructurales	183
4.3.1 INTRODUCCIÓN	183
4.3.2 ESTRUCTURAS CON ACERO LISO.....	184
4.3.2.1 Armadura longitudinal en vigas	185
4.3.2.2 Armadura transversal en vigas	187
4.3.2.3 Armadura en soportes	187
4.3.2.4 Armadura en losas y forjados	188
4.3.3 PRIMERAS BARRAS DE ACERO CORRUGADO	189
4.3.4 EL ACERO ESTIRADO EN FRÍO	190
4.3.5 ACEROS DE DUREZA NATURAL	194
4.4 CRITERIOS DE MUESTREO PARA LA OBTENCIÓN DE CARGAS PERMANENTES.....	195
4.5 ASPECTOS ESPECÍFICOS A CONSIDERAR EN ZONAS SÍSMICAS	197
4.5.1 EVOLUCIÓN DE LA NORMATIVA SÍSMICA.....	197
4.5.2 LA ACCIÓN SÍSMICA.....	198
4.5.3 ASPECTOS RESEÑABLES DE DISEÑO CONFORME A LA EVOLUCIÓN DE LAS NORMATIVAS SÍSMICAS	200

4.5.4 ASPECTOS CONCRETOS A TENER EN CUENTA EN LOS MATERIALES Y SUS DETALLES PARA LA EVALUACIÓN DE UNA ESTRUCTURA	204
4.5.4.1 Hormigón.....	204
4.5.5.2 Acero de armar	205
4.5.5.2 Detalles y zonas específicas	206
5. Análisis Estructural.....	207
5.1 INTRODUCCIÓN	207
5.2 TEORÍA DE LOS ESTADOS LÍMITES	208
5.3 MÉTODOS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	210
5.4 MÉTODOS DE VERIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LAS ESTRUCTURAS	212
5.5 ANÁLISIS DETERMINISTA	213
5.6 ANÁLISIS SEMI-PROBABILISTA	214
5.6.1 PLANTEAMIENTO	214
5.6.2 VARIABLES ALEATORIAS	215
5.6.3 COEFICIENTES DE SEGURIDAD.....	215
5.6.4 MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO DE CERVENKA I HOLICKY	216
5.7 ANÁLISIS PROBABILISTA NO LINEAL	217
5.7.1 FORMULACIÓN GENERAL.....	217
5.7.2 MÉTODOS DE CÁLCULO.....	217
5.7.3 MÉTODOS SIMPLIFICADOS	218
5.8 ANÁLISIS DE FIABILIDAD	218
5.8.1 CONCEPTO DE FIABILIDAD	218
5.8.2 PLANTEAMIENTO GENERAL.....	220
5.8.3 CONCEPTO DE SISTEMA ESTRUCTURAL.....	221
5.8.4 ANÁLISIS DE FIABILIDAD DE UN ELEMENTO	222
5.8.5 MODELOS PROBABILÍSTICOS.....	222
5.8.6 CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD DE FALLO	223
5.8.7 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	223
6. Criterios sobre la seguridad admisible. Seguridad frente a sobrecargas.....	225
6.1 INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES.....	225
6.2 CONCEPTO DE SEGURIDAD A SOBRECARGAS	225
6.3 LIMITE DE REFUERZO.....	226
7. Contenido de un informe sobre la evaluación de una estructura de hormigón armado	229

7.1 INTRODUCCIÓN y generalidades	229
7.2 CONTENIDO DE UN INFORME DE EVALUACIÓN	230
7.2.1 INTRODUCCIÓN	230
7.2.1.1 Alcance y objeto	230
7.2.1.1 Normativa y documentación técnica de aplicación	231
7.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	231
7.2.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS NECESARIOS PARA LA EVALUACIÓN.....	231
7.2.3.1 Antecedentes e información disponible	231
7.2.3.2 Resultados de la inspección visual realizada.....	232
7.2.3.3 Resultados de las campañas de ensayos realizados	233
7.2.3.4 Resultados de la prueba de carga	233
7.2.4 METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN	233
7.2.5 EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA	233
7.2.6 EVALUACIÓN GLOBAL DE LA ESTRUCTURA	235
7.2.7 RECOMENDACIONES DE ACTUACIÓN.....	236
7.2.8 CONCLUSIONES	236
7.2.9 ESQUEMA DEL INFORME DE EVALUACIÓN.....	236
8. Bibliografía y normativa	239
8.1 INTRODUCCIÓN	239
8.2 BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA RECOMENDADA PARA A EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN.....	240
8.2.1 BIELAS Y TIRANTES	240
8.2.2 CÁLCULO PLÁSTICO	240
8.2.3 CIMENTACIONES	241
8.2.4 CONCEPTOS Y ESTRUCTURAS GENERALES	241
8.2.5 FISURAS.....	242
8.2.6 FLECHAS	242
8.2.7 FORJADOS	242
8.2.8 HORMIGÓN ARMADO	243
8.2.9 LÁMINAS	244
8.2.10 MIXTAS.....	244
8.2.11 PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN.....	244
8.2.12 PLACAS	246
8.2.13 PREFABRICADOS.....	246
8.2.14 PRETENSADOS Y POSTESADOS.....	247

8.2.15 PUENTES.....	247
8.2.16 SILOS	247
8.2.17 SISMO.....	247
8.2.18 NORMATIVA: ACCIONES EN EDIFICACIÓN EN ESPAÑA.....	248
8.2.19 NORMATIVA: ACCIONES EN EDIFICACIÓN EN OTROS PAÍSES.....	250
8.2.20 NORMATIVA: ACCIONES EN PUENTES EN ESPAÑA.....	251
8.2.21 NORMATIVA: ACCIONES EN PUENTES EN OTROS PAÍSES	251
8.2.22 NORMATIVA: HORMIGÓN EN ESPAÑA.....	252
8.2.23 NORMATIVA: HORMIGÓN EN OTROS PAÍSES	253
8.2.24 NORMATIVA: GEOTÉCNICO EN ESPAÑA.....	253
8.2.25 NORMATIVA: GEOTÉCNICO EN OTROS PAÍSES	253
9. Ejemplos	255
9.1 EJEMPLO DE EVALUACIÓN DE UNA ESTRUCTURA DE EDIFICACIÓN	255
9.1.1 DESCRIPCIÓN. DATOS PREVIOS	255
9.1.2 INSPECCIÓN DEL INMUEBLE	256
9.1.3 INVESTIGACIÓN DE LA ESTRUCTURA. REDACCIÓN DE UN PLAN DE CALAS	256
9.1.4 INVESTIGACIÓN DE LA ESTRUCTURA. INSPECCIÓN DE LAS CALAS	260
9.1.5 INVESTIGACIÓN DE LA CALIDAD DEL HORMIGÓN.....	263
9.1.6 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL. COMPROBACIONES DE CÁLCULO.	272
9.2 EJEMPLO DE EVALUACIÓN DE UN TABLERO DE PUENTE.....	273
9.2.1 DESCRIPCIÓN. DATOS PREVIOS	273
9.2.2 INSPECCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	274
9.2.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE	276
9.2.4 ALCANCE DE LA CAMPAÑA DE AUSCULTACIÓN REALIZADA.....	276
9.2.5 CALAS EN PARAMENTOS DE HORMIGÓN.....	276
9.2.6 CATAS EN PAVIMENTO.....	278
9.2.7 RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN ESPECIAL	279
9.2.8 PROPIEDADES DEL HORMIGÓN DEL TABLERO PARA LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL.....	280
9.2.9 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	281
Anejo I. Descripción básica de las técnicas de ensayo más comunes	295