

Índice

PRÓLOGO	3
PRESENTACIÓN	5
ÍNDICE	9
CAPÍTULO 1 Introducción	19
1.1.INTRODUCCIÓN	21
CAPÍTULO 2 Durabilidad de las estructuras de hormigón armado.....	23
2.1. Capacidad protectora del hormigón.....	25
2.2. Proceso de corrosión	26
2.3. Tipos de corrosión en el hormigón.....	27
2.3.1. Corrosión generalizada	27
2.3.2. Corrosión localizada	28
2.4. Agentes desencadenantes	28
2.5. Factores acelerantes	28
2.5.1. Proporción de cloruros	29
2.5.2. Temperatura	29
2.5.3. Macropares galvánicos.....	29
2.5.4. Contenido de humedad	30

CAPÍTULO 3 Aspectos históricos sobre la corrosión en obras de hormigón armado en España.....	31
3.1. Normativa y reglamentación española: desde principios del s. XX hasta la actualidad.....	33
3.2. De 1911 A 1939.....	37
3.2.1. <i>El trazado de Zafra (1911-1923)</i>	37
3.2.1.1. <i>Recubrimientos y Esquemas de Armado</i>	37
3.2.1.2. <i>Composición y Características del Hormigón</i>	39
3.2.2. <i>El tratado de Peña Boeuf (1933)</i>	40
3.2.2.1. <i>Recubrimientos y Esquemas de Armado</i>	40
3.2.2.2. <i>Composición y Características del Hormigón</i>	41
3.3. De 1939 A 1958	42
3.3.1. <i>La Instrucción de 1939</i>	42
3.3.1.1. <i>Recubrimientos y Esquemas de Armado</i>	42
3.3.1.2. <i>Composición y Características del Hormigón</i>	44
3.3.2. <i>Las normas de la dirección general de arquitectura (1941 y 1944)</i>	44
3.4. Desde 1958.....	45
3.4.1. <i>La Instrucción HA-61</i>	46
3.4.1.1. <i>Recubrimientos y Esquemas de Armado</i>	46
3.4.1.2. <i>Composición y Características del Hormigón</i>	47
3.4.2. <i>De la Instrucción EH-68 a las EH-91 y EP-93</i>	48
3.4.2.1. <i>Recubrimientos y esquemas de armado</i>	48
3.4.2.2. <i>Composición del hormigón</i>	51
3.4.2.2.1. <i>Cementos</i>	52
3.4.2.2.2. <i>Otros componentes del hormigón</i>	52
3.4.2.2.3. <i>Dosificación</i>	54
3.4.3. <i>La EHE y la EHE-08</i>	54

3.4.3.1. Recubrimientos y esquemas de armado.....	55
3.4.3.2. Composición del hormigón.....	57
3.4.3.2.1. Cementos	57
3.4.3.2.2. Otros componentes del Hormigón	59
3.4.3.2.3. Dosificación	60
CAPÍTULO 4 Inspección, evaluación y reparación de estructu- ras de hormigón armado dañadas por corrosión	61
4.1. Generalidades.....	63
4.1.1. Inspección previa.....	63
4.1.2. Ensayos complementarios	65
4.1.2.1. Planificación de la estructura de ensayos.....	67
4.1.2.2. Ensayos para la evaluación del estado de corrosión y caracte- rización de agresivos	67
4.1.3. Evaluación del daño	78
CAPÍTULO 5 Métodos de reparación.....	81
5.1. Morteros de reparación.....	83
5.1.1. Introducción	83
5.1.2. Tipos de morteros.....	86
5.1.2.1. De acuerdo a su composición.....	86
5.1.2.2. De acuerdo a su clasificación según la UNE-EN 1504 [1].....	91
5.1.3. Aplicación	93
5.1.3.1. Requerimientos de los soportes.....	93
5.1.3.2. Forma de aplicación.....	95
5.1.4. Control de calidad.....	97

5.1.4.1. Ensayos a realizar.....	97
5.1.5. Criterios de selección	101
5.1.6. Vida útil esperable	102
5.2. Sistemas de protección superficial del hormigón.....	103
5.2.1. Introducción	103
5.2.2. Tipos de productos	105
5.2.2.1. De acuerdo a su composición.....	105
5.2.2.2. De acuerdo a su clasificación según la UNE-EN 1504.....	107
5.2.3. Aplicación	108
5.2.3.1 Condiciones exigibles a los soportes	108
5.2.3.2. Forma de aplicación.....	109
5.2.4. Control de Calidad.....	110
5.2.4.1. Ensayos a realizar.....	110
5.2.5. Criterios de elección	110
5.3. Materiales de adhesivado	111
5.3.1. Introducción	111
5.3.2. Tipos de productos	111
5.3.2.1. De acuerdo a su composición.....	111
5.3.2.2. De acuerdo a su clasificación según la EN-1504.....	112
5.3.3. Aplicación	114
5.3.3.1. Condiciones exigibles a los soportes	114
5.3.4. Forma de aplicación	117
5.3.4.1. Manual	117
5.3.4.2. Por proyección	118
5.3.5. Control de Calidad.....	118
5.3.5.1. Ensayos a realizar.....	118
5.3.6. Criterios de selección	118

5.4. Sistemas de inyección	119
5.4.1. <i>Introducción</i>	119
5.4.2. <i>Tipos de productos</i>	119
5.4.2.1. <i>De acuerdo a su composición</i>	120
5.4.2.2. <i>De acuerdo a su clasificación de acuerdo a la EN-1504.</i>	124
5.4.3. <i>Aplicación</i>	126
5.4.3.1. <i>Condiciones exigibles a los soportes</i>	126
5.4.3.2. <i>Forma de aplicación</i>	127
5.4.4. <i>Control de Calidad</i>	129
5.4.4.1. <i>Ensayos a realizar</i>	129
5.4.5. <i>Criterios de selección</i>	131
5.4.6. <i>Vida útil esperable</i>	131
5.5. Tratamiento aplicado directamente sobre las armaduras	132
5.5.1. <i>Introducción</i>	132
5.5.2. <i>Tipos de productos</i>	134
5.5.2.1. <i>De acuerdo a su composición</i>	134
5.5.2.2. <i>De acuerdo a su clasificación según la UNE-EN 1504.</i>	137
5.5.3. <i>Condiciones exigibles a los soportes y aplicación</i>	139
5.5.3.1. <i>Condiciones exigibles a los soportes</i>	139
5.5.3.2. <i>Forma de aplicación</i>	139
5.5.4. <i>Control de calidad</i>	140
5.5.5. <i>Vida útil esperable</i>	140
5.6. Métodos electroquímicos de reparación: extracción de cloruros y real- calinización.	140
5.6.1. <i>Introducción</i>	140
5.6.2. <i>Objetivo y alcance de los métodos electroquímicos de reparación</i>	141
5.6.3. <i>Normativa</i>	141

5.6.4. <i>Ámbito de aplicación de los métodos electroquímicos de reparación ..</i>	142
5.6.5. <i>Aspectos particulares del proyecto de reparación electroquímica</i>	143
5.6.6. <i>Características del sistema de reparación electroquímica</i>	144
5.6.7. <i>Equipo y materiales para el tratamiento electroquímico de reparación</i>	148
5.6.7.1. <i>Cableado y fuente de alimentación</i>	148
5.6.7.2. <i>Sistema de ánodos y zona anódica</i>	148
5.6.8. <i>Requisitos de los tratamientos electroquímicos de reparación</i>	148
5.6.8.1. <i>Definición de los parámetros del proceso</i>	148
5.6.8.2. <i>Recomendaciones para la realcalinización electroquímica</i>	149
5.6.8.3. <i>Recomendaciones para la extracción electroquímica de cloruro..</i>	149
5.6.9. <i>Proyecto del tratamiento electroquímico de reparación de es- tructuras</i>	150
5.6.9.1. <i>Estudio y preparación de la estructura previos al tratamiento electroquímico</i>	150
5.6.9.2. <i>Aspectos prácticos y procedimientos de instalación del trata- miento electroquímico</i>	150
5.6.9.3. <i>Puesta en marcha del tratamiento electroquímico</i>	151
5.6.9.4. <i>Rutina de inspección, monitoreo y mantenimiento durante el tratamiento</i>	151
5.6.9.5. <i>Finalización del tratamiento</i>	152
5.6.9.6. <i>Durabilidad del tratamiento</i>	153
5.6.9.7. <i>Coste de los tratamientos electroquímicos de reparación</i>	153
5.6.10. <i>Algunos casos prácticos</i>	154
5.6.10.1. <i>Realcalinización electroquímica</i>	154
5.6.10.2. <i>Extracción electroquímica de cloruros</i>	154
5.7. <i>Protección catódica del acero en el hormigón armado</i>	155

5.7.1. Glosario de términos	155
5.7.2. Introducción	158
5.7.3. Fundamentos de la protección catódica.....	158
5.7.4. Puesta en servicio de los sistemas de protección catódica	164
5.7.5. Aplicaciones (estructuras enterradas o sumergida y aéreas).....	166
5.7.5.1. Estructuras de hormigón armado enterradas y sumergidas.	166
5.7.5.2. Protección catódica de estructuras de hormigón armado aéreas	167
5.7.6. Limitaciones.....	168
5.7.7. Equipos y materiales	169
5.7.7.1. Fuentes de alimentación (solo en sistemas de corriente impresa)	169
5.7.7.2. Tipos de ánodos que se pueden utilizar en la protección cató- dica del hormigón armado aéreo	170
5.7.7.3. Cajas de conexiones y tomas de potencial.....	174
5.7.7.4. Electrodo de referencia y electrodos sensores	174
5.7.8. Estimación de costes con cada tipo de protección catódica	174
5.8. Armaduras galvanizadas.....	176
5.8.1. Introducción	176
5.8.2. Galvanización en caliente de las armaduras.....	176
5.8.3. Normativa	182
5.8.4. Aspectos característicos de las armaduras galvanizadas	183
5.8.5. Capacidad de protección de la armadura galvanizada.	184
5.8.6. Ventajas de las armaduras galvanizadas	190
5.8.7. Aplicaciones de las armaduras galvanizadas.....	191
5.8.8. Coste y mantenimiento.....	193
5.8.9. Conclusiones	193

5.9. Armaduras de acero inoxidable	194
5.9.1. <i>Introducción</i>	194
5.9.2. <i>Producción de armaduras de acero inoxidable</i>	195
5.9.3. <i>Normativa</i>	196
5.9.4. <i>Propiedades</i>	196
5.9.5. <i>Comportamiento frente a corrosión</i>	197
5.9.6. <i>Selección del tipo de material</i>	201
5.9.7. <i>Costes y mantenimiento</i>	202
5.9.8 <i>Aplicaciones prácticas</i>	203
5.10. Armaduras con protección de inhibidores de corrosión aplicados en superficie.....	205
5.10.1. <i>Aplicación de inhibidores para proteger y reparar estructuras en servicio</i>	206
5.10.2. <i>Prolongación de la vida en servicio de las estructuras por empleo de inhibidores de aplicación superficial</i>	208
5.10.2.1. <i>Inhibidores de aplicación en superficie de base inorgánica: Anódicos</i>	208
5.10.2.2. <i>Inhibidores inorgánicos de aplicación en superficie con me- canismo de protección mixto.</i>	209
5.10.2.3. <i>Inhibidores de aplicación en superficie de base orgánica</i>	211
CAPÍTULO 6 Procedimientos de reparación.....	215
6.1. Sistemas de reparación	217
6.1.1. <i>Protección superficial</i>	217
6.1.2. <i>Reparación estructural</i>	219
6.1.3. <i>Adhesión estructural</i>	223

6.1.4. <i>Inyección en hormigón</i>	226
6.1.5 <i>Anclajes</i>	230
6.2. Aspectos a considerar en la inspección	231
6.2.1. <i>Aspectos generales</i>	232
6.2.1.1. <i>Ambiente</i>	232
6.2.1.2. <i>Documentación Previa</i>	232
6.2.1.3. <i>Condicionantes de uso</i>	233
6.2.1.4. <i>La época de construcción y el ámbito geográfico</i>	234
REFERENCIAS	243