
INDICE

1. Introducción

PARTE I. BASES TEORICAS

2. Mecanismos de transporte en el hormigón

2.1. Mecanismos de transporte. Consideraciones básicas .	5
2.2. Estructura de los poros del hormigón	6
2.3. Interacción entre los poros y el agua .	7
2.4. Mecanismos de transporte en aire húmedo .	8
2.5. Mecanismos de transporte: agua de lluvia y salpicaduras de agua	9
2.6. Mecanismos de transporte: inmersión	10

3. Procesos físicos en el hormigón

3.1. Fisuración	13
3.1.1. Causas de la fisuración	
3.1.2. Factores principales	
3.2. Hielo y agentes de deshielo	25
3.2.1. Mecanismos de deterioro	
3.2.2. Factores principales	
3.3. Erosión	32
3.3.1. Mecanismos de deterioro	
3.3.2. Factores principales	

4. Procesos químicos en el hormigón	
4.1. Ataque químico del hormigón	. 35
4.2. Ataque por ácidos	. 36
4.3. Ataque por sulfatos 37
4.3.1. <i>Condiciones de exposición</i>	
4.3.2. <i>Permeabilidad del hormigón</i>	
4.3.3. <i>Tipo de cemento</i>	
4.4. Ataque por álcalis 40
4.4.1. <i>Reacción álcali - sílice</i>	
4.4.2. <i>Reacción álcali - carbonato</i>	
4.4.3. <i>Susceptibilidad de los áridos</i>	
4.4.4. <i>Contenido en álcalis</i>	
4.4.5. <i>Tipo de cemento</i>	
4.4.6. <i>Condiciones de exposición</i>	
5. Procesos biológicos en el hormigón 43
6. Armaduras	
6.1. Protección del acero en hormigón: situación habitual	. 45
6.2. Mecanismos de corrosión y protección contra la corrosión	. 45
6.2.1. <i>Procesos y efectos</i>	
6.2.2. <i>Carbonatación del hormigón</i>	
6.2.3. <i>Penetración de cloruros en el hormigón</i>	
6.2.4. <i>Despasivación en el área de fisuras atravesada por la armadura</i>	
6.2.5. <i>Corrosión de armaduras</i>	
6.2.6. <i>Corrosión bajo tensión y fragilización por hidrógeno</i>	
6.2.7. <i>Influencia de las fisuras</i>	
6.2.8. <i>Proceso de corrosión en la zona fisurada</i>	
6.2.9. <i>Efecto de la corrosión</i>	
6.3. Factores principales 52
6.3.1. <i>Espesor del recubrimiento del hormigón</i>	
6.3.2. <i>Permeabilidad del recubrimiento</i>	
6.3.3. <i>Contenido de cemento</i>	
6.3.4. <i>Tipo de cemento</i>	
6.3.5. <i>Condiciones ambientales</i>	
6.3.6. <i>Conclusiones</i>	
7. Agresividad ambiental	
7.1. Aporte de humedad .	. 60
7.2. Presencia de sustancias agresivas en el agua	. 62
7.3. Temperatura 62
7.4. Recubrimiento del hormigón	. 63

PARTE II. RECOMENDACIONES

8. Objeto de las recomendaciones	67
9. Clasificación de las condiciones ambientales	
9.1. Definición de las clases de exposición	71
9.2. Valoración del ataque químico en el hormigón	71
10. Diseño, construcción y mantenimiento	
10.1. Características del proceso constructivo	75
10.2. Factor humano	78
10.2.1. <i>Influencia de la motivación, información y educación.</i>	
10.3. Diseño y detalles	79
10.3.1. <i>Durabilidad en relación con el drenaje</i>	
10.3.2. <i>Grandes fisuras permiten el acceso de sustancias agresivas</i>	
10.3.3. <i>Roturas locales en el hormigón superficial revelan una mala disposición de las armaduras</i>	
10.4. Composición del material	86
10.4.1. <i>Un buen hormigón depende de unos buenos componentes</i>	
10.4.2. <i>La durabilidad de la armadura depende de un buen hormigón</i>	
10.5. Ejecución y curado	87
10.5.1. <i>Las estructuras bien construidas serán durables</i>	
10.5.2. <i>Un hormigón duradero depende de un buen curado</i>	
10.6. Condiciones de servicio	94
10.6.1. <i>La vida en servicio la determinan muchos factores</i>	
10.6.2. <i>Una vida en servicio satisfactoria requiere: inspección, mantenimiento y reparación</i>	
11. Meteorización y decoloración	
11.1. Eflorescencias calizas	98
11.2. Cultivos biológicos	98
11.3. Polución	99
11.3.1. <i>Causas</i>	
11.3.2. <i>Factores que influyen de la propia fachada</i>	
11.4. Medidas de protección	106
11.4.1. <i>Medidas generales</i>	
11.4.2. <i>Medidas particulares</i>	
12. Medidas contra mecanismos específicos de deterioro	
12.1. Protección del hormigón	109
12.1.1. <i>Protección contra acciones físicas y mecánicas</i>	
12.1.2. <i>Protección contra ataques químicos</i>	
12.1.3. <i>Protección contra ataques biológicos</i>	

12.2. Protección de la armadura	119
12.2.1. Proyecto	
12.2.2. Ejecución	
13. Medidas en ambientes específicos	
13.1. Ambientes interiores	127
13.2. Ambientes exteriores	128
13.3. Hormigón en contacto con suelos	129
13.4. Hormigón en ambiente marino	129
13.4.1. Naturaleza del ambiente	
13.4.2. Posibles causas de deterioro en las distintas zonas	
13.4.3. Medidas prácticas	
14. Evaluación de estructuras de hormigón	
14.1. Generalidades	137
14.2. Lista de chequeo para la investigación de hormigón dañado	138
ANEJO. CURADO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON	
A. 1. Requisitos que deben satisfacerse	143
A. 2. Bases para la planificación y el control del proceso de endurecimiento	144
A. 3. Parámetros de control	145
A. 4. Elementos del control de curado	145
A. 5. Influencia de la temperatura en el proceso de endurecimiento	146
A. 6. Desarrollo del calor en el hormigón	147
A. 7. Desarrollo de la resistencia del hormigón	150
A. 8. Criterios para conseguir la resistencia frente a la helada	151
A. 9. Criterios para la duración del curado	152
A. 10. Secado del hormigón fresco	153
A. 11. Balance de calor durante el endurecimiento en secciones de hormigón	154
A. 12. El coeficiente de transmitancia	155
A. 13. Tensiones de origen térmico en el endurecimiento del hormigón	156
A. 14. Planificación de la ejecución mediante simulación por ordenador	157
A. 15. Control	159
A. 16. El sistema TSSP para la planificación de trabajos de hormigonado	161