

# INDICE DE MATERIAS

Prólogo . . . . .	XIII
Prólogo del traductor . . . . .	XV
<b>1 EL CEMENTO COMO CONGLOMERANTE EN LA TECNICA DE LA CONSTRUCCION . . . . .</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Conceptos fundamentales de la aplicación del cemento . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1.1 Requisitos en el cemento, en el hormigón, en el hormigón armado y en el hormigón tensado . . . . .	1
1.1.2 Otros conceptos de la tecnología del hormigón y de los morteros . . . . .	9
1.1.3 Ojeada histórica . . . . .	13
<b>1.2 Cementos normalizados y otros cementos usuales . . . . .</b>	<b>17</b>
1.2.1 División, designación y clasificación . . . . .	17
1.2.2 Composición y propiedades . . . . .	21
1.2.3 Cemento sobresulfatado . . . . .	29
<b>1.3 Cemento para aplicaciones especiales. Excepto los cementos expansivos y los aluminosos . . . . .</b>	<b>30</b>
1.3.1 Cemento hidrófobo para la estabilización de suelos . . . . .	30
1.3.2 Cemento para perforaciones petrolíferas profundas . . . . .	32
1.3.3 Cemento-amianto . . . . .	35
<b>2 QUIMICA DEL CLINKER DE CEMENTO . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>2.1 Quimismo y propiedades del clínker y de los materiales hidráulicos . . . . .</b>	<b>40</b>
2.1.1 Química del cemento y técnica del cemento . . . . .	40
2.1.2 Entidad y posibilidades del cálculo del clínker . . . . .	43
2.1.3 Fases del clínker y sus propiedades . . . . .	49
2.1.4 Ejemplos de cálculo y amplitud de las variaciones . . . . .	55

2.1.5	Cemento blanco y de color . . . . .	58
2.1.6	Fabricación de clínker con alto contenido en sílice . . . . .	61
2.1.7	Composición química del clínker y del cemento . . . . .	64
2.1.8	El cromo como origen de la alergia a los cromatos . . . . .	72
<b>2.2</b>	<b>Reacciones en la sinterización y en la hidratación del clínker . . . . .</b>	<b>74</b>
2.2.1	Reacciones en la cocción del clínker, incluso el obtenido con crudo especial . . . . .	74
2.2.2	Fases del clínker . . . . .	76
2.2.3	Estructura del clínker como consecuencia de la sinterización, fusión y enfriamiento . . . . .	80
2.2.4	Clínker a partir de procesos especiales de fabricación. (Pro- cesos Basset, Seailles y Bayer) . . . . .	83
2.2.5	Equilibrios en la fusión y en la sinterización . . . . .	86
2.2.6	Equilibrios en la hidratación. (Hidrólisis) . . . . .	89
2.2.7	Velocidad de reacción y superficie específica. (El yeso y la cal como ejemplos) . . . . .	92
<b>2.3</b>	<b>Productos de hidratación . . . . .</b>	<b>96</b>
2.3.1	Fases silicato-hidratos . . . . .	97
2.3.2	Fases hidratadas de los aluminatos y de los ferritos . . . . .	99
2.3.3	Acciones químicas sobre las fases hidratadas . . . . .	101
2.3.4	Dosificación del sulfato de calcio . . . . .	105
2.3.5	Curso de hidratación . . . . .	110
2.3.6	Origen del endurecimiento y de la durabilidad . . . . .	115
<b>2.4</b>	<b>Cementos de escorias y cementos puzolánicos . . . . .</b>	<b>123</b>
2.4.1	Composición de la arena de escorias, de las puzolanas y de otros materiales hidráulicos . . . . .	123
2.4.2	Escorias de horno alto, para cemento de arena de escorias . . . . .	126
2.4.3	Puzolanas (trass) . . . . .	133
2.4.4	Cenizas volantes y fundidos granulados . . . . .	136
2.4.5	Valoración de las puzolanas . . . . .	138
<b>2.5</b>	<b>Dispositivos para la investigación y métodos de determinación . . . . .</b>	<b>142</b>
2.5.1	Medición de los poros . . . . .	142
2.5.2	Procedimientos térmicos . . . . .	143
2.5.3	Microscopio de luz visible . . . . .	145
2.5.4	Microscopio electrónico . . . . .	148
2.5.5	Métodos espectrográficos y de resonancia nuclear . . . . .	150
2.5.6	Análisis por difracción a rayos X . . . . .	154
2.5.7	Aplicación en el curso de la explotación de los métodos de control y medición. (Automatización) . . . . .	156

<b>3 PROPIEDADES FISICAS DEL CEMENTO Y DEL HORMIGON . . . . .</b>	<b>159</b>
<b>3.1 Preparación previa, estructura grosera y áridos . . . . .</b>	<b>159</b>
3.1.1 Cemento y agua en el amasado . . . . .	159
3.1.2 Perturbaciones del fraguado y cemento caliente . . . . .	162
3.1.3 Determinación de la plasticidad normal, fraguado y consistencia . . . . .	165
3.1.4 Mezcla, compactación, postcompactación . . . . .	167
3.1.5 Estructura grosera (macro-estructura) del hormigón normal y del hormigón ligero . . . . .	173
3.1.6 Idoneidad de los áridos y adherencia . . . . .	179
3.1.7 Reacción álcalis-áridos . . . . .	182
<b>3.2 Estructura fina de la roca de cemento . . . . .</b>	<b>187</b>
3.2.1 Fórmulas para la resistencia mecánica . . . . .	187
3.2.2 El modelo de gel, de Powers . . . . .	189
3.2.3 Propiedades de los sistemas de poros . . . . .	193
3.2.4 Impermeabilidad para el agua . . . . .	195
3.2.5 Contenido en poros de aire y resistencia a la helada . . . . .	198
3.2.6 Cemento y hormigón en la construcción de carreteras . . . . .	206
<b>3.3 Resistencia mecánica y ensayo de comprobación . . . . .</b>	<b>211</b>
3.3.1 Ensayos destructivos . . . . .	211
3.3.2 Ensayos no destructivos . . . . .	215
3.3.3 Influencias sobre la resistencia. (Construcción en invierno) . . . . .	217
3.3.4 Desarrollo de los ensayos normalizados en Alemania . . . . .	222
3.3.5 Ensayo rápido del cemento. (Ensayos con pequeños cilindros de mortero) . . . . .	224
3.3.6 Diagrama del crecimiento de resistencia (diagrama F/Z) con el tiempo. Valoración de los materiales hidráulicos . . . . .	226
3.3.7 Ponderación y representación de los resultados . . . . .	233
<b>3.4 Variaciones dimensionales del hormigón . . . . .</b>	<b>238</b>
3.4.1 Retracción, contracción o dilatación irreversible y deformación plástica permanente, por carga de duración prolongada . . . . .	238
3.4.2 Ensayos de contracción e índices de contracción . . . . .	241
3.4.3 Deformación plástica permanente por carga de duración prolongada o relajación . . . . .	244
3.4.4 Estabilidad de volumen del clínker. Expansión por la cal y por la magnesita . . . . .	245
3.4.5 Cementos expansivos . . . . .	250
<b>3.5 Variaciones por la temperatura . . . . .</b>	<b>252</b>
3.5.1 Calor de hidratación y hormigón en masa . . . . .	252
3.5.2 Aceleración del endurecimiento por el calor. (Generalidades) . . . . .	261
3.5.3 Endurecimiento al autoclave . . . . .	262
3.5.4 Tratamiento térmico por debajo de 100 °C . . . . .	265

<b>4 INFLUENCIA DE LOS AGENTES NATURALES Y DE LOS DERIVADOS DE LA TECNOLOGIA SOBRE EL HORMIGON . . . . .</b>	<b>270</b>
<b>4.1 Materias primas para el cemento . . . . .</b>	<b>270</b>
4.1.1 El agua, el anhídrido carbónico y la cal en la Naturaleza . . . . .	270
4.1.2 Caliza, creta, marga calcárea . . . . .	274
4.1.3 Arcilla . . . . .	276
4.1.4 Otros carbonatos y sulfatos de calcio . . . . .	279
<b>4.2 Corrosión y protección de las armaduras . . . . .</b>	<b>283</b>
4.2.1 Acido carbónico agresivo para el hormigón y valor del pH de las soluciones . . . . .	283
4.2.2 Corrosión y decreto acerca de la corrosión . . . . .	286
4.2.3 Influencia de la roca de cemento y, especialmente, de los cloruros sobre el acero . . . . .	291
4.2.4 Carbonatación . . . . .	294
<b>4.3 Ataque químico y medidas de protección . . . . .</b>	<b>297</b>
4.3.1 Revista acerca de ensayos, experiencias y prescripciones . . . . .	297
4.3.2 Aguas, soluciones y gases agresivos . . . . .	300
4.3.3 Ensayo para la agresión química . . . . .	305
4.3.4 Ensayos en el agua del mar . . . . .	307
4.3.5 Acción del petróleo y de las grasas . . . . .	309
4.3.6 Aditivos para el hormigón y pinturas protectoras . . . . .	310
4.3.7 Coloraciones, eflorescencias, concreciones . . . . .	317
4.3.8 Particularidades de los cementos de escorias . . . . .	320
<b>4.4 Cemento aluminoso, hormigón refractario y hormigón estable al fuego a partir de cemento aluminoso y de cemento Portland . . . . .</b>	<b>324</b>
4.4.1 Cemento aluminoso . . . . .	324
4.4.2 El cemento aluminoso en el hormigón armado . . . . .	327
4.4.3 Hormigón refractario. (Hormigón para el fuego) . . . . .	328
4.4.4 Estabilidad al calor y al fuego del hormigón armado y del hormigón pretensado . . . . .	332
<b>5 TECNICA DE LOS PROCESOS DE COCCION Y DE MOLIENDA . . . . .</b>	<b>336</b>
<b>5.1 Desarrollo de los hornos de cocción . . . . .</b>	<b>337</b>
5.1.1 Del horno vertical al rotatorio . . . . .	337
5.1.2 Parrilla continua de sinterización . . . . .	340
5.1.3 Procesos, vía seca, modernos. Proceso de sinterización en lecho fluidizado . . . . .	343
5.1.4 Fabricación y propiedades de los gránulos . . . . .	344

<b>5.2 Hornos de la actualidad</b>	348
5.2.1 Hornos verticales	348
5.2.2 Proceso Lepol. (Horno rotatorio con parrilla de precalificación).	351
5.2.3 Proceso del intercambiador, por suspensión del crudo en los gases residuales del horno. (Proceso de horno rotatorio con precalentador del crudo)	354
5.2.4 Hornos largos, vía seca	359
5.2.5 Hornos vía húmeda	361
5.2.6 Comparación de los procesos de cocción	363
5.2.7 Enfriamiento	370
5.2.8 Exigencia teórica de calor y combustión	373
<b>5.3 Vestido de material refractario, crudo en reacción y fase gaseosa</b>	379
5.3.1 Exigencias para el vestido refractario y tipos de refractario	379
5.3.2 Formación de costra y anillos de costra (modelo de granulación).	383
5.3.3 Influencia de las cenizas	386
5.3.4 Ciclos de los álcalis y de los sulfatos	388
5.3.5 Anillos de costra y su eliminación	394
5.3.6 Variaciones de los ladrillos refractarios en el horno	396
<b>5.4 Polvo del horno, desempolvado, emisión e inmisión</b>	397
5.4.1 Gases residuales y exigencias oficiales	397
5.4.2 Combinaciones del flúor y del azufre en el polvo de los hornos	400
5.4.3 Polvo del horno y economía agrícola	404
5.4.4 Dispositivos para el desempolvado	408
5.4.5 Disminución de la emisión de ruido	410
<b>5.5 Finura de molienda, resistencia a la molienda y ayudas para la molienda</b>	411
5.5.1 Esencia de la subdivisión de los materiales	411
5.5.2 Determinación de la finura de molienda del crudo y del cemento	415
5.5.3 Resistencia del clínker a la molturación	422
5.5.4 Ayudas para la molienda	425
<b>Indice bibliográfico</b>	429
<b>Indice alfabético</b>	463